

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

БД.06 ХИМИЯ

Специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры, геологи и геофизики сталкиваются с самыми разнообразными явлениями природы, химическими по своей сущности: быстрой выветриваемостью, окисляемостью, различной смачиваемостью горных пород, с особенностями воздушной среды под землей, с обводненностью горных выработок, агрессивностью рудничных вод. Поэтому им требуются более глубокие знания по химии, чем любому другому специалисту. Инженеры горнодобывающей отрасли способны справиться с современными задачами горно-металлургической и горно-химической промышленности только зная весь путь от разведки полезного ископаемого до его переработки. Физико-химическая некомпетентность горных инженеров и геологов является причиной недостатков в развитии горной науки, техники и технологии, бедственного экологического положения горных предприятий.

Роль химии в подготовке инженеров непрерывно возрастает в связи с необходимостью решения задач по снижению уровня потерь полезных компонентов и увеличению комплексности использования руд, рациональному применению вскрышных пород, очистке и использованию шахтных вод и сточных вод обогатительных фабрик, защите от коррозии бурового и горнодобывающего оборудования, заблаговременной дегазации угольных месторождений, применению физико-химических методов упрочнения грунтов, геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.

В горном деле широко применяются химические материалы: химические растворы при бурении и тампонаже скважин, взрывчатые вещества при отбойке угля, руды и породы, химические добавки, препятствующие распылению угля и налипанию льда на конвейерную ленту, материалы для покрытия из пены, предохраняющей от промерзания участка разработки, компоненты для отвердевания закладочных смесей, огнетушащие составы, синтетические смолы для укрепления горных пород, реагенты для флотации и обогащения руд и большой ассортимент таких обычных химикатов как горючие и смазочные материалы, цемент, стекло, керамика, гидро-, термо- и электроизоляционные материалы, лаки, краски, пластмассы, резина.

Еще благодаря усилиям Д.И. Менделеева, химию, как одну из фундаментальных дисциплин, стали преподавать во всех высших школах России. Химия вместе с физикой и математикой составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

Будущие специалисты должны получить такой комплекс знаний по химии, который составит базу для успешного освоения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в технике.

Теоретические разделы химии, такие как строение электронных оболочек атомов, основные виды химических связей, химическая кинетика и равновесие, окислительно-восстановительные потенциалы, водородный показатель, произведение растворимости, свойства комплексных соединений, позволяет правильно ориентироваться в вопросах, связанных непосредственно со свойствами и превращениями минералов и горных пород.

Горные породы и руды состоят из минералов. К минералам относят природные химические соединения. Неорганические минералы подразделяются на минеральные типы, названия которым присваиваются согласно классификации неорганических веществ и их номенклатуре. По химическому составу минералы подразделяют на:

- а) простые вещества (металлы, неметаллы),
- б) карбиды, нитриды, фосфиды, сульфиды, арсениды, селениды, оксиды, гидроксиды, галогениды и др.,
- в) соли кислородсодержащих кислот (силикаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, карбонаты, сульфаты, нитраты, вольфраматы, молибдаты, хроматы, иодаты и др.).

Основа химической номенклатуры - русские названия химических элементов, приведенные в периодической системе Д.И. Менделеева, которые не всегда совпадают с латинскими названиями, например, гидrogenium - водород, oxygenium - кислород.

К неметаллам относят:

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, I, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H, остальные элементы - металлы.

Названия простых веществ состоят из одного слова - наименования химического элемента с числовой приставкой, например: O₃ - трикислород, P₄ - тетрафосфор, S₈ - октасера.

Используют также числовые приставки:

1 - моно	7 - гепта
2 - ди	8 - окта
3 - три	9 - нона
4 - тетра	10 - дека
5 - пента	11 - ундека
6 - гекса	12 - додека

В химических формулах сложных веществ на первом месте (слева) всегда записывают формульные обозначения электроположительных составляющих, а за ними указывают формульные обозначения электроотрицательных составляющих. Например, PCl₃.

Названия сложных веществ составляются по их химическим формулам справа налево. Они складываются из двух слов - названий электроотрицательных составляющих (условных или реальных катионов) в

именительном падеже и электроположительных составляющих (условных или реальных катионов) в родительном падеже, например: PCl_3 - трихлорид фосфора, CO - монооксид углерода.

Названия одноэлементных анионов оканчивается на -ид, а названия многоэлементных анионов - на -ат.

Для построения названий сложных веществ используются корни (иногда усеченные) русских названий элементов, например, бериллий - бериллат, молибден - молибдат, фосфор - фосфид и фосфат. Традиционно применяются корни латинских названий для элементов: серебро, мышьяк, золото, углерод, медь, железо, ртуть, марганец, азот, никель, свинец, сера, сурьма, кремний, олово:

Ag - аргентат	N - нитрид, нитрат
As - арседид, арсенат	Ni - николат
Au – аурат	Pb - плюмбат
C - карбид, карбонат	S - сульфид, сульфат
Cu - купрат	Sb - стибид (антимонид), стибат
Fe - феррат	Si - силицид, силикат
Hg – меркурат	Sn - станнат
Mn - манганат	

В названиях сложных веществ употребляются как числовые приставки, так и степени окисления катиона (обычно металлического) при точно известном заряде аниона, например, P_4O_{10} - декаоксид тетрафосфора, V_2O_5 - оксид ванадия (V), $\text{Bi}(\text{OH})_3$ - гидроксид висмута (III).

Названия кислот и кислотных остатков приводятся в учебном пособии[1]. Названия кислотных остатков используют построении названий солей. Соли - продукты реакций нейтрализации. Соли, содержащие кислотные остатки с незамещенными атомами водорода, - к и с л ы е соли. Соли, содержащие гидроксид-ионы, называют о с н о в н ы м и солями.

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ - дигидрофосфат кальция

KHSO_4 - гидросульфат калия

$\text{FeOH}(\text{NO}_3)_2$ - гидроксонитрат железа (III)

$(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$ - гидроксосульфат кобальта (II)

$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ - дигидроксид-карбонат димеди

Если соли содержат два разных катиона, то их называют

д в о й н ы м и.

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ - сульфат алюминия-калия

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - карбонат магния-кальция

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Прежде чем приступить к работе по данной теме, следует изучить ее по описанию, уяснить цель задания и план его выполнения.

Не загромождайте рабочее место портфелями, свертками, сумками, перчатками и т.п. Для них отведены специальные этажерки. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и лабораторный журнал.

Работайте тщательно, аккуратно, без лишней торопливости, соблюдайте в лаборатории тишину.

Внимательно наблюдайте за ходом опыта, отмечая и записывая каждую его особенность.

Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу, пробовать химические вещества на вкус.

Без указания преподавателя не проводите никаких дополнительных опытов.

После окончания работы вымойте использованную посуду, выключите воду, электрические приборы и приведите в порядок рабочее место.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТИВАМИ

Для выполнения работ в лаборатории имеется определенный набор химических реактивов, часть которых размещается на лабораторных столах (водные растворы солей), а остальные - концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сухие соли, дурно пахнущие вещества - в вытяжных шкафах.

При использовании реактивов следует соблюдать следующие правила:

1. Не разрешается уносить реактивы из вытяжного шкафа на рабочее место.
2. Сухие реактивы набирают чистым шпателем или ложечкой.
3. Для проведения опыта в пробирке брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствора - не более $1/6$ ее объема.
4. Избыток реактива нельзя высыпать (выливать) обратно в те склянки, из которых они были взяты.
5. Не следует путать пробирки от разных склянок. Крышки и пробки кладут на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.
6. При нагревании растворов в пробирке держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему месту.
7. При разбавлении концентрированных кислот вливать кислоту в воду, а не наоборот.
8. Остатки растворов, содержащих кусочки металлов, собирают в специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

При порезах стеклом удаляют осколки из раны, смазывают края раны раствором йода и перевязывают бинтом.

При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обрабатывают раствором перманганата калия, накладывают мазь от ожога.

При ожогах кислотами сразу промывают обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть обожженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты и опять водой.

При попадании кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть глаза в течение трех минут большим количеством воды, а затем раствором гидрокарбоната натрия или борной кислоты.

ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛА

Каждый студент должен иметь лабораторный журнал - отдельную тетрадь для записей.

В лабораторном журнале студент выполняет отчеты по лабораторным работам, домашние задания, решает задачи, отвечает на контрольные вопросы.

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе студент заносит в лабораторный журнал непосредственно после выполнения опыта.

Отчеты по выполненным лабораторным работам должны содержать:

- 1) название лабораторной работы,
- 2) названия всех проделанных опытов,
- 3) после названия опыта записывается уравнение проделанной реакции, в котором указываются осадки (\downarrow) и их окраска, газы (\uparrow), изменения окраски растворов,
- 4) задания, указанные в методическом руководстве,
- 5) выводы по каждому опыту и общий вывод по работе.

1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Цель работы - изучение изменения кислотно-основных свойств гидроксидов в периодах и группах периодической системы Д.И. Менделеева.

Периодическая система Д.И. Менделеева - естественная система химических элементов, созданная на основе периодического закона.

Положение элемента в периодической системе определяет физико-химические свойства соответствующих им простых веществ и химических соединений.

Периодичность свойств химических соединений удобно проследить на примере оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды относятся к основным породообразующим минералам, они широко распространены и составляют 17% от массы земной коры.

В табл.1.1. приведены наиболее часто встречающиеся реакции взаимодействия оксидов и гидроксидов с водой.

Кислотно-основные свойства соединений можно объяснить на основе электростатических представлений. Ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с изменением поляризующего действия элемента, образующего гидроксид, на группу OH⁻. Поляризующее действие катиона сильно зависит от его строения и может быть охарактеризовано следующими закономерностями:

1) Поляризующее действие иона очень быстро возрастает с увеличением его заряда;

Таблица 1.1

Кислотно-основные реакции оксидов и гидроксидов

Тип оксида (гидроксида)	Типичная реакция
Сильно - кислый	$SO_3(g) + H_2O = SO_4^{2-}(p) + 2H^+(p)$
Слабо - кислый	$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^-(p) + H^+(p)$
Амфотерный	$Zn(OH)_2(k) \rightleftharpoons \begin{cases} Zn^{2+}(p) + 2OH^-(p) \\ \xrightarrow[OH^-(p)]{+} [Zn(OH)_4]^{2-}(p) \end{cases}$
Слабо - основной	$Fe(OH)_2(k) \rightleftharpoons FeOH^+(p) + OH^-(p)$
Сильно - основной	$Li_2O_3 + H_2O = 2Li^+(p) + 2OH^-(p)$

2) большое значение имеет строение внешней электронной оболочки, по этому признаку катионы разделяются на ионы с незаконченным внешним слоем, переходным от 8-электронного и 18-электронному (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) и ионы с 18-электронным внешним слоем (Zn^{2+} , Ag^+);

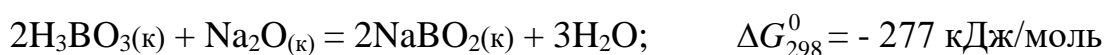
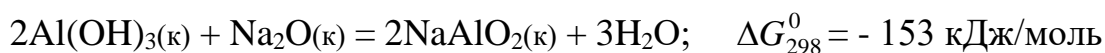
3) при сходном строении внешней электронной оболочки и равном заряде поляризующее действие иона возрастает по мере уменьшения его радиуса.

Итак, ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с увеличением поляризующего действия катиона, т.е. с убыванием его радиуса и возрастанием положительной степени окисления, а также с увеличением числа внешних электронов. Например, если катион имеет малый заряд сравнительно большой радиус, его электростатическое притяжение к группе OH^- невелико и OH^- выступает в гидроксиде как единое целое. Поэтому типичными основаниями являются гидроксиды элементов, находящихся в главных подгруппах I и II групп периодической системы (KOH , NaOH), а также NH_4OH .

По мере увеличения поляризующего действия катиона возрастает ковалентность связей элемент-кислород и усиливается ионный характер связей $\text{O} - \text{H}$. Основные свойства гидроксидов ослабляются и появляются кислотные свойства. Из элементов II группы бериллий и цинк дают амфотерные гидроксиды, в (III) группе амфотерны гидроксиды алюминия, галлия, индия. Амфотерность характерна для большинства элементов четвертой группы периодической системы.

Когда катион имеет большой положительный заряд и малый радиус (что типично для неметаллов), усиление его поляризующего действия приводит к тому, что водород становится подвижным и преобладает диссоциация по кислотному типу. Среди элементов третьей группы гидроксид бора - типичная кислота. В четвертой группе кислотами являются гидроксиды углерода и кремния, однако, эти кислоты еще очень слабые. Гидроксиды многих элементов с максимальной степенью окисления пятой, шестой, седьмой групп - сильные кислоты.

Способность веществ к взаимодействию определяется изменением изобарно-изотермического потенциала (ΔG) химической реакции. Чем меньше алгебраическая величина энергии Гиббса химического процесса, тем больше вероятность ее протекания в данном направлении.



Увеличение отрицательного значения ΔG_{298}^0 свидетельствует об усилении кислотных свойств гидроксида бора H_3BO_3 .

1.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Гидроксиды магния и кальция

Поместите в пробирку небольшое количество оксида магния или кальция и прибавьте 5 мл воды. Взболтайте содержимое пробирки и испытайте реакцию среды 1-2 каплями фенолфталеина. Составьте уравнение реакции взаимодействия оксида с водой. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 2. Получение и свойства гидроксида алюминия

В пробирку налейте 2 мл раствора соли алюминия и прибавьте примерно такой же объем раствора гидроксида аммония. Содержимое пробирки распределите в две пробирки. В одну из пробирок при взбалтывании прилейте по каплям разбавленный раствор серной кислоты до полного растворения осадка. Во вторую пробирку прилейте разбавленный раствор гидроксида натрия также до полного растворения осадка. Составить уравнение реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида алюминия.

ОПЫТ 3. Двуокись углерода

Налейте в пробирку несколько мл воды и прибавьте 1-2 капли индикатора. Пропустите из аппарата Киппа в воду двуокись углерода до изменения окраски индикатора. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 4. Гидроксид кремния

В пробирку поместите раствор силиката натрия и пропустите через него углекислый газ из аппарата Киппа, при этом наблюдайте образование осадка гидроксида кремния. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида кремния.

ОПЫТ 5. Оксид фосфора (V)

В пробирку поместите немного фосфорного ангидрида и добавьте несколько мл воды. Наблюдайте растворение, встряхивая пробирку. Испытайте реакцию среды индикаторами. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 6. Гидроксиды олова (II) и свинца (II)

а) Налейте в пробирку 2 мл раствора хлорида олова. Добавьте по каплям разбавленный раствор щелочи до образования осадка. Содержимое пробирки разделите на две части. Подействовать на одну концентрированным раствором

щелочи, а на другую - соляной кислотой. Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида олова.

б) Такой же опыт проделать с раствором соли азотнокислого свинца. На полученный гидроксид свинца подействовать азотной кислотой и щелочью. Почему для растворения гидроксида свинца нельзя воспользоваться соляной или серной кислотами? Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида свинца.

1.2. Контрольные вопросы и задания

1. Сравнив результаты опытов, сделайте вывод, как изменяется характер гидроксидов элементов: Mg, Al, Si, P в третьем периоде слева

направо. Чем объясняется это изменение характера гидроксидов? Как оно связано с изменением металлических свойств элементов?

2. По результатам опытов сделайте вывод об изменении кислотно-основных свойств гидроксидов элементов: C, Si, Sn, Pb в главных под-группах сверху вниз. Как увязать такое изменение характера гидроксидов с возрастанием порядкового номера элемента и изменением металлических свойств элементов?

3. Запишите кислородные соединения марганца со степенями окисления II, IV, VI, VII и покажите, как с увеличением степени окисления изменяется характер оксидов и соответствующих им гидроксидов.

4. Укажите, какая из сравниваемых двух кислот H_2SO_3 или H_2SO_4 является более сильной и как объяснить такое явление.

5. Какой из галогенов имеет наибольшее сродство к натрию, если энергия Гиббса для галогенидов натрия имеет следующую величину

(кДж/моль):

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaJ} = -237.2,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaBr} = -347.7,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaCl} = -384.0,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaF} = -541.0.$$

$$6. \text{MgO(к)} + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{MgCO}_3(\text{к}); \quad \Delta G_{298}^0 = -65.1 \text{ кДж/моль}$$

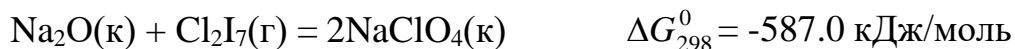
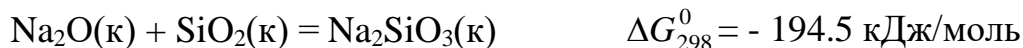
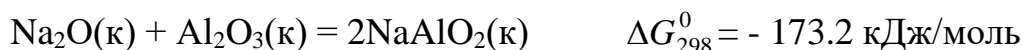
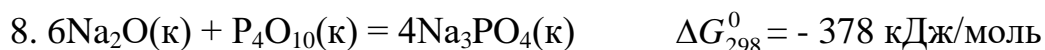
$$\text{BaO(к)} + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{BaCO}_3(\text{к}); \quad \Delta G_{298}^0 = -217.4 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{CaO(к)} + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{CaCO}_3(\text{к}); \quad \Delta G_{298}^0 = -131.9 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{SrO(к)} + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{SrCO}_3(\text{к}); \quad \Delta G_{298}^0 = -183.6 \text{ кДж/моль.}$$

Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значением ΔG_{298}^0 образования рассматриваемых карбонатов из оксидов?

7. Как изменяется сила кислот в ряду $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{SeO}_4 - \text{H}_2\text{TeO}_4$?



Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значениями ΔG_{298}^0 образования рассматриваемых солей из оксидов?

9. Укажите, какое из рассматриваемых двух соединений является более сильным основанием: а) гидроксид натрия или гидроксид цезия; б) гидроксид бария или гидроксид кальция? Объясните это изменение характера гидроксидов, исходя из расположения элементов в таблице Д.И. Менделеева.

2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Ц е л ь р а б о т ы - изучение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

Раздел химии, изучающей скорость химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции - это изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Зависимость скорости химической реакции выражается законом действующих масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции $aA + bB = cC + dD$ скорость выразится уравнением:

$$v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad (\text{для гомогенной системы}),$$

где v - скорость реакции;

$[A]$, $[B]$ - молярные концентрации реагирующих веществ;

k - константа скорости реакции

(при $[A] = [B] = 1$ моль/л, k численно равна v).

Для реакции $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ выражение скорости имеет следующий вид:

$$v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2].$$

Гомогенная система состоит из одной фазы - между реагентами нет поверхности раздела. Гетерогенная система состоит из двух и более фаз. Реакция в гетерогенной системе осуществляется на поверхности раздела фаз. Скорость гетерогенной реакции не зависит от площади поверхности раздела фаз, так же как скорость гомогенной реакции не зависит от объема системы.

Концентрация твердого вещества принимается за единицу.

Зависимость скорости химической реакции от температуры описывается экспериментально найденным уравнением Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где v_{t_1}, v_{t_2} - скорость реакции при температурах соответственно t_1 и t_2 ;

γ - температурный коэффициент скорости реакции,
равный обычно 2-4.

Эта зависимость может быть выражена в виде следующего правила: при увеличении температуры на каждые 10° скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры более точно может быть выражена уравнением Аррениуса:

$$k = c \cdot e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}},$$

где k - константа скорости реакции;

c - постоянная;

$E_{\text{акт}}$ - энергия активации;

R - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/моль · К);

T - абсолютная температура.

Из уравнения Аррениуса следует, что скорость реакции с повышением температуры увеличивается по закону экспоненты, однако интенсивность теплоотвода в конкретных условиях реакции может возрасти только линейно. В этом случае возможен скачкообразный переход от стационарного режима к нестационарному, быстрое ускорение - самовоспламенение, или цепной взрыв. По такому механизму происходят взрывы метана и угольной

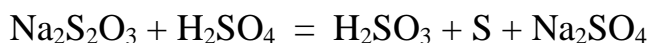
пыли в шахтах. Например, при повышении концентрации метана на несколько процентов достигается нижний предел взрываемости метана в воздухе, в тысячи раз ускоряется реакция окисления метана кислородом воздуха $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$. Концентрационные пределы взрываемости метана в воздухе от 5 до 15% по объему.

Одним из направлений в решении проблемы предупреждения взрывов метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу и пыли, является применение способов взрывозащиты, основанных на использовании распыленной воды или специальных химических соединений, которые играют роль отрицательных катализаторов (ингибиторов), теплопоглотителей в реакциях окисления углеводородов. Такие вещества носят общее название флегматизаторов горения. Этим свойством обладают гидрокарбонаты натрия и калия, гидрофосфаты аммония, бура и др.

2.1. Экспериментальная часть.

ОПЫТ 1. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ.

Соли тиосерной кислоты устойчивы в твердом состоянии и в растворе. Тиосерная кислота неустойчива и при получении распадается самопроизвольно по реакции



с образованием сернистой кислоты и свободной серы.

Постановка опыта основывается на следующем: в результате реакции между серной кислотой и тиосульфатом натрия образуется сера, выделяющаяся в виде белой мути. Время от начала реакции до момента появления мути зависит от скорости этой реакции.

В три пробирки налить по 6 мл раствора серной кислоты.

В первую пробирку влить 6 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, быстро перемешать ее содержимое и одновременно включить секундомер. Отсчитать время (τ) до начала появления белой мути - коллоидной серы.

Во вторую пробирку влить смесь 4 мл раствора тиосульфата натрия и 2 мл воды. Наблюдать, через сколько секунд растворы сделаются мутными.

Результаты наблюдений записать по следующей форме, выразив значения скоростей реакций в условных единицах (десятичных дробях!) в виде $v = 1/\tau$,

где τ - время в секундах.

Относительная концентрация раствора тиосульфата натрия записана в условных единицах $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = v_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} / V_{\text{раствора}}$, где $V_{\text{раствора}}$ - общий объем раствора 12 мл. Тогда для первого случая $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ 50%, для второго - 33% и третьего - 17%, что соответствует значениям 3а, 2в, а.

№ опы-та	Объем в мл			Относит. концентр. $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$	Время до появления мути, τ	$v = \frac{1}{\tau}$
	раствора H_2SO_4	раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	H_2O			
1	6	6	0	3а		
2	6	4	2	2а		
3	6	2	4	а		

Результаты измерений необходимо представить в виде графика. На ось абсцисс наносят значения относительных концентраций в виде трех точек, отстоящих от начала координат на а, 2а, 3а, где а - произвольно выбранный отрезок. Из каждой точки восстанавливается перпендикуляр, длина которого соответствует значениям скоростей реакции в условных единицах. Далее следует обдумать, каким образом, пользуясь верхними концами этих перпендикуляров, провести линию, характеризующую зависимость скорости реакции от концентрации. Подсказкой будет служить математическое выражение для скорости изучаемой реакции, которое нужно записать согласно закону действия масс.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

ОПЫТ 2. Зависимость скорости реакции от температуры опыта

Налить в одну пробирку 5 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, а другую - 5 мл раствора H_2SO_4 . Обе пробирки поместить в стакан с водопроводной водой. Спустя 5-7 минут измерить температуру воды и слить вместе содержимое обеих пробирок. Измерить время появления помутнения.

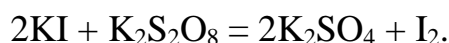
В две другие пробирки налить по 5 мл тех же растворов. Поместить пробирки в стакан с водой, нагретой на 10° выше, чем в предыдущем опыте. Через 5-7 минут слить содержимое пробирок. Измерить время до появления мути.

Повторить опыт, повысив температуру еще на 10° .

Результаты наблюдений выразить в виде графика, откладывая по оси абсцисс температуру опыта, по оси ординат - относительную скорость реакции. Сделать вывод о зависимости скорости реакции от температуры.

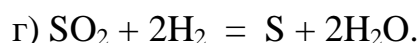
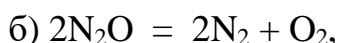
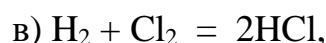
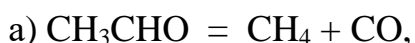
2.2. Контрольные вопросы и задания.

1. Реакция в водном растворе выражается уравнением:



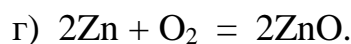
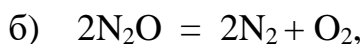
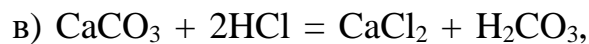
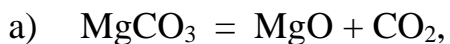
Как изменится скорость этой реакции при разбавлении реагирующей смеси в 2 раза?

2. Записать математические выражения для скорости следующих газовых реакций



Предсказать изменение скорости этих реакций при увеличении концентрации каждого из реагирующих веществ в 2 раза.

3. Записать выражения для скорости реакций



Как изменится скорость вышеуказанных реакций, если:

а) увеличить концентрацию исходных веществ в 2 раза;

б) увеличить давление в 2 раза.

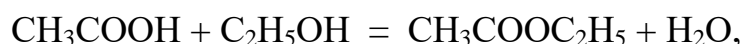
4. Срок хранения флотационного реагента, поступившего на обогательную фабрику, согласно техническим условиям составляет при температуре 20°C 2 месяца. Воспользовавшись правилом Вант-Гоффа, рассчитать срок годности этого флотореагента, если на складе фабрики под-держивается 0°C, а температурный коэффициент скорости разложения равен 2.

5. Во сколько раз изменится скорость реакции



если концентрация оксида азота уменьшится в 2 раза, а концентрация кислорода увеличивается в 2 раза?

6. Реакция протекает по уравнению



концентрацию CH_3COOH увеличили от 0.3 до 0.45 моль/л, а концентрацию $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ увеличили от 0.4 до 0.8 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?

7. Кальцинированная сода (безводная Na_2CO_3) используется в виде раствора в качестве регулятора щелочности флотационного процесса. При температуре 55°C сода растворяется в 6 раз быстрее, чем при 15° . Рассчитать температурный коэффициент скорости растворения соды.

8. Для приготовления раствора силиката натрия требуемой плотности, используемого в качестве подавителя пустой породы, твердые прозрачные куски силикат-глыбы Na_2SiO_3 загружают в воду: нагревают до 95° и ведут перемешивание в течение четырех часов. Какой срок потребуется для получения раствора необходимой концентрации, если поддерживать температуру 90° ($\gamma = 2$)?

3. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

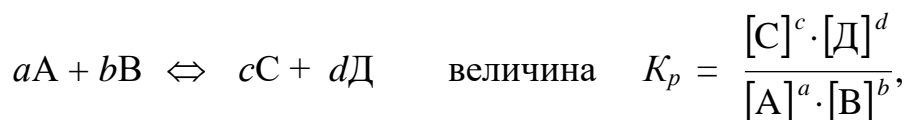
Ц е л ь р а б о т ы - Изучение влияния концентрации на сдвиг химического равновесия.

Многие реакции идут не до исчезновения исходных веществ, а до состояния, не изменяющегося во времени, когда в реакционной смеси можно обнаружить как исходные вещества, так и продукты реакции. Такое состояние системы называется химическим равновесием.

С термодинамической точки зрения состояние равновесия характеризуется тем, что система достигает минимального значения энергии Гиббса (при заданных температуре, давлении и общем составе).

С кинетической точки зрения при равновесии скорости процессов образования продуктов реакции из исходных веществ и исходных веществ из продуктов выравниваются. Скорость достижения равновесия в зависимости от природы процесса, условий, а также наличия подходящих катализаторов может варьировать от малых долей секунды до веков и тысячелетий.

Если равновесие достигнуто, то для реакции



называемая константой равновесия, принимает определенное значение.

Константа равновесия зависит от температуры, но не зависит от конкретных количеств реагентов и порядка их взаимодействия.

Изменение равновесных концентраций при внешнем воздействии называется с м е щ е н и е м х и м и ч е с к о г о р а в н о в е с и я .

Основным законом, управляющим смещением равновесия, служит принцип Ле-Шателье: «Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, указываемую

воздействием, до тех пор, пока нарастающее в системе противодействие не станет равно оказанному воздействию».

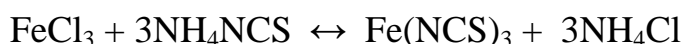
Внешним воздействием, смещающим равновесие, может быть изменение температуры, давления, концентрации одного или нескольких веществ, участвующих в реакции. «Смещение равновесия в сторону, указанную воздействием» означает, что при повышении давления преимущество получает процесс, ведущий к уменьшению объема, т.е. к тому же результату, что и само воздействие. Нагревание ведет к увеличению роли эндотермического процесса, т.е. процесса, увеличивающего запас энергии в системе (эндотермические реакции идут с поглощением тепла, а экзотермические - с его выделением).

Увеличение концентрации одного из веществ приводит к смещению равновесия в сторону расходования этого вещества.

3.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия.

Реакция между хлоридом железа и тиоцианатом аммония протекает по уравнению:



Красная окраска образовавшегося раствора обусловлена содержанием тиоцианата (роданида) железа. По изменению интенсивности этой окраски можно судить о направлении смещения равновесия при изменении концентрации какого-либо реагирующего вещества.

В одной пробирке приготовить смесь (по 4 мл) разбавленных растворов FeCl_3 и NH_4NCS . Полученный окрашенный раствор разлить поровну в 4 пробирки.

В первую пробирку добавить 2 капли насыщенного раствора FeCl_3 . Во вторую пробирку добавить несколько кристалликов NH_4NCS (или KNCS). В третью пробирку всыпать немного твердой соли NH_4Cl (или KCl). Четвертую пробирку оставить для сравнения.

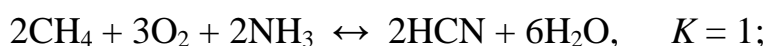
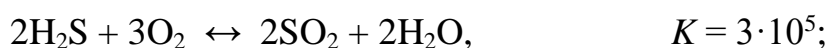
Записать уравнение химической реакции и выражение для константы равновесия. Сделать выводы о влиянии концентрации веществ на смещение химического равновесия с использованием принципа Ле-Шателье.

Форма записи

Что добавлено	Изменение интенсивности окраски	Смещение равновесия
1. FeCl ₃	более интенсивная	вправо
2. NH ₄ NCS	.....	.....
3. NH ₄ Cl	.....	.....

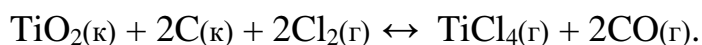
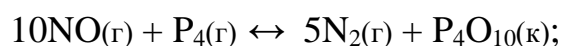
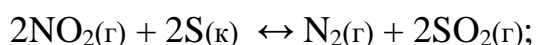
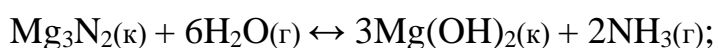
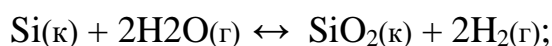
3.2. Контрольные вопросы и задания

1. К гомогенных химических системах при постоянных давлении и температуре установилось состояние равновесия:



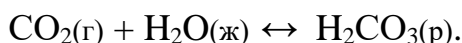
По данным значениям констант равновесия укажите, реагенты или продукты будут преобладать в равновесной смеси веществ. На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

2. В гетерогенных химических системах установилось состояние равновесия:



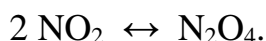
На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

3. За последние 100 лет количество углекислого газа, поступающее за счет сжигания ископаемого топлива, возросло в 50 раз, а парциальное давление CO₂ в атмосфере за это же время увеличилось в 1.2 раза. Объясните это соотношение, допустив, что CO₂ поглощается океаном:



при следующих воздействиях: а) введение избытка диоксида углерода, б) нагревание, в) увеличение давления.

9. На некоторых предприятиях систематически из труб в атмосферу выбрасываются оксиды азота, что можно наблюдать как газ красно-желтого цвета (лисий хвост). Объяснить причину различной интенсивности окраски этого газа в зависимости от времени года (лето, зима), если известно, что NO_2 - бурый газ при -11°C превращается в димер N_2O_4 - бесцветные кристаллы, а при обычных условиях существует смесь NO_2 и N_2O_4



Укажите знак при ΔH в этом уравнении.

4. ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение смещения ионного равновесия в вод-ных растворах.

Э л е к т р о л и т а м и называют вещества, диссоциирующие в рас-творах (или расплавах) на и о н ы и способные проводить электрический ток. Распад вещества на ионы называется электролитической диссоциаци-ей. Перенос тока в растворах (и расплавах) электролитов осуществляется положительными и отрицательными ионами, которые называются катио-нами и анионами. К электролитам относятся соли, кислоты и основания.

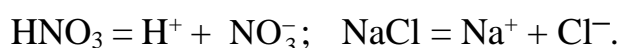
Для количественной характеристики электролитической диссоциа-ции используется степень диссоциации α - доля моля электролита, сущест-вующая в растворе в виде ионов:

$$\alpha = C/C_0,$$

где C - концентрация молекул, распавшихся на ионы, моль/л;

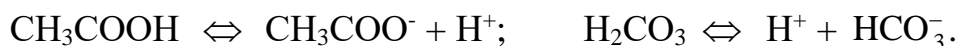
C_0 - исходная концентрация раствора, моль/л.

По величине степени диссоциации все электролиты делятся на силь-ные и слабые. К сильным относятся те электролиты, α - степень диссоциа-ции которых равна единица, т.е. $C = C_0$. Распад на ионы сильных электро-литов протекает необратимо. В растворе сильного электролита не может быть недиссоциированных молекул.



К сильным электролитам относятся практически все соли, гидрокси-ды щелочных и щелочно-земельных металлов и некоторые кислоты (на-пример, HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , HBr , HI , HClO_4)

Степень диссоциации слабых электролитов меньше единицы ($C < C_0$). Их ионизация протекает обратимо:



Константу равновесия электролитической диссоциации слабого электролита называют константой диссоциации. Например, при 298 К

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot C_{\text{H}^+}}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{HCO}_3^-}}{C_{\text{H}_2\text{CO}_3}} = 4.4 \cdot 10^{-7}.$$

Из величин констант видно, что угольная кислота по первой ступени электролит более слабый, чем уксусная кислота.

Степень и константа ионизации слабого электролита связаны зависимостью (закон Оствальда):

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C_0}{1 - \alpha}.$$

Если степень ионизации электролита значительно меньше единицы, то уравнение можно записать $K = \alpha^2 \cdot C_0$, откуда следует, что α возрастает с разведением раствора.

В чистой воде кроме молекул H_2O содержатся протоны и гидроксид-ионы, при этом

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л (25}^\circ \text{C)}.$$

Содержание протонов и гидроксид-ионов выражают также через водородный показатель $\text{pH} = 1 \lg [\text{H}^+]$. При $\text{pH} = 7$ среду водного раствора называют нейтральной, при $\text{pH} < 7$ - кислотной и при $\text{pH} > 7$ - щелочной.

Каковы пределы значений pH в природе? Рудничные воды выветривающихся колчеданных месторождений, содержащие свободную серную кислоту, имеют pH около 2, а воды окисляющихся месторождений само-родной серы в песчаниках - еще ниже. Воды кратерных озер имеют pH 1-3, торфяных болот около 4, бурогольных месторождений около 5, pH дождевой воды примерно 5.5. Обычные грунтовые воды имеют pH 6.5 - 8.5, морская вода (в зависимости от времени года, ее температуры, количества растворенной в ней углекислоты, органических кислот, привнесенных ре-ками) колеблется от 8.2 до 8.5. В содовых озерах pH достигает 9-10.

4.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Сравнение относительной силы кислот

В одну пробирку наливают 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты, в другую - столько же раствора соляной кислоты той же концентрации. В обе пробирки добавляют небольшое количество мелко измельченного известняка. Взбалтывая пробирки с содержимым, наблюдать, одинаково ли быстро растворяется CaCO_3 во взятых кислотах.



Интенсивность выделения CO_2 при этой реакции служит относительным индикатором концентрации водородных ионов. Рассчитайте, во сколько раз концентрация протонов в растворе HCl больше, чем в растворе CH_3COOH , если $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

Напишите уравнения диссоциации обеих кислот.

ОПЫТ 2. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабой кислоты.

К 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты в двух пробирках прибавьте 2 капли метилоранжа. Отметьте окраску индикатора. Добавьте при перемешивании в одну пробирку несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Как изменился рН раствора? Объясните изменение рН, применяя правило Ле Шателье и используя выражение константы диссоциации CH_3COOH

ОПЫТ 3. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабого основания.

В две пробирки наливают по 1-2 мл 2М раствора гидроксида аммония и по 2 капли фенолфталеина. В одну из пробирок добавляют при перемешивании несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Объясните причину наблюдаемого изменения окраски на основании уравнения диссоциации NH_4OH , принципа Ле Шателье и константы диссоциации NH_4OH .

ОПЫТ 4. Определение характера диссоциации гидроксидов

В три пробирки наливают по 2-3 мл растворов: в 1-ю - силиката натрия, во 2-ю - сульфата никеля, в 3-ю - сульфата цинка. До начала выпадения осадков гидроксидов добавляют по каплям в 1-ю - раствор серной кислоты, а во 2-ю - раствор гидроксида натрия.

Содержимое каждой пробирки взбалтывают и разливают каждый осадок гидроксидов на две пробирки. В одну пробирку добавляют разбавленной кислоты, а в другую концентрированной щелочи. На основании наблюдений за

растворением осадков кремниевой кислоты, гидроксида никеля и гидроксида цинка в кислоте и щелочи сделайте вывод о кислотно-основном характере электролитической диссоциации этих гидроксидов.

Напишите уравнения диссоциации гидроксидов.

4.2. Контрольные вопросы и задания

1. Присутствие каких ионов можно ожидать в водном растворе сернистой кислоты H_2SO_3 ? Запишите выражения для констант диссоциаций этой кислоты.

2. Почему константа электролитической диссоциации служит более удобной характеристикой, чем степень диссоциации?

3. Объясните, почему соли являются сильными электролитами. На примере NaHCO_3 укажите характер химических связей, по которым электролитическая диссоциация протекает в водном растворе: а) практически полностью; б) частично; в) отсутствует.

4. Укажите, корректно ли сопоставлять такие свойства, как растворимость вещества и способность его к электролитической диссоциации.

5. В практике флотации используются процессы с низкими и высокими значениями рН флотационной пульпы. Можно ли приготовить растворы с рН 0, -1, -2, 14, 15, 16?

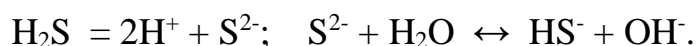
6. Вычислите концентрацию ионов водорода в 1М (9.45 %-ном) растворе серной кислоты, рН которого - 0.005. Объясните полученный результат.

7. В Первоуральске выпал кислотный дождь, водородный показатель которого равен 2.5. Во сколько раз превышена концентрация иона водорода, если обычная дождевая вода имеет рН = 5.5?

8. Шахтные воды Кизеловского бассейна содержат 0.01 г/л ионов водорода. Рассчитайте водородный показатель этих вод, концентрацию OH^- ионов. Укажите, кислотный или щелочной характер имеют эти воды.

9. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 литру раствора уксусной кислоты с концентрацией 0.005 моль/л прибавить 0.05 моль ацетата натрия, считая, что концентрация недиссоциированных молекул уксусной кислоты, как и объем раствора остаются практически постоянными? $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

10. Для оценки рН раствора сероводорода студент записал следующие уравнения:



Таким образом, студент сделал вывод, что среда щелочная. Найдите ошибки в его рассуждениях.

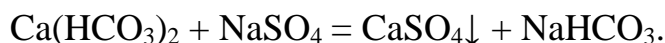
5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

Ц е л ь р а б о т ы - выявление закономерностей протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов.

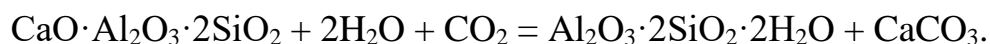
Минералы и горные породы в условиях земной поверхности стремятся перейти в более устойчивые соединения. Известняки медленно растворяются в водах, содержащих углекислоту, образуя гидрокарбонат кальция. Грунтовые воды, содержащие $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, реагируют с сульфатно-хлоридно-магниевыми (морскими) водами. При этом осаждаются гипс и доломит:



Так озера морского типа превращаются в озера континентального типа. Сульфатно-натриевые воды - результат выщелачивания горных пород, могут образовывать содовые озера.



Изверженные горные породы выветриваются, в полевых шпатах содержание алюминия увеличивается от ранних пород к поздним. При этом из них выносятся катионы щелочноземельных металлов. Например, из анорита образуется каолинит



В результате воздействия растворов, содержащих в повышенных концентрациях ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-} , происходит доломитизация известняков



Если химическая реакция протекает, то она отличается следующими признаками:

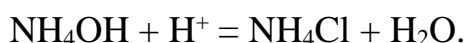
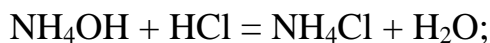
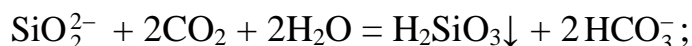
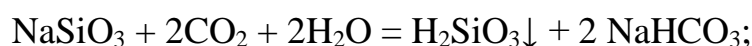
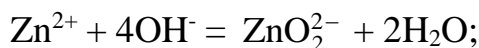
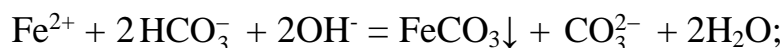
происходит образование осадка, или растворение осадка, или изменяется цвет осадка или раствора, или появляются пузырьки газа.

Сущность ионных реакций обмена сводится к соединению ионов в молекулы новых веществ. Равновесия ионных реакций в растворах смещаются в сторону образования слабых электролитов (слабых кислот, слабых оснований, воды) и сильных электролитов (осадков, летучих веществ).

Все кислые соли в воде растворяются, основные соли, как правило, нерастворимы.

В ионных уравнениях сильные, хорошо растворимые электролиты записываются в форме ионов, а слабые электролиты, газы и осадки - в виде молекул.

Рассмотрим следующие примеры реакций. Запишем их сначала в молекулярной форме, а затем в виде кратких ионных уравнений.



5.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Образование осадков

а) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида бария и добавляют в одну пробирку сульфата натрия, а в другую - нитрата калия. Написать молекулярное и ионное уравнения и сделать вывод, в каком случае соль реагирует с другой солью;

б) В две пробирки наливают по 2 мл раствора сульфата меди. В одну пробирку добавляют 1 мл очень разбавленный (1%-ный) раствор гидроксида натрия, а в другую - столько же разбавленного раствора той же щелочи. Написать молекулярные и ионные уравнения, указав окраску образующихся осадков и учитывая, что в первом случае образуется основной сульфат меди $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. Сделайте вывод об условиях образования основной соли и гидроксида. Осадки сохранить для выполнения опыта 2б;

в) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида кобальта. В одну пробирку добавляют разбавленного раствора щелочи до образования синего осадка основной соли. Во вторую пробирку приливают еще столько же щелочи и нагревают с целью получения гидроксида кобальта розового цвета. Содержимое пробирок оставляют для проведения опыта 2в. Написать молекулярное и ионные уравнения, указав цвет осадков.

ОПЫТ 2. Растворение осадков.

а) Наливают в пробирку известковую воду $\text{Ca}(\text{OH})_2$, через этот раствор пропускают углекислый газ из аппарата Киппа. Наблюдают образование белого осадка средней соли, продолжают пропускать пузырьки CO_2 до растворения белого осадка и получения бесцветного прозрачного раствора кислой соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Написать молекулярные и ионные уравнения образования карбоната кальция и растворения его. Сделать вывод об условии получения кислой соли.

б) В обе пробирки опыта 1б добавляют серной кислоты до растворения осадков. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения. Объяснить причину сдвига ионного равновесия;

в) Берут пробирки с осадками опыта 1в. В пробирку с синим осадком добавляют хлороводородной кислоты, в пробирку с розовым осадком - разбавленной щелочи. Напишите молекулярные и ионные уравнения. Наблюдать растворение одного из осадков. Дать объяснения наблюдениям.

О П Ы Т 3. Образование газообразного вещества

Все сульфиты, растворимые и нерастворимые в воде, разлагаются минеральными кислотами с выделением диоксида серы, который определяют как запах горячей серы.

К раствору сульфита натрия приливают разбавленной серной кислоты. Обнаруживают запах SO_2 , стараясь запомнить его. Это позволит впредь распознавать диоксид серы органолептически.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции.

О П Ы Т 4. Образование слабых электролитов

а) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора ацетата натрия и добавляют разбавленной серной кислоты. Определяют по запаху образующуюся уксусную кислоту;

б) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора хлорида аммония и добавляют разбавленной щелочи. Определяют по запаху выделяющийся аммиак;

в) Наливают в пробирку 3 мл раствора сульфата хрома (III) и приливают к нему по каплям раствор разбавленной щелочи до появления серо-зеленого осадка гидроксида хрома.

Содержимое пробирки разделяют на две части. К одной части приливают раствор серной кислоты, к другой - раствор щелочи. Сравнить цвет полученных растворов. Сделать вывод о характере гидроксида хрома.

Для опытов а), б), в) написать молекулярные и ионные уравнения реакций, объяснить причины сдвига ионных равновесий.

Сделать вывод, в каком направлении протекают реакции ионного обмена в растворах электролитов.

5.2. Контрольные вопросы и задания

1. Составить в молекулярном виде уравнения реакций растворения следующих малорастворимых минералов:

а) стронцианит SrCO_3 переводят в водный раствор насыщением CO_2 суспензии минерала в воде;

б) сассолин $\text{B}(\text{OH})_3$ обрабатывают избытком раствора едкого натра;

в) гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$ хорошо растворяется известковым молоке;

г) азурит $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ обрабатывают хлороводородной кислотой;

д) гетит Fe_2O_3 хорошо растворяется в серной кислоте;

е) гемиморфит $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{Zn}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ нагревают в растворе гидроксида натрия;

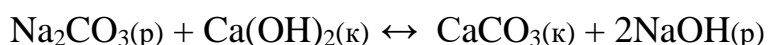
ж) брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ разлагается раствором серной кислоты;

з) борнит $\text{FeS} \cdot \text{CuS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S}$ обрабатывают соляной кислотой.

2. При смещении водных растворов одного из следующих веществ: NaOH , KOH , CsOH концентрацией 1 моль/л с одинаковыми объемами 1М раствором HCl , HBr , HNO_3 , HClO_4 выделяется примерно одно и то же количество теплоты, составляющее 55-59 кДж/моль. О чем это свидетельствует? Напишите уравнения реакции в ионном виде.

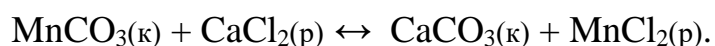
3. При смешении 1М водных растворов одной из следующих кислот: азотной, уксусной, бензойной с одинаковыми объемами 1М растворов KOH обнаруживаются различные тепловые эффекты. Объясните, приведя уравнения реакций в молекулярно-ионном виде.

4. Укажите причины, по которым реакция



обратима, составьте выражение для константы равновесия. Почему в этом процессе образуется только разбавленный раствор гидроксида натрия, а получение концентрированного раствора невозможно?

5. Для переработки карбонатных марганцевых руд предложен способ, основанный на выщелачивании их раствором хлорида кальция:



Можно ли регенерировать раствор хлорида кальция и вывести одновременно марганец в осадок добавлением к продуктам выщелачивания суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Напишите уравнение реакции.

6. Растворение соли слабой кислоты в растворах кислот должно проходить тем быстрее, чем больше концентрация ионов водорода. Однако кальцит CaCO_3 растворяется в растворе уксусной кислоты быстрее, чем в растворе серной. Почему?

7. В 250 мл раствора содержится 1 г NaOH . Вычислите молярную концентрацию и pH этого раствора.

8. Кислые растворы имеют кислый вкус, щелочные - вкус мыла. Сливаются равные объемы растворов хлороводородной кислоты и гидроксидов натрия одинаковой концентрации. Какой вкус полученного раствора?

9. Гашеную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ используют при флотации для создания щелочной среды (pH 12 и более), отделения пирита от сфалерита и сульфидов меди. Как изменяется pH растворов извести при хранении их в открытых емкостях? Напишите уравнение реакции.

6. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение свойств водных растворов, связанных с реакцией гидролиза солей.

Природные воды часто не бывают нейтральными, а имеют либо кислую, либо щелочную среду вследствие гидролиза. При химическом выветривании известняков образуются щелочные растворы, а пиритсодержащих - кислые. Изменение нейтральной реакции среды водного раствора - признак гидролиза соли, обменной химической реакции, протекающей с участием воды. Однако не все соли вступают в реакцию гидролиза. Если растворить в воде хлорид калия KCl , нейтральная реакция среды (pH = 7), характерная для чистой воды, не изменится. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой (NaCl , LiNO_3 , CsBr и т.п.), в реакцию гидролиза не вступают.

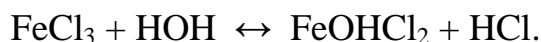
С водой взаимодействуют: 1) соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами (NH_4Cl , CuSO_4 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ и т.п.); 2) соли, образованные слабыми кислотами и сильными основаниями (Na_2S , KCN , BaCO_3 и т.п.); 3) соли, образованные слабыми основаниями и слабыми

кислотами ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ и т.п.).

Из рассмотренных примеров следует, что в реакцию с водой вступают катионы слабых оснований и анионы слабых кислот. Если эти ионы многозарядны (Fe^{3+} , Cu^{2+} , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} и т.п.), их взаимодействие с водой обычно идет до образования основного или кислого иона (первая степень гидролиза). Например, соль FeCl_3 , образованная слабым основанием с сильной кислотой, подвергается гидролизу по катиону:



Или в молекулярной форме:

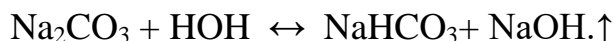


В результате гидролиза соли FeCl_3 появляется избыток катионов H^+ и раствор приобретает кислую реакцию, $\text{pH} < 7$.

Гидролизу по аниону подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой. В качестве примера запишем уравнение гидролиза соли Na_2CO_3 в ионном виде:

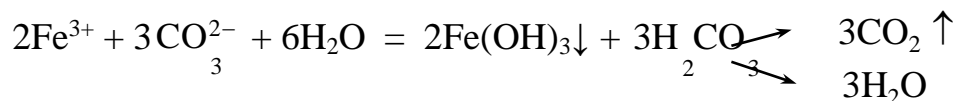
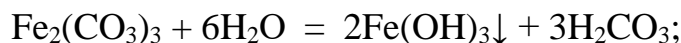


И в молекулярной форме:

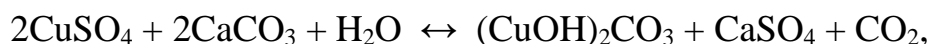


Избыток анионов OH^- придает раствору щелочную реакцию, $\text{pH} > 7$.

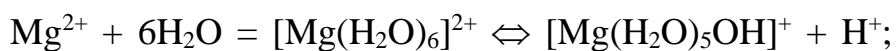
Если же соль образована слабым малорастворимым основанием и слабой летучей кислотой, то происходит полный необратимый гидролиз. В таблице растворимости такие соли обозначены прочерком, означающим, что эти соли в водных растворах не существуют. Например, гидролиз карбоната железа (III):



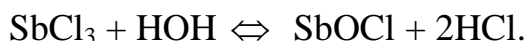
т.е. карбонат железа (III) может существовать только в виде сухой соли, а в растворе он подвергается полному гидролизу, образуя труднорастворимый гидроксид железа (III) и слабую летучую угольную кислоту. В подобных случаях в осадок выпадает наименее растворимый из возможных продуктов гидролиза. Так, растворимость $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ меньше, чем $\text{Cu}(\text{OH})_2$, поэтому в зоне окисления минералов меди в известняках встречается малахит



В водном растворе положительные ионы металлов гидратированы. Многие из них связывают воду так прочно, что их можно рассматривать как комплексные ионы. Гидролиз солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами, происходит за счет молекул воды, входящих в комплексный ион. При этом катион металла выталкивает за пределы внутренней сферы одноименно заряженный ион водорода из молекулы воды, среда становится кислой. Например, при гидролизе хлорида магния координационное число Mg^{2+} равно шести



Ионы Bi^{3+} , Sb^{3+} , Ti^{4+} , V^{4+} обладают настолько сильным поляризующим действием, что выталкивает из молекулы воды оба иона водорода, вследствие чего образуются ионы BiO^+ висмутит, SbO^+ антимонид, TiO^{2+} титанил, VO^{2+} ванадил.



6.1. Экспериментальная часть

О П Ы Т 1. Образование основной соли при гидролизе

В три пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора лак-муса и добавляют по 2 мл растворов: в одну пробирку - дистиллированной воды, в другую - сульфата натрия, в третью - сульфата алюминия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей. Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором Na_2SO_4 .

О П Ы Т 2. Образование кислой соли при гидролизе

В две пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора фенолфталеина и добавляют по 2 мл растворов: хлорида натрия и карбоната натрия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей.

Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза а пробирке с раствором $NaCl$.

О П Ы Т 3. Смещение равновесия гидролиза

Налить в пробирку 1-2 мл раствора нитрата висмута $Bi(NO_3)_3$ и разбавить его водой в 3-5 раз. Наблюдать образование осадка, т.е. помутнение раствора.

Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза, зная, что труднорастворимым продуктом является соль BiONO_3 .

В пробирку с осадком BiONO_3 прибавить несколько капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдать растворение осадка. Объяснить наблюдаемое, исходя из уравнения гидролиза.

О П Ы Т 4. Влияние нагревания на гидролиз ацетата натрия

К 3-4 мл раствора уксуснокислого натрия CH_3COONa прибавить 1-2 капли фенолфталеина и нагреть до кипения. Обратит внимание на появление розовой окраски, исчезающей при охлаждении раствора.

Написать ионное и молекулярное уравнение реакции гидролиза уксуснокислого натрия. Объясните различие окраски при нагревании и охлаждении раствора.

О П Ы Т 5. Полный гидролиз (совместный гидролиз)

К 1-2 мл раствора сернокислого алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ прилить такой же объем раствора карбоната натрия Na_2CO_3 . Наблюдать выделение углекислого газа и образование осадка гидроксида алюминия. Написать молекулярное и ионное уравнение совместного гидролиза взятых солей.

6.2. Контрольные вопросы и задания

1. На некоторых обогатительных фабриках иногда барабаны (емкости) из-под цианида натрия обезвреживают 10%-ным раствором железного купороса FeSO_4 . Напишите уравнения реакции, ведущих к образованию в этих условиях циановодородной кислоты, и покажите тем самым, что такой способ растворения цианидов абсолютно недопустим. При подкислении до $\text{pH} \leq 9$ работать с растворами цианида натрия опасно; безопасно при $\text{pH} > 10$.

2. Раствор основания и раствор кислоты смешивают в эквивалентных соотношениях. Для каких из перечисленных пар раствор будет иметь нейтральную реакцию:

- а) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}$, б) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH}$, в) $\text{NaOH} + \text{HCl}$,
г) $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$?

3. Сточные воды обогатительных фабрик, содержащие гидрокарбонат кальция, очищают от коллоидных примесей (удалить которые отстаиванием и фильтрованием невозможно) добавлением к ним сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный $\text{Al}(\text{OH})_3$ обволакивает коллоидные частицы

примесей и вызывает их осаждение. Объясните образование $\text{Al}(\text{OH})_3$ и напишите уравнение реакции.

4. Определить, возможна ли реакция окисления сфалерита кислородом воздуха в стандартных условиях, если



$$\Delta G_{298}^0, \text{ кДж/моль} \quad -201 \quad -237 \quad -2564$$

Сделайте вывод о кислотности рудничных вод, содержащих в качестве продукта выветривания сульфат цинка, записав уравнение реакции гидролиза в молекулярном и ионном виде.

5. При окислении пирита, преобладающего в колчеданных рудах, кислородом, растворенным в воде, выделяется сульфат железа (III). Поступая с нисходящим током растворов в нижние горизонты, он реагирует с породой. Сделайте вывод о составе породы, если наблюдается совместное образование гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и лимонита $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (III) и породы.

6. Объясните, приведя молекулярно-ионное уравнение, почему при нагревании раствора NaHCO_3 реакция среды из слабощелочной переходит в сильнощелочную.

7. В водном растворе хлорида цинка при нагревании происходит растворение кусочка металлического цинка. Напишите уравнения реакции, объясняя причину выделения водорода.

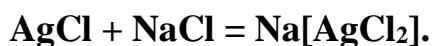
8. В жесткой воде ионы железа обычно присутствуют в виде гидрокарбоната железа (II). При хранении такой воды в открытых сосудах, железо окисляется кислородом воздуха, вода мутнеет из-за выпадения в осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуется гидроксид железа (III).

РАБОТА 1. Комплексные соединения

Цель работы - познакомиться с методами получения комплексных соединений и их свойствами.

Широко распространены среди минералов комплексные соединения. Комплексные соединения содержат катионный, анионный или нейтральный комплекс, состоящий из центрального атома или иона и связанных с ним молекул или ионов лигандов. Центральный атом - комплексообразователь - обычно представляет собой акцептор, а лиганды - доноры электронов, и при образовании комплекса между ними возникает донорно-акцепторная, или координационная связь. Комплексообразователь и лиганды образуют

внутреннюю сферу комплексного соединения, которая в растворах сохраняет индивидуальность, хотя может иметь место и диссоциация. За счет устойчивости внутренней сферы можно перевести в водный раствор малорастворимые минералы. Например, кераргирит AgCl , плохо растворимый в воде, растворяется под действием насыщенного раствора хлорида натрия



Шарпит $\text{UO}_2\text{CO}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ переходит в насыщенный раствор соды, образуя $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$.

Нантоцит растворяется при обработке концентрированным раствором гидроксида аммония:

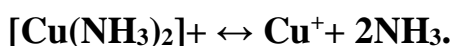


Устойчивые комплексные соединения $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и др. служат в качестве подавителей флотации при обогащении руд. Образование комплексных соединений происходит при умягчении воды, при защите металлов от коррозии и многих других процессах, используемых в горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

В водных растворах комплексные соединения полностью распадаются на ионы внутренней и внешней сферы



Комплексные ионы диссоциируют только частично, ведут себя как слабые электролиты



Константа равновесия этого процесса называется константой нестойкости (K_H):

$$K_H = \frac{C_{\text{Cu}^{2+}} \cdot C_{\text{NH}_3}^2}{C_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+}}.$$

Чем устойчивее комплексный ион в растворе, тем меньше величина константы нестойкости.

Опыт 1. Диссоциация сульфата железа - аммония

Налить в три пробирки по 2-3 мл раствора соли $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$. В первую пробирку добавить несколько капель раствора тиоцианата калия KSCN . О наличии, какого иона в растворе свидетельствует появление характерной красной окраски?

Во вторую пробирку добавьте несколько капель 30% -ного раствора щелочи. Слегка нагреть. Какой ион образует бурый осадок, а какой обус-

ловливает появление запаха аммиака? В третью пробирку добавить 1 мл хлорида бария. Какая соль выпадет в осадок?

На три вышеприведенных вопроса ответить, записав четыре уравнения реакций в ионном виде.

Составить уравнение диссоциации исследуемой соли и сделать вывод, какой солью, двойной или комплексной, она является.

Опыт 2. Диссоциация гексацианоферрата (III) калия

Составить уравнение диссоциации гексацианоферрата (III) калия. Налить в две пробирки по 1 мл раствора этой соли. В одну из них добавить несколько капель щелочи, в другую - тиоцианата калия. Записать в ионном виде отсутствие взаимодействия комплексного иона со щелочью в первой пробирке и с тиоцианатом - во второй.

Почему в растворе не обнаружено иона железа (III)? Сделайте вывод, какой солью, двойной или комплексной, является исследуемое вещество. Написать математическое выражение для константы нестойкости комплексного иона.

Опыт 3. Получение сульфата тетраамминмеди (II)

Налить в пробирку 1-2 мл раствора сульфата меди и по каплям добавить раствор аммиака до выпадения осадка основной соли меди $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. Написать уравнение реакции образования этой соли в молекулярном и ионном виде.

Прилить избыток 5-6 мл гидроксида аммония. Наблюдать растворение $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ и образование фиолетового раствора, содержащего комплексный ион тетраамминмеди (II) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Написать уравнение реакции образования комплексных солей $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ в молекулярном и ионном виде.

Опыт 4. Получение тетраиодомеркурата (II) калия

Налить в пробирку 3-4 капли раствора нитрата ртути (II) и добавить по каплям раствор иодида калия до появления ярко-красного осадка иодида ртути.

Дальнейшее прибавление иодида калия вызывает растворение осадка и образование бесцветного раствора комплексной соли $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$

Написать уравнения образования и растворения осадка в молекулярном и ионном виде.

Опыт 5. Получение соединения, содержащего в молекуле комплексный катион и комплексный анион

В пробирку внести 2-3 мл раствора гексацианоферрата (II) калия и 3-4 мл раствора сульфата никеля. К полученному осадку гексацианоферрата (II) никеля добавить раствор гидроксида аммония до полного растворения осадка.

Наблюдать образование бледно-лиловых кристаллов соли $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6] [\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Написать в ионном виде уравнения реакций образования осадка и растворения осадка.

Опыт 6. Растворение осадков за счет процесса комплексообразования

Процессы комплексообразования вызывают уменьшение равновесной концентрации ионов в насыщенном растворе малорастворимого соединения. Это смещает равновесие в системе раствор - осадок и вызывает растворение осадка.

а) Налить в пробирку 1 мл концентрированного раствора хлорида кальция, добавить 2 мл раствора сульфата натрия. Наблюдать выпадение осадка при встряхивании. Написать уравнение реакции в ионном виде.

Полученный осадок сульфата кальция растворить в насыщенном растворе сульфата аммония. Написать уравнение реакции растворения CaSO_4 (в молекулярной и ионной форме) в результате образования комплексной соли $(\text{NH}_4)_2[\text{Ca}(\text{SO}_4)_2]$.

б) Налить в пробирку 3-4 капли раствора соли цинка и добавить по каплям разбавленный раствор NaOH до выпадения осадка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и последующего растворения его с образованием $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$. Написать уравнения реакций в молекулярном виде.

Опыт 7. Комплексные соединения в реакциях обмена

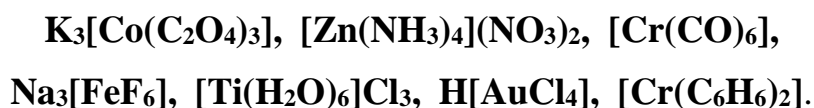
а) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и добавить несколько капель раствора Fe^{3+} . Наблюдать образование осадка берлинской лазури $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.

б) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (III) калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и добавить несколько капель раствора, содержащего ион цинка. Отметить окраску осадка $\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$.

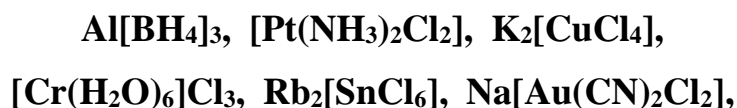
Написать молекулярные и ионные уравнения реакции. Сделать вывод об устойчивости комплексных ионов в реакциях обмена.

Контрольные вопросы и задания

1. Укажите внутреннюю и внешнюю сферы, комплексообразователь и лиганды в следующих комплексных соединениях:



2. Определите степень окисления и координационное число комплексообразователя в следующих комплексных соединениях:





3. Объясните, какое основание является более сильным и почему: $\text{Ni}(\text{OH})_2$ или $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$? Какая кислота сильнее HCN или $\text{H}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$?
4. Степень гидролиза какой соли больше и почему: KCN или $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$?
5. Объясните уменьшение растворимости PbCl_2 в воде при добавлении разбавленной HCl и увеличение растворимости этого осадка при добавлении концентрированной HCl .
6. Сколько молей AgCl осаждается при добавлении нитрата серебра к раствору $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ в расчете на моль имеющегося кобальта?

РАБОТА 2. Определение молярной массы эквивалента

Цель работы - усвоить одно из важнейших химических понятий - понятие об эквиваленте - и научиться определять молярную массу эквивалента вещества.

Молярная масса - отношение массы вещества к количеству вещества:

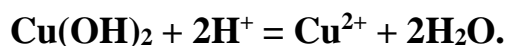
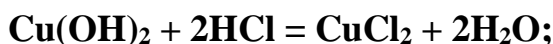
$$M = \frac{m}{\nu} \quad (1)$$

где M - молярная масса вещества; m - масса вещества; ν - количество вещества.

Например, $M(\text{O}) = 16$ г/моль; $M(\text{O}_2) = 32$ г/моль.

Эквивалент (Э) - это частица вещества, которая может замещать, присоединять, высвобождать или каким-либо другим образом эквивалент-на одному иону водорода в ионообменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

Для определения состава эквивалента вещества необходимо исходить из конкретной реакции. Например:

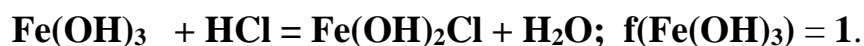
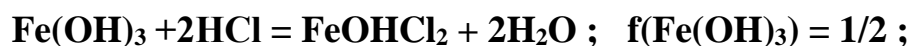


В данной реакции один ион водорода эквивалентен $1/2$ моль $\text{Cu}(\text{OH})_2$, поэтому эквивалент $\text{Cu}(\text{OH})_2$ равен половине его молекулы.

Фактор эквивалентности (f) - число, обозначающее, какая доля от реальной частицы эквивалентна одному иону водорода или одному электрону. Например, в рассмотренном случае фактор эквивалентности: $f(\text{Cu}(\text{OH})) = 1/2$.

Для оснований фактор эквивалентности определяется количеством гидроксильных ионов (OH^-), которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на кислотные остатки.

Например, $f(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 1/3$, но в конкретных реакциях может проявляться неполная кислотность основания и необходимо определять конкретный фактор эквивалентности:



Для кислот фактор эквивалентности определяется количеством ионов водорода, которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на катионы металла.

Например, $f(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$, так как в молекуле серной кислоты два иона водорода могут быть замещены на катион металла, но в реакции



фактор эквивалентности серной кислоты равен 1.

Фактор эквивалентности кислотного оксида равен фактору эквивалентности соответствующей ему кислоты. Так, фактор эквивалентности оксида углерода (IV) (CO_2) равен $1/2$, так как ему соответствует угольная кислота (H_2CO_3).

Но в конкретной реакции фактор эквивалентности определяется количеством эквивалентов реагирующего с оксидом вещества. Так в реакции:



Фактор эквивалентности соли и основного оксида определяется произведением степени окисления металла на количестве атомов металла в молекуле. Например:

$$f(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1/(2 \cdot 3) = 1/6; \quad f(\text{FeCl}_3) = 1/(1 \cdot 3) = 1/3.$$

Зная фактор эквивалентности и молярную массу вещества, можно рассчитать молярную массу эквивалента (\mathcal{E}) данного вещества, которую часто для краткости называют эквивалентом

$$\mathcal{E} = f \cdot M, \quad (2)$$

Понятие эквивалента является одним из важнейших в химии, так как позволяет проводить количественные расчеты при взаимодействии веществ, пользуясь законом эквивалентов: "Все вещества реагируют в строго эквивалентных соотношениях". Иными словами, если в химическую реакцию вступило эквивалентов одного вещества, то количество эквивалентов любого другого вещества вступившего с ним в реакцию, будет тоже. Так, 0.1 моль эквивалентов серной кислоты реагирует с 0.1 моль эквивалентов хлорида бария,

или 0.1 моль эквивалентов нитрата свинца, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида натрия, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида меди и т. д.

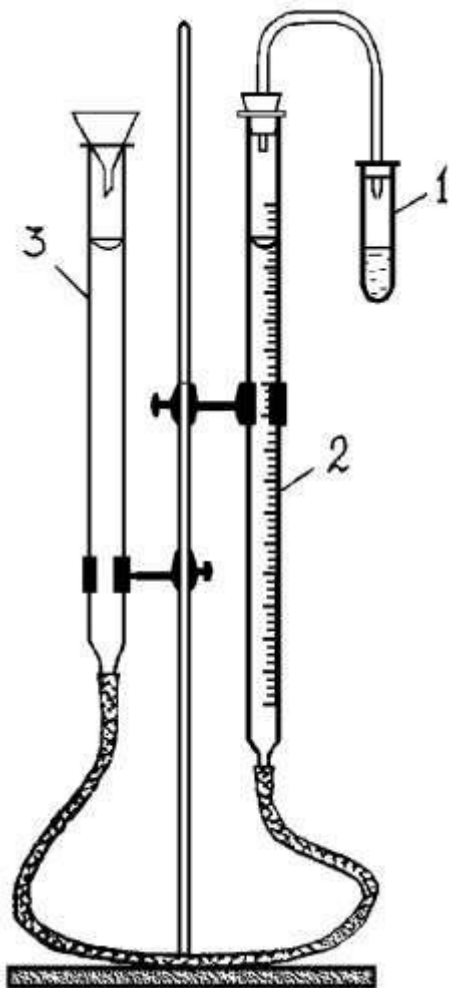
Количество эквивалентов вещества может быть рассчитано по формуле:

$$v_{(\text{эквивалентов})} = \frac{m_{(\text{в-ва})}}{\mathcal{E}_{(\text{в-ва})}} \quad (3)$$

Так как количества эквивалентов веществ, вступающих в реакцию, одинаково, то одной из формул, выражающих закон эквивалентов, может быть следующая:

$$\frac{m_{(\text{в-ва } 1)}}{\mathcal{E}_{(\text{в-ва } 1)}} = \frac{m_{(\text{в-ва } 2)}}{\mathcal{E}_{(\text{в-ва } 2)}} \quad (4)$$

Пользуясь этой формулой, можно практически определить молярную массу эквивалента вещества. Используемый метод основан на способности исследуемого вещества реагировать с кислотой: выделением газа (водорода или диоксида углерода). Работа проводится на приборе, изображенном на рисунке.



Прибор состоит из пробирки (1), бюретки (2) на 100 мл, заполненной водой или раствором хлорида натрия, стеклянной трубки и воронки (3), выполняющих роль уравнительного сосуда.

Пробирка соединена с бюреткой стеклянной трубкой, на концах надеты резиновые пробки, герметично закрывающие пробирку и бюретку. Нижний конец бюретки соединен с уравнительным сосудом резиновой "трубкой" длиной 40-50 мм. Перед работой испытайте герметичность прибора. Для этого поднимите воронку на 15-20 см, закрепите ее в этом положении и наблюдайте в течение 1-3 минут за постоянством уровня жидкости в бюретке. Если уровень остается постоянным, то прибор герметичен.

Опыт 1. Определение эквивалента металла

Получите у лаборанта исследуемый металл. В пробирку налейте 5-6 мл 10 % -ного раствора соляной кислоты. Навеску металла заверните в небольшую полоску фильтровальной бумаги, верхнюю часть бумажки полученного фунтика смочите водой и приложите к внутренней части пробирки так, чтобы после того, как пробирка будет закрыта пробкой, этот фунтик на 1-3 см был ниже края пробирки и не касался кислоты. Убедитесь, что прибор вновь герметичен. Установите бюретку и воронку так, чтобы положение воды в них было точно на одном уровне, но не выше нулевой отметки. Отметьте и запишите положение мениска в бюретке (при этом глаз должен находиться на уровне мениска). Наклоняя пробирку, добейтесь того, чтобы кусочки металла упали на дно пробирки. Наблюдайте выделение водорода и вытеснение воды в уравнительный сосуд. Когда весь металл растворится, дайте пробирке остыть, приведите положение воды в бюретке и воронке к одному уровню и точно отметьте положение мениска в бюретке. Разность двух отсчетов - до и после реакции металла с кислотой - дает объем водорода (**V**), выделившегося при данных условиях (**T** и **P**).

Форма записи результатов опыта

Навеска металла	<i>m</i>, г
Объем выделившегося водорода при данных условиях	<i>V</i>, мл
Температура опыта	<i>T</i>, К
Барометрическое давление	<i>P</i>, Па
Давление насыщенного водяного пара при температуре опыта	<i>h</i>, Па

Обработка результатов опыта

Пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона, рассчитайте массы выделившегося водорода:

$$m_{\text{H}_2} = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2}}{T \cdot R}, \text{ г},$$

где M_{H_2} - молярная масса водорода, 2 г/моль; T - температура опыта, К; R - газовая постоянная - 8.31 Дж/моль К; V_{H_2} - объем выделившегося водорода, мл; P_{H_2} - парциальное давление водорода, Па, рассчитанное по формуле: $P_{\text{H}_2} = P - h$, где P - атмосферное давление, Па; h - давление насыщенного водяного пара при данной температуре, Па (см. таблицу 1)

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{Па}$
11	1306	16	1813	21	2490
12	1400	17	1933	22	2640
13	1493	18	2066	23	2813
14	1600	19	2200	24	2986
15	1706	20	2333	25	3173

По закону эквивалентов определите молярную массу эквивалента металла:

$$\mathcal{E}_{\text{Me}} = \frac{m_{\text{Me}}}{m_{\text{H}_2}} \cdot \mathcal{E}_{\text{H}_2}, \text{ г/моль (ЭКВ)};$$

$$\mathcal{E}_{\text{H}_2} = f_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2} = 1/2 \cdot 2 \text{ г/моль} = 1 \text{ г/моль}.$$

Узнайте у преподавателя степень окисления растворенного вами металла, определите, какой это металл, и по таблице Д.И. Менделеева рассчитайте точную молярную массу эквивалента данного металла ($\mathcal{E}_{\text{точн.}}$).

Определите относительную погрешность опыта:

$$\Delta = \frac{\mathcal{E}_{\text{Ме}} - \mathcal{E}_{\text{точн.}}}{\mathcal{E}_{\text{Ме}}} \cdot 100\% .$$

Контрольные вопросы и задания.

1. Почему при определении молярной массы соли в бюретку заливают не воду, а раствор поваренной соли?
2. Почему при определении объема выделившегося газа необходимо выравнять уровни жидкости в бюретке и сообщающейся с ней трубке?
3. Какой оксид реагировал с 16г кислорода, если в реакцию вступило 64 грамма оксида, образованного элементом со степенью окисления 44, фактор эквивалентности оксида равен 1/2 ?
4. Определите эквивалент металла, 56 г которого прореагировали с раствором, содержащим 109.5 г соляной кислоты.
5. Зависит ли эквивалент химического элемента от степени окисления элемента или является постоянной величиной?

РАБОТА 3. Окислительно-восстановительные реакции

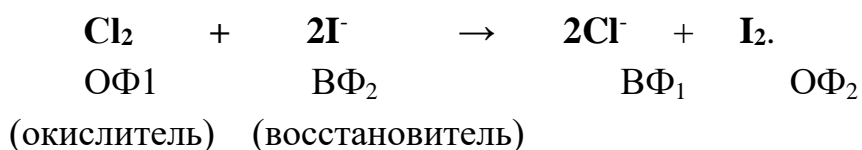
Цель работы - изучить окислительно-восстановительные свойства химических соединений, составить уравнения окислительно-восстановительных реакций, определить направление окислительно-восстановительных процессов по электродным потенциалам.

Окислительно-восстановительные процессы широко распространены в природе, они протекают в атмосфере и в магматических расплавах. Руды и минералы земной поверхности окисляются при воздействии O_2 , CO_2 и влаги, выветриваются, образуя гидроксиды, карбонаты, сульфаты. Например, пирит разлагается во влажном воздухе



с выделением серной кислоты. Растворы серной кислоты опускаются вниз, выделяя из сульфидов сероводород, который ниже уровня грунтовых вод в отсутствие кислорода восстанавливает серебро, мышьяк, висмут, медь.

Окислительно-восстановительные реакции сопровождаются перераспределением электронной плотности. Если частица отдает электроны, то степень окисления элемента повышается и он переходит в окисленную формы (ОФ), если принимает, то элемент переходит в восстановленную форму (ВФ). Обе формы составляют сопряженную окислительно-восстановительную пару. В каждой реакции участвуют две сопряженные пары:



Окислительно-восстановительная способность атомов и ионов характеризуется величиной их окислительно-восстановительного (электродного) потенциала, φ^0 ОФ/ВФ - стандартный электродный потенциал.

Располагая значениями электродных потенциалов, можно определить возможность и направление окислительно-восстановительных реакций, зная правило: сопряженная пара с более положительной величиной электродного потенциала выступает в качестве окислителя, а с отрицательной - в качестве восстановителя.

Пример. В каком направлении могут самопроизвольно протекать реакции:

- 1) $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \leftrightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$,
- 2) $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^- \leftrightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2$,

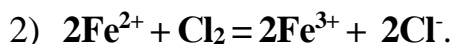
если известны величины стандартных потенциалов следующих пар:

ОФ/ВФ	$\text{I}_2/2\text{I}^-$	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$
$\varphi^0, \text{В}$	0.54	0.77	1.36

Решение. Увеличение активности ОФ наблюдается с ростом алгебраической величины.

I_2 , как ОФ с наименьшим значением, не может окислять ионы Fe^{3+} и Cl^- . Ионы Fe^{3+} могут окислять иодид-ионы, не способны окислять ионы Cl^- . Cl_2 является ОФ пары с наибольшим значением φ^0 и служит окислителем

для ионов Fe^{2+} . Поэтому первая реакция протекает в прямом направлении, а вторая - в обратном:



Опыт 1. Окислительные свойства нитрита натрия

В пробирку налейте 1 мл раствора иодида калия и столько же разбавленной серной кислоты, а затем - на кончике шпателя добавьте сухой соли нитрита натрия.

Отметьте выделение бесцветного газа NO , его побурение под действием кислорода воздуха, а также окраску образовавшегося раствора при выделении йода.

Напишите уравнение реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0 \text{I}_2/2\text{I}^- = 0.54 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NO}_2^-/\text{NO} = 0.99 \text{ В},$$

сравнивая эти потенциалы, решите, какая из двух пар будет играть роль восстановителя. Может ли в результате реакции образоваться диоксид азота?

Опыт 2. Восстановительные свойства нитрита натрия

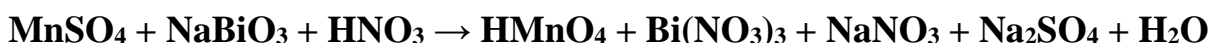
Налейте в пробирку 1 мл раствора перманганата калия и добавьте на кончике шпателя сухой соли нитрита натрия до изменения окраски раствора. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что перманганат-ион в нейтральной среде восстанавливается до диоксида марганца (IV), нитрит-ион окисляется до нитрат-иона, а среда становится щелочной (образуется KOH)

$$\varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = +0.62 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NO}_3^-/\text{NO}_2^- = -0.01 \text{ В},$$

сравнивая эти потенциалы, решить, какая из двух пар будет играть роль окислителя.

Опыт 3. Образование окрашенных перманганат-ионов

Ионы Mn окисляются висмутатом натрия в азотнокислой среде с образованием перманганат-ионов:



К 1-2 каплям сульфата марганца добавляют 4-5 капель раствора азотной кислоты и на кончике шпателя висмутата натрия.

Реакция протекает без нагревания. Как объяснить появление малиновой окраски?

$$\varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} = 1.51 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NaBiO}_3/\text{Bi}^{3+} = 1.8 \text{ В},$$

укажите окислитель и восстановитель.

Рассчитайте коэффициенты для проведенной реакции на основе электронного баланса.

Опыт 4. Окислительные свойства сульфита натрия

Налейте в пробирку 4-5 капель разбавленной серной кислоты, добавьте 2-3 капли раствора Na_2S и Na_2SO_3 на кончике шпателя. Наблюдать выделение серы в виде белой мути



Рассчитайте коэффициенты для этой реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0 \text{SO}_3^{2-}/\text{S} = 0.45 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{S}/\text{S}^{2-} = -0.48 \text{ В},$$

укажите окислитель и восстановитель.

Опыт 5. Окислительные свойства перманганата калия в различных средах

В три пробирки налить по 1 мл раствора перманганата калия.

В первую пробирку добавляют 1 мл разбавленной серной кислоты.

Во вторую пробирку наливают 1 мл воды.

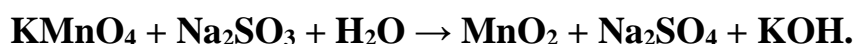
В третью пробирку помешают 1 мл щелочи.

Затем в каждую пробирку засыпают по половине стеклянной ложечки сухой соли сульфита натрия.

В первой пробирке образуется ион Mn^{2+}



Во второй пробирке получается диоксид марганца (IV)



В третьей пробирке восстановление протекает до MnO_4^{2-}



Подберите коэффициенты для уравнений методом электронного баланса

$$\begin{array}{ll} \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} = 1.51 \text{ В}; & \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = 0.62 \text{ В}, \\ \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = 0.56 \text{ В}; & \varphi^0 \text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-} = 0.22 \text{ В}. \end{array}$$

Установить, в какой среде перманганат калия является наиболее сильным окислителем.

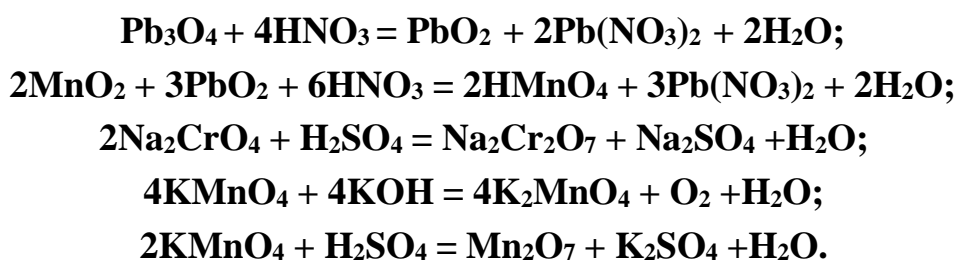
Опыт 6. Окислительные свойства дихромата калия.

Налейте в пробирку 1-2 мл раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, столько же разбавленной серной кислоты и добавьте несколько кристаллов сульфата железа до изменения окраски раствора. Напишите уравнение реакции, учитывая, что Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} , дихромат-ион восстанавливается до Cr^{3+}

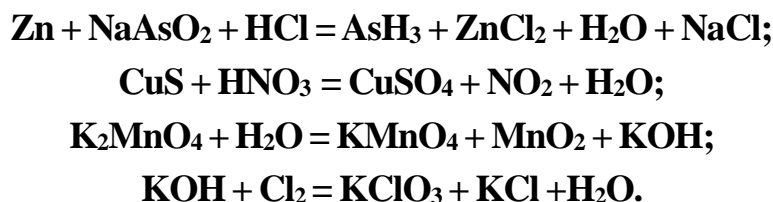
$$\varphi^0 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+} = 1.33 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0.77 \text{ В}.$$

Контрольные вопросы и задания

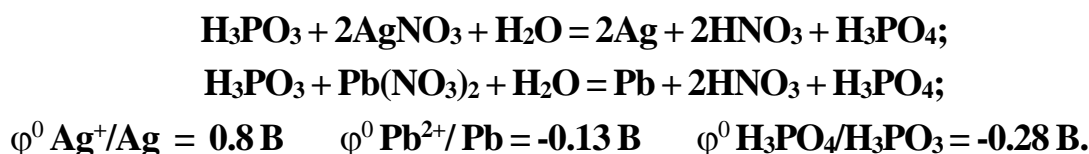
1. Какие из реакций являются окислительно-восстановительными, укажите для них окислитель, восстановитель и среду



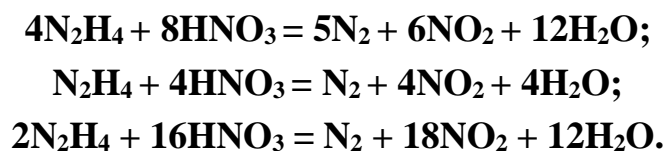
2. Рассчитайте коэффициенты для реакций



3. Какие из приведенных реакций могут протекать самопроизвольно?



4. Укажите, какое из уравнений соответствует реальному протеканию химической реакции?



Работа 1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе гальванических элементов, расчет значений ЭДС гальванических элементов и величин энергии Гиббса по значениям электродных потенциалов.

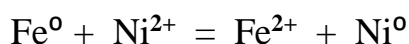
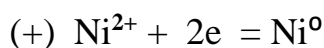
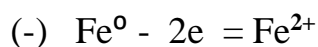
Химические источники электрической энергии имеют широкое распространение, т.к. для многих современных машин, аппаратов и транспорта требуются автономные источники электрической энергии. Любое горное предприятие используют химические источники тока. Простейший пример химического источника тока - гальванический элемент.

В гальванических элементах протекают процессы превращения химической энергии окислительно-восстановительных реакций в электрическую.

Электрохимическая схема гальванического элемента.



Отрицательным полюсом (анодом) этого гальванического элемента является железо, поскольку его электродный потенциал меньше потенциала никеля.



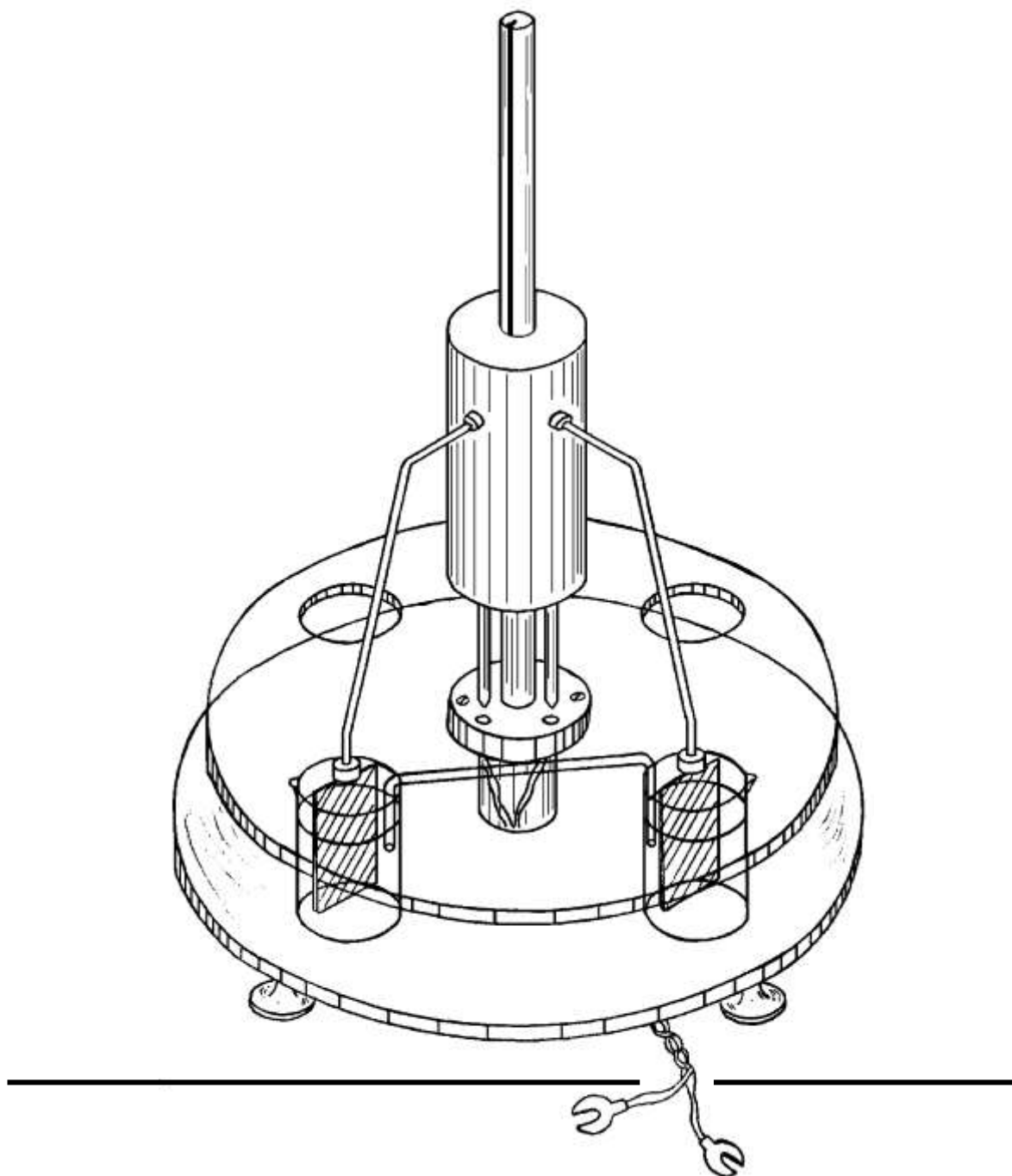
Электродвижущая сила(ЭДС) гальванического элемента определяется по равности электродных потенциалов: ЭДС = $\varphi_{(+)} - \varphi_{(-)}$, соответствующих процессам, протекающим на положительном и отрицательном полю-

сах гальванического элемента. Пользуясь таблицей стандартных электродных потенциалов, можно определить ЭДС этого гальванического элемента:

$$E = \varphi_{\text{ок}}^0 - \varphi_{\text{вос}}^0 = \varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 - \varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0.25 - (-0.44) = 0.19 \text{ В}$$

Изменение энергии Гиббса ΔG_{298}^0 связано с ЭДС гальванического элемента соотношением $\Delta G_{298}^0 = -nFE$, где n - число электронов, принима-

Общий вид установки для измерения электродвижущей силы гальванического элемента в рабочем состоянии



ющих участие в реакции; F - постоянная Фарадея (96500 Кл/моль);
 E - ЭДС гальванического элемента.

Опыт 1. Медно - цинковый гальванический элемент.

В два химических стаканчика налейте равные объемы растворов сульфата цинка ($C_M = 1$ моль/л) и сульфата меди ($C_M = 1$ моль/л). Опустите пластинки цинка и меди в растворы собственных солей. Растворы соедините электролитическим ключом - жидкостным мостиком, заполненным на-

сыщенным раствором хлорида калия. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

1. Напишите: электрохимическую схему полученного гальванического элемента; процессы, протекающие на отрицательном и положительном полюсах гальванического элемента; суммарную окислительно-восстановительную реакцию в ионной и молекулярной формах.

2. Укажите направление перехода электронов во внешней цепи.

3. По значениям электродных потенциалов рассчитайте ЭДС гальванического элемента.

4. Запишите показание гальванометра в вольтах (В) и сравните его с расчетным значением ЭДС.

Последующие опыты 2, 3 и 4 оформите по той же схеме (пункты 1-4).

Опыт 2. Медно-свинцовый гальванический элемент

Опустите в растворы собственных солей пластинки из меди и свинца. Концентрации растворов задаются преподавателем. Соедините растворы электролитическим ключом. Присоедините провода внешней цепи к гальванометру. Наблюдайте отклонение стрелки гальванометра, указывающее на возникновение электрического тока.

Опыт 3. Медно-кадмиевый гальванический элемент.

В один стаканчик налейте раствор сульфата кадмия ($C_M = 1$ моль/л), а в другой налейте раствор сульфата меди ($C_M = 1$ моль/л). Погрузите в эти растворы соответственно пластинки из кадмия и меди, соедините электролитическим ключом. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

Опыт 4. Свинцово-цинковый гальванический элемент.

Налейте в два химических стаканчика равные объемы растворов солей свинца (II) и цинка, их концентрации задаются преподавателем. Опустите в них соответственно пластинки свинца и цинка. С помощью электролитического ключа соедините растворы солей. Подключите во внешнюю цепь гальванометр.

Контрольные вопросы и задания.

1. Объясните, почему показания гальванометра отличаются от расчетного значения ЭДС?

2. Каким образом можно добиться возрастания ЭДС в гальванических элементах?

3. Какие изменения концентрации растворов солей на электроде - окислителе и электроде - восстановителе приводят к увеличению и уменьшению ЭДС?

4. Халькопирит ($\varphi = 0.42$ В) растворяется в природных водах чрезвычайно медленно. Почему при контакте с пиритом ($\varphi = 0.7$ В) этот процесс ускоряется?

5. Рассчитайте значение ЭДС и энергии Гиббса медно-цинкового гальванического элемента, если концентрация раствора сульфата цинка равна 0.5 моль/л, а концентрация сульфата меди равна - 2 моль/л.

6. Приведите примеры двух гальванических элементов, в одном из которых железо будет отрицательным полюсом (анодом), а в другом будет положительным полюсом (катодом).

Работа 2. ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ.

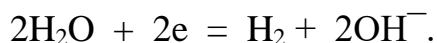
Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при электролизе водных растворов солей с инертным и растворимым анодами, запись процессов, происходящих на катоде и аноде.

Практически нет ни одной отрасли техники, где бы не применялся электролиз. При выполнении строительных работ проводят электрохимическую обработку глинистых грунтов, при обогащении полезных ископаемых прибегают к электрохимическому кондиционированию флотационной пульпы. В том случае, когда другие методы не обеспечивают необходимой степени очистки воды, используют электрохимическую обработку производственных сточных вод пропусканием через электрокоагуляторы с электродами из железа или алюминия.

При электролизе рассматриваются процессы на электродах: катоде, заряженном отрицательно, и аноде, заряженном положительно. Внешний источник тока выполняет роль своеобразного электронного насоса, который “нагнетает” электроны на катод и “откачивает” электроны с анода. Когда потенциалы электродов достигают определенных значений, на них становится возможным заряд ионов или молекул из раствора - начинается электролиз.

Катодные процессы: На катоде в первую очередь протекает тот процесс восстановления, потенциал которого более положителен. При электролизе водных растворов на катоде выделяются все металлы, потенциалы которых положительнее, чем -1.0 В.

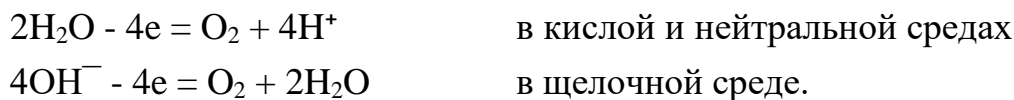
Если в растворе находятся лишь ионы металлов, более активных чем марганец, потенциалы которых отрицательнее, чем -1.0 В, на катоде выделяется водород из воды по реакции:



Анодные процессы: на нерастворимых анодах из Pt, Ti, C происходит процесс окисления того восстановителя, потенциал которого более отрицателен. Практически: если в растворе имеются анионы I^- , Br^- , Cl^- , не содержащие кислород, то они окисляются с выделением I_2 , Br_2 , Cl_2 , соответственно.



Если же в растворе имеются лишь ионы F^- , или анионы, содержащие кислород, потенциал которых больше 2.0 В, то на аноде выделяется кислород из воды по реакции:



В зависимости от окисляемости материала анода различают процессы с растворимым и нерастворимым (инертным) анодом. Растворимые аноды (большинство металлов) в ходе электролиза окисляются, посылая свои ионы в раствор. Например: $\text{Cu} - 2e = \text{Cu}^{2+}$, $\text{Ni} - 2e = \text{Ni}^{2+}$. Инертные электроды при электролизе окислению не подвергаются. К числу наиболее распространенных инертных анодов относятся электроды из платины, графита, титана.

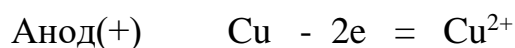
Примеры электролиза водных растворов солей

1. Электролиз водного раствора SnCl_2 , анод Pt



2. Электролиз водного раствора CuSO_4 , анод Cu





Опыт 1. Электролиз водного раствора сульфата натрия с графитовым анодом

Получите электролизер, заполненный раствором сульфата натрия, с графитовыми электродами и пропустите постоянный электрический ток напряжением 12 В. Через 1-2 минуты сравните интенсивность выделения пузырьков газа на электродах, определите расположение катода и анода.

В околокатодное пространство налейте несколько капель фенолфталина, а в околоанодное - лакмуса. Окраска индикаторов должна измениться. Объясните наблюдаемое явление, составив электронно - ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде, и указывая стандартные значения окислительно - восстановительных потенциалов.

Опыт 2. Электролиз водного раствора иодида калия с графитовым анодом

Получите электролизер, заполненный раствором иодида калия с графитовыми электродами, присоедините электроды к сети постоянного тока. Через 1-2 минуты наблюдайте изменение окраски раствора.

Запишите результаты опыта, составив электронно-ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде с указанием величин стандартных окислительно-восстановительных потенциалов. Объясните, почему и у какого электрода появилась окраска, почему на катоде не выделяется металлический калий.

Опыт 3. Электролиз водных растворов сульфатов кадмия, меди, никеля, цинка, нитрата свинца.

Получите электролизеры, заполненные водными растворами солей, присоедините графитовые электроды к сети постоянного тока. Пропускайте электрический ток в течение получаса, пока на одном из электродов не появится налет металла.

Поменяйте полюса на электродах, т.е. произведите переплюсовку электродов поворотом вилки относительно розетки. Снова пропускайте электрический ток.

Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов с указанием величин стандартных электродных потенциалов, протека-

ющих при электролизе всех солей: а) с графитовым анодом; б) с соответствующим металлическим анодом.

Контрольные вопросы и задания

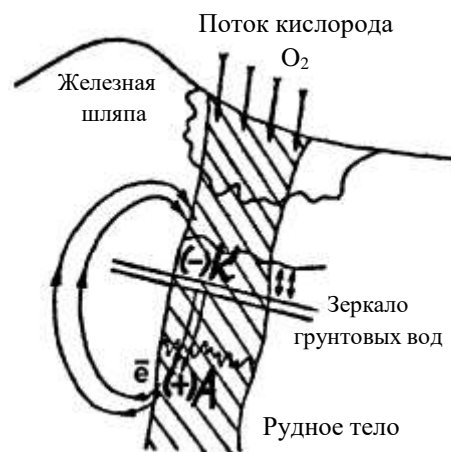
1. Если на электродах могут протекать несколько электрохимических процессов, то какой из них реализуется и что является критерием, определяющим его преимущество?

2. В какой последовательности должны разряжаться на катоде ионы Ag^+ , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Sn^{2+} , если в растворе они содержатся в одинаковой концентрации? Чем эта последовательность определяется?

3. Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов, происходящих на медных электродах при электролизе водного раствора нитрата калия.

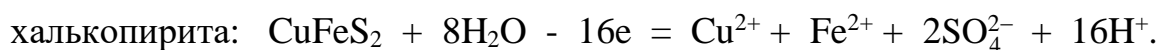
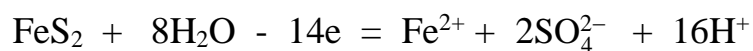
4. При электролизе водного раствора соли значение рН в приэлектродном пространстве одного из электродов возросло. Раствор какой соли подвергся электролизу: а) CdSO_4 ; б) CuCl_2 ; в) KBr ?

5. Рудное тело, содержащее сульфидные минералы в количестве, достаточном для того, чтобы обеспечить электропроводность, можно рассматривать как нерастворимый электрод в поле Земли. В грунтовых водах, окружающих рудное тело, концентрация электролитов изменяется с глубиной. Верхний конец проводника играет роль катода, а нижний - анода. Катионы подъемных вод перемещаются к катоду, а ионы - к аноду, как показано на приведенной схеме.

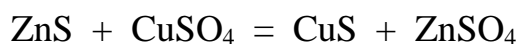


На *а н о д е* происходит окисление, минералы теряют электроны и переходят в раствор.

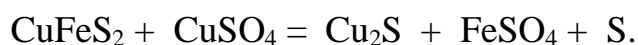
Например, растворение пирита характеризуется уравнением:



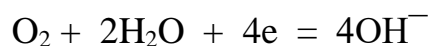
Образующиеся ионы меди (II) вступают в обменные реакции создают так называемую зону вторичного обогащения. Сфалерит замещается ковेलлином:



халькопирит обогащается медью за счет образования халькозина:



На *к а т о д е* происходит восстановление. Из нескольких возможных катодных процессов протекает тот, потенциал которого более положителен. Катодные процессы в верхней части рудного тела заключается в потреблении электронов, высвободившихся на аноде и переместившихся на катод. Здесь могли бы восстанавливаться катионы, но в первую очередь реагирует атмосферный кислород, приток которого осуществляется непрерывно, а потенциал намного положительнее, чем у прочих участников геохимического процесса.



а) используя уравнение ионно-электронного баланса, составьте суммарную реакцию растворения пирита в молекулярном виде;

б) какова среда (значение водородного показателя) рудничных вод каменноугольных шахт, если уголь содержит примеси сульфидов?

в) составьте уравнение электронного баланса для приведенной выше реакции взаимодействия халькопирита и сульфата меди с образованием халькозина.

Работа 3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

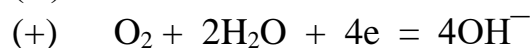
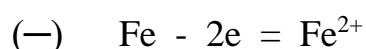
Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе коррозионных гальванопар.

Десятки миллионов тонн металла ежегодно теряются вследствие коррозии. Горное дело является одним из наиболее металлоемких производств. Вполне возможно сократить потери от коррозии за счет лучшего понимания горными инженерами важнейших физико - химических закономерностей коррозии. Чаще всего разрушение металлов вызывается электрохимической коррозией, которая является результатом эксплуатации металлического оборудования при повышенном содержании коррозионно-активных веществ в шахтах, на карьерах и в горных породах.

Электрохимическая коррозия происходит в средах, проводящих электрический ток, сопровождается направленным движением электронов и ионов. Электролиты могут содержаться даже в тонком невидимом слое влаги, адсорбированной из воздуха поверхностью металла. Реальная поверхность твердых металлов неоднородна. Различные примеси в металле, его структурная неоднородность, механическая деформация металла, различие концентраций коррозионных агентов в растворах, контактирующих с металлом - все это приводит к тому, что на одних участках поверхности корродирующего металла идет процесс окисления металла (анодный процесс), а на других - процесс восстановления окислителя (катодный процесс).

Схема электрохимической коррозии становится таким образом аналогичной схеме работы короткозамкнутого гальванического элемента, в котором протекает анодное окисление металла и катодное восстановление окислителя. В литературе по коррозии окислитель обычно обозначают специальным термином *деполяризатор*. Самыми распространенными деполяризаторами в процессах электрохимической коррозии являются растворенный кислород и ионы водорода. Соответственно различают процессы с кислородной и водородной деполяризацией.

С кислородной деполяризацией корродируют металлы, находящиеся во влажной атмосфере, в воде, нейтральных растворах солей, во влажном грунте. Это самый распространенный тип коррозионных процессов.

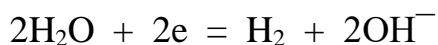




В процессах коррозии с *водородной деполяризацией* окисление металла происходит под действием ионов водорода:



в кислой среде;



в щелочной и нейтральной средах.

Коррозия с водородной деполяризацией преобладает в следующих условиях: для большинства металлов в растворах кислот, для очень активных металлов в нейтральных растворах (например, коррозия магния в воде и растворах хлорида натрия), для амфотерных металлов (например, олово, цинк, алюминий) в растворах щелочей.

Коррозию значительно замедляет поляризация. Концентрационная поляризация - накопление ионов металла на аноде и недостаточно быстрое связывание электронов, поступающих на катод, вследствие уменьшения концентрации окислителя в растворе. Газовая поляризация - слой адсорбированного водорода на поверхности катода, затрудняющий дальнейшее восстановление, если окислителями были ионы водорода.

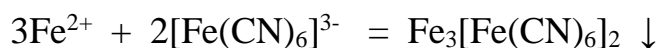
Во многих случаях металл предохраняет от коррозии образующаяся на его поверхности стойкая нерастворимая оксидная пленка. Однако, некоторые анионы, например, хлориды, разрушают такие пленки за счет связывания катионов металлов прочные комплексные ионы, растворимые в воде, которые легко удаляются с поверхности металла тем самым усиливая коррозию.

Коррозию замедляют введением в жидкую фазу ингибиторов. Ингибиторы образуют с металлом нерастворимые соединения-соли или прочно связанные поверхностные соединения и таким образом предохраняют поверхность от дальнейшего окисления. Ингибиторы как бы наносят на поверхность металла слой масляной краски толщиной в одну молекулу.

Опыт 1. Коррозия оцинкованного и луженого железа в кислой среде

В две пробирки наливают по 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Затем кусочек пластинки из оцинкованного железа помещают в первую пробирку, а во вторую - кусочек пластинки из луженого железа (покрытого оловом). В обе пробирки доливают по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, с помощью которого можно обнаружить Fe^{2+} , которые образу-

ются при коррозии железа. Ион Fe^{2+} с этим реактивом дает характерное синее окрашивание в соответствии с реакцией:



Через несколько минут наблюдать растворение железа в кислоте, замечая синее окрашивание на срезах одной из пластинок.

Результаты опыта занести в таблицу:

	Оцинкованное железо	Луженое железо
Коррозионная гальванопара		
Процессы (-)		
на полюсах (+)		
Суммарная реакция		
Синеет через минуту		

В строке "коррозионная гальванопара" запишите электрохимическую схему гальванического элемента.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии оцинкованного и луженого железа и может ли быть использован цинк в качестве протектора для защиты стального оборудования.

Слейте кислоту в стакан для слива кислот осторожно, не теряя кусочков железа. Налить воды в пробирки и промыть 2 раза кусочки металла от кислоты, не доставая их из пробирок.

Опыт 2. Коррозия оцинкованного и луженого железа в нейтральной среде.

В две пробирки с кусочками металла из опыта 1 наливают по 2-3 мл раствора хлорида натрия и добавляют в каждую по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия.

Через несколько минут замечают синее окрашивание на боковых срезах одной из пластинок.

Результаты опыта запишите в такую же таблицу, как и в первом опыте.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии.

Опыт 3. Растворение химически чистого цинка и цинка, частично покрытого медью, в серной кислоте

В пробирку помещают гранулу химически чистого цинка и 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Начавшееся растворение цинка через некоторое время замедляется или прекращается совсем.

В другую пробирку наливают 2-3 мл раствора сульфата меди и опускают такую же гранулу цинка. Через 4-5 минут осторожно сливают раствор и промывают омедненный цинк 2-3 раза водой. Воду сливают, добавляют 2-3 мл разбавленной серной кислоты и наблюдают выделение газообразного водорода.

Результаты опыта запишите в виде ответов на следующие вопросы:

1. Объясните, почему замедляется растворение химически чистого цинка в серной кислоте?
2. Составьте электрохимическую схему коррозионной гальванопары, образованной цинком и металлической медью, выделившейся на его поверхности.
3. Запишите процессы, происходящие у полюсов этой коррозионной гальванопары.
4. Сделайте вывод, почему происходит ускорение растворения цинка в контакте с медью.

Опыт 4. Действие ингибитора коррозии

В две пробирки налить 2-3 мл разбавленной серной кислоты, в одну из них добавляют 1 мл раствора уротропина. В две пробирки поместить по несколько кусочков железных стружек. Объясните разницу в действии на металлы обычной ингибированной кислоты.

Опыт 5. Действие стимулятора коррозии

В две пробирки поместить по кусочку алюминиевой **пластинки** и добавить по 1-2 мл водного раствора сульфата меди. В одну из пробирок всыпать микрошпатель (щепотку) сухого хлорида натрия. Следить, как влияет добавка его на коррозию алюминия.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какое покрытие металла называют анодным и какое катодным? Назовите металлы, которые можно использовать для анодного и катодного покрытия железа во влажном воздухе и в сильноокислой среде.

2. Железное изделие покрыли свинцом. Какое это покрытие: анодное или катодное? Почему? Составьте уравнение анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении цельности покрытия во влажном воздухе и в растворе соляной кислоты. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

3. Почему некоторые достаточно активные металлы, например, алюминий, не корродируют на воздухе? Назовите другие металлы с аналогичными свойствами.

4. Одинаково ли отношение к коррозии технического и химически чистого металла? чем вызывается коррозия конструкционной стали?

5. Какое железо корродирует быстрее: находящиеся в контакте с оловом или медью? Мотивируйте ваш выбор.

6. Величины электродных потенциалов металлов уменьшается при повышении рН среды. Объясните, почему при изменении нейтральной среды на щелочную коррозионная устойчивость железа, меди, магния и ряда других металлов увеличивается, а алюминия, хрома, цинка, олова уменьшается

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

БД.06 ХИМИЯ

Специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Екатеринбург

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для студентов высших технических учебных заведений изучение химии составляет часть учебной программы по избранной специальности. Причем такими специальностями в горном университете являются практически все, имеющие отношение к поиску, разведке, добыче и обогащению полезных ископаемых.

Дело в том, что химия, также как математика, физика является фундаментальной наукой. Практически в любой отрасли горного дела приходится сталкиваться с технологическими свойствами различных веществ, например, с их твердостью, прочностью, активностью при взаимодействии с другими веществами или устойчивостью к внешним условиям. В отечественной и зарубежной практике ведения горных работ все более широкое применение находит высокопроизводительная разработка месторождений полезных ископаемых, обеспечивающая полное извлечение и охрану недр с меньшими затратами на добычу минерального сырья и снижение отрицательного влияния на окружающую природную среду. Поэтому химия, как наука, имеет важное значение в образовательном процессе студентов специальности «Горные машины и оборудование», будущая профессиональная деятельность которых связана с решением вопросов технологии и техники экологически безопасной разработки месторождений в условиях высокопроизводительной механизированной добычи полезных ископаемых.

Успешный поиск и разведка месторождений полезных ископаемых, оценка пригодности водного бассейна к практическому использованию, идентификация вещества, определение возраста горных пород, проектирование и создание высокотехнологичного горного оборудования тесно связаны с химической наукой. Уровень компетентности горного инженера будет несомненно выше, если он освоит в вузе и сумеет использовать в своей производственной деятельности базовые знания в области химии.

Глава 1

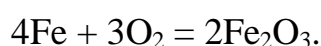
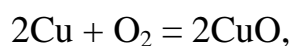
КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1.1. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И МИНЕРАЛЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Вещества, окружающие нас в природе и представленные в земной коре, принято делить на простые и сложные. Простые вещества состоят из атомов одного химического элемента, сложные – из атомов различных элементов.

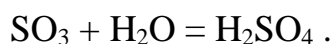
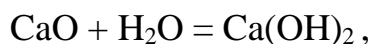
Традиционно простые вещества по физическим и химическим свойствам подразделяют на две группы: металлы и неметаллы. Для металлов обычно характерны металлический блеск, ковкость, тягучесть – свойства, как правило, отсутствующие у неметаллов. Однако основным критерием принадлежности простого вещества к той или иной группе является химический характер соединений, образующихся в результате взаимодействия этого вещества с кислородом и водой.

Среди сложных веществ, состоящих из атомов различных элементов, выделяют химические соединения неорганического и органического происхождения. В свою очередь, например, неорганические соединения могут классифицироваться по составу или по свойствам (функциональным признакам). Так, по составу возможно деление на бинарные, состоящие из атомов двух элементов, и многоэлементные соединения. К бинарным соединениям относятся оксиды, образующиеся при взаимодействии атомов химического элемента с кислородом:



Важную группу сложных по составу соединений образуют гидроксиды. Гидроксиды можно рассматривать как соединения оксидов с водой. При этом

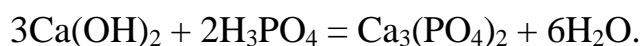
оксиды металлов обычно образуют основания, а оксиды неметаллов – кислоты:



В состав молекулы основания входят ион металла и соответствующее его заряду число групп OH^- . Многие основания мало растворимы в воде. Хорошо растворимые основания, такие как NaOH , KOH , называют щелочами.

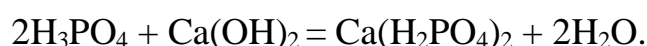
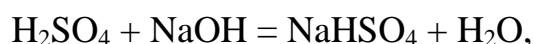
Молекулы кислот содержат один или несколько ионов водорода и кислотный остаток.

Между собой кислоты и основания реагируют с образованием солей, например:



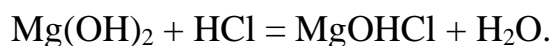
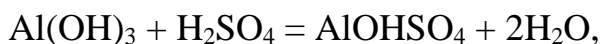
Соль, молекула которой содержит основной остаток без ионов OH^- (ион металла) и кислотный остаток без ионов H^+ является средней. С учетом зарядов остатков составляют формулу соли, помня, что молекула любого вещества электрически нейтральна. Так, основной остаток Ca^{2+} образует с кислотным остатком PO_4^{3-} среднюю соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

В тех случаях, когда для нейтрализации кислоты взято недостаточно основания, часть ионов водорода кислоты остается незамещенной на ионы металла. Образующиеся при этом соли, содержащие незамещенные ионы водорода исходной кислоты, называют кислыми. Например, кислые соли NaHSO_4 и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ могут быть получены следующим образом:



В противоположном случае, при недостатке кислоты, образуются основные соли, содержащие гидроксильные группы исходного основания, не

замещенные на кислотные остатки. Например:

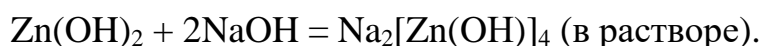
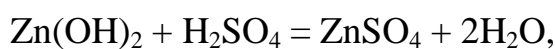


Очевидно, что основные соли образуются основаниями, в состав молекулы которых входит несколько групп OH^- . Соответственно, образование кислых солей возможно для тех кислот, в молекуле которых более одного иона водорода.

Кроме средних, кислых и основных известны двойные соли, примерами которых могут служить $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$. Как видно из приведенных формул, двойная соль содержит одновременно либо разные металлы при одном и том же кислотном остатке, либо разные кислотные остатки при одном и том же ионе металла.

Помимо основных и кислотных оксидов с соответствующими им гидроксидами известны амфотерные оксиды и гидроксиды, способные проявлять как кислотные, так и основные свойства.

Амфотерные гидроксиды, например, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Sb}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, образуют соли при взаимодействии как с кислотами, так и с основаниями. При взаимодействии с кислотами амфотерные гидроксиды проявляют свойства оснований, а при взаимодействии с основаниями - свойства кислот:



Большинство рассмотренных выше типов неорганических соединений встречается в земной коре в виде минералов. Агрегаты из различных минералов представляют собой горные породы. Известно, что в земной коре со-

держится около 3000 минералов. В таблице 1.1 приведены наиболее распространенные из них.

Таблица 1.1

Распространенные минералы земной коры

Название минерала	Химическая формула	Название минерала	Химическая формула
Кальцит	CaCO_3	Гематит	Fe_2O_3
Халькопирит	CuFeS_2	Малахит	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$
Киноварь	HgS	Пирит	FeS_2
Корунд	Al_2O_3	Перовскит	CaTiO_3
Флюорит	CaF_2	Кварц	SiO_2
Галенит	PbS	Тальк	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Бирюза	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Галит	NaCl	Вульфенит	PbMoO_4
Доломит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	Апатит	$\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$

Каждый минерал обладает определенным химическим составом, исходя из которого он может быть отнесен к конкретному классу химических соединений. Так, состав минерала галенита PbS отвечает средней соли, доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и апатита $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$ - двойной соли, а состав малахита $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ - основной соли. Есть минералы, являющиеся по своему составу гидроксидами: сассолин H_3BO_3 - кислотный гидроксид, брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ - основной гидроксид. Любой минерал характеризуется вполне определенными химическими свойствами, соответствующими свойствам того класса соединений, к которому он может быть отнесен. Поэтому, например, ориентируясь в химических свойствах солей, как класса соединений, можно охарактеризовать типичные химические свойства всех тех минералов, состав которых выражается формулой соли.

1.2. НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Номенклатура неорганических соединений – важная часть знаний в области химии. Название химического соединения может отражать его состав, т.е. эмпирическую формулу. Такое название относят к систематическим. В настоящее время общепринятой является систематическая номенклатура Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Кроме систематических на практике применяются устоявшиеся традиционные или тривиальные (условные) названия.

Рассмотрим примеры систематической номенклатуры различных соединений, сопровождая их традиционными названиями.

Оксиды. В номенклатуре ИЮПАК оксидам придают характерный суффикс «ид». Для отражения стехиометрии возможны два варианта: либо указывать степень окисления римскими цифрами, либо использовать префиксы, образованные от греческих числительных. Например:

NO – оксид азота (II) (монооксид азота); NO₂ – оксид азота (IV) (диоксид азота); N₂O₅ – оксид азота (V) (пентаоксид диазота);

Fe₃O₄ – оксид железа (III) (тетраоксид трижелеза);

CO – оксид углерода (II) (монооксид углерода); CO₂ – оксид углерода (IV) (диоксид углерода).

Термин «смешанные оксиды» не рекомендуется, следует использовать название «двойные оксиды». Названия двойных оксидов можно образовать следующим образом: Cr₂CuO₄ – оксид меди (II) – дихрома (III) или тетраоксид меди – дихрома.

Основания. Названия основных гидроксидов образуются из слова «гидроксид» и названия элемента в родительном падеже. После названия элемента, способного проявлять в химических соединениях различную степень окисления, в скобках римскими цифрами указывается ее значение. Например:

LiOH – гидроксид лития, Ba(OH)₂ – гидроксид бария, Fe(OH)₂ – гид-

роксид железа (II), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - гидроксид железа (III), $\text{Mn}(\text{OH})_4$ – гидроксид марганца (IV).

Кислоты. Названия кислот, не содержащих в своем составе кислород, образуют как для соединений водорода, придавая анионам суффикс «ид»: HCl – хлорид водорода, H_2S – сульфид водорода, HCN – цианид водорода, HN_3 – азид водорода. Наряду с систематическими названиями в современной номенклатуре сохраняются и традиционные названия. Так, водные растворы галогенидов водорода называют: HF – фтороводородная кислота (плавиковая кислота), HCl – хлороводородная кислота (соляная кислота), HI – иодоводородная кислота.

Кислоты, образованные из многоатомных анионов, чаще всего являются кислородсодержащими кислотами. Для этих кислот обычно применяются традиционные несистематические названия. В табл. 1.2 приведены названия наиболее известных кислот и их солей.

Названия солей составляют из названия аниона кислоты в именительном падеже и названия катиона в родительном падеже (хлорид натрия, сульфат меди и т. п.). При этом название аниона производят от корня латинского наименования образующего кислоту элемента. Степень окисления иона металла указывают, если необходимо, римскими цифрами в скобках.

В случае бескислородных кислот название аниона имеет окончание «ид». Например, соли NaBr , FeS , KCN соответственно называются бромид натрия, сульфид железа (II), цианид калия.

Названия анионов кислородсодержащих кислот получают окончания и приставки в соответствии со степенью окисления образующего кислоту элемента. Высшей степени окисления («... ная» или «... овая» кислота) отвечает окончание «ат». Так, соли серной кислоты H_2SO_4 называются сульфатами, хромовой H_2CrO_4 - хроматами и т. д. Более низкой степени окисления («... истая» кислота) соответствует окончание «ит». Например, соли сернистой кислоты H_2SO_3 - сульфиты, азотистой HNO_2 - нитриты и т. д.

Распространенные кислоты и их соли

Кислота		Названия соответствующих средних солей
формула	название	
HNO_3	Азотная	Нитраты
HNO_2	Азотистая	Нитриты
H_3BO_3	Борная	Бораты
H_2SiO_3	Кремниевая	Силикаты
HMnO_4	Марганцовая	Перманганаты
H_3PO_3	Фосфористая	Фосфиты
HPO_3	Метафосфорная	Метафосфаты
H_3PO_4	Ортофосфорная	Ортофосфаты (фосфаты)
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Пирофосфорная	Пирофосфаты
H_3AsO_3	Мышьяковистая	Арсениты
H_3AsO_4	Мышьяковая	Арсенаты
H_2SO_3	Сернистая	Сульфиты
H_2SO_4	Серная	Сульфаты
H_2CO_3	Угльная	Карбонаты
HF	Плавиковая	Фториды
HClO_4	Хлорная	Перхлораты
HClO_3	Хлорноватая	Хлораты
HClO	Хлорноватистая	Гипохлориты
HCl	Соляная	Хлориды
H_2CrO_4	Хромовая	Хроматы

В том случае, если существует кислота с еще более низкой степенью окисления кислотообразующего элемента («... оватистая» кислота), ее анион получает приставку «гипо» и окончание «ит». Так, соли хлорноватистой кислоты HClO называют гипохлоритами.

Соли некоторых кислот в соответствии с исторически сложившейся

традицией сохранили названия, отличающиеся от систематических. Например, соли марганцевой (HMnO_4), хлорной (HClO_4), йодной (HIO_4) кислот называют соответственно перманганатами, перхлоратами и периодатами. В связи с этим соли марганцовистой (H_2MnO_4), хлорноватой (HClO_3) и йодноватой (HIO_3) кислот носят названия манганатов, хлоратов и йодатов.

Названия кислых солей образуют так же, как и средних, но при этом добавляют приставку «гидро», указывающую на наличие незамещенных атомов водорода, число которых обозначают греческими числительными (ди, три и т. д.). Например, $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ - гидрокарбонат бария, NaH_2PO_4 дигидро-ортофосфат натрия, KHS - гидросульфид калия.

Названия основных солей тоже образуют подобно названиям средних солей, но при этом добавляют приставку «гидроксо», указывающую на наличие незамещенных гидроксогрупп. Так, FeOHCl - хлорид гидроксожелеза (II), $(\text{NiOH})_2\text{SO}_4$ сульфат гидроксоникеля (II), $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ - нитрат ди-гидроксоалюминия.

1.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Напишите химические формулы следующих соединений:

а) хлорид железа (III), фосфат натрия, хлорид бария, хромат калия, сульфат железа (II), гидроксид калия, хлорид стронция, серная кислота, нитрат кобальта (II), гидроксид бария, бромид марганца (II), сульфид аммония;

б) нитрат свинца (II), сероводород, сульфат натрия, нитрат серебра, хлорид титана (IV), нитрат серебра, хлорид висмута (III), сульфид натрия, сульфат никеля (II), нитрит свинца, хлорид натрия, хлорид алюминия, сульфат серебра, фосфат цезия, сульфат алюминия, нитрат железа (II), фосфат кальция;

в) соляная кислота, сульфид сурьмы (III), силицид магния, серная кислота, фосфид кальция, азотная кислота, карбид кальция, нитрид магния, арсенид цинка, карбид алюминия, фосфорная кислота, гидросульфат натрия,

сернистая кислота, гидрокарбонат кальция, бромистоводородная кислота, цианид натрия, оксалат калия;

г) хлорид аммония, гидроксид лития, диоксид углерода, сульфид рубидия, ортофосфат натрия, сульфат меди, нитрат алюминия, нитрат цинка, хлорид магния, сульфид хрома (III), оксалат железа (II).

2. Назовите следующие химические соединения:

а) NaClO_3 , K_3PO_4 , TiBr_3 , $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{CN})_2$, CaO , NaBr , $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, MnO_2 , H_2SO_4 , Na_2S , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KCO_4 , $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$, MgI_2 , NaNO_2 , NH_4OH ;

б) H_2S , MnS , HNO_3 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, NO , Cu_2O , NO_2 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, PbO_2 , HMnO_4 , H_2SeO_3 , SnCl_2 , Na_2WO_4 , SnCl_4 , Na_2CrO_4 , ClO_2 , Hg_2SO_4 , AsH_3 , Na_2SO_3 .

Глава 2

НАПРАВЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ В ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Горение угля – пример одной из многих реакций, протекающих с выделением энергии. Согласно закону сохранения, энергия не исчезает бесследно и не возникает из ничего. Поэтому тепловая энергия, выделяемая при горении, поступает в окружающую среду. Такие химические реакции, сопровождающиеся выделением теплоты в окружающую среду, называются **экзотермическими**. Противоположные им в этом отношении процессы, протекающие с поглощением теплоты, являются **эндотермическими**.

Многие химические реакции, в частности реакции, протекающие на поверхности земной коры, идут при практически постоянном атмосферном давлении. Для химических реакций, происходящих при постоянном давлении, пользуются специальной термодинамической функцией, называемой "**энтальпия**" (обозначается латинской буквой H). Дело в том, что **изменение энтальпии (ΔH) в ходе процесса, протекающего при постоянном давлении, равно количеству тепловой энергии, выделяемой или поглощаемой системой в ходе этого процесса.**

Рассмотрим такой пример. Один моль каменного угля при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении имеет определенное значение энтальпии. Если удвоить количество угля, взяв 2 моля, энтальпия также удвоится. Энтальпия является экстенсивным свойством системы, то есть свойством, зависящим от количества вещества. Поэтому можно говорить об энтальпии, приходящейся на один моль вещества.

Заметим, что энтальпия зависит от физического состояния вещества. Например, энтальпия угля при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ отличается от его энтальпии при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Если же оговорить конкретные условия, энтальпия оказывается вполне определенной величиной. При этом нет необходимости указывать, каким образом вещество приведено к данным условиям, имеет значение лишь конкретное рассматриваемое состояние.

Свойства системы, зависящие только от конкретных условий состояния, но не зависящие от пути достижения этого состояния, называются **функциями состояния**. Энтальпия и является такой функцией, также как, например, механическая потенциальная энергия. Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли, является функцией состояния, зависящей от высоты подъема. Величина потенциальной энергии не зависит от того, по какому пути (траектории) поднимали тело до занимаемого конечного положения. Изменение потенциальной энергии зависит только от начального и конечного положения тела.

При протекании химической реакции энтальпии продуктов отличаются от энтальпий исходных реагентов. Изменение энтальпии в произвольной реакции ($\Delta H_{\text{реакции}}$) представляет собой разность между суммарной энтальпией продуктов и суммарной энтальпией исходных реагентов:

$$\Delta H_{\text{реакции}} = \sum H_{\text{продукты реакции}} - \sum H_{\text{исходные реагенты}}$$

Если суммарная энтальпия продуктов меньше, чем суммарная энтальпия исходных реагентов, величина ΔH отрицательна ($\Delta H < 0$). При отрицательном изменении энтальпии переход от исходных веществ к продуктам сопровождается выделением теплоты, то есть реакция является экзотермической. В том случае, когда $\Delta H > 0$, реакция является эндотермической (рис. 2.1).

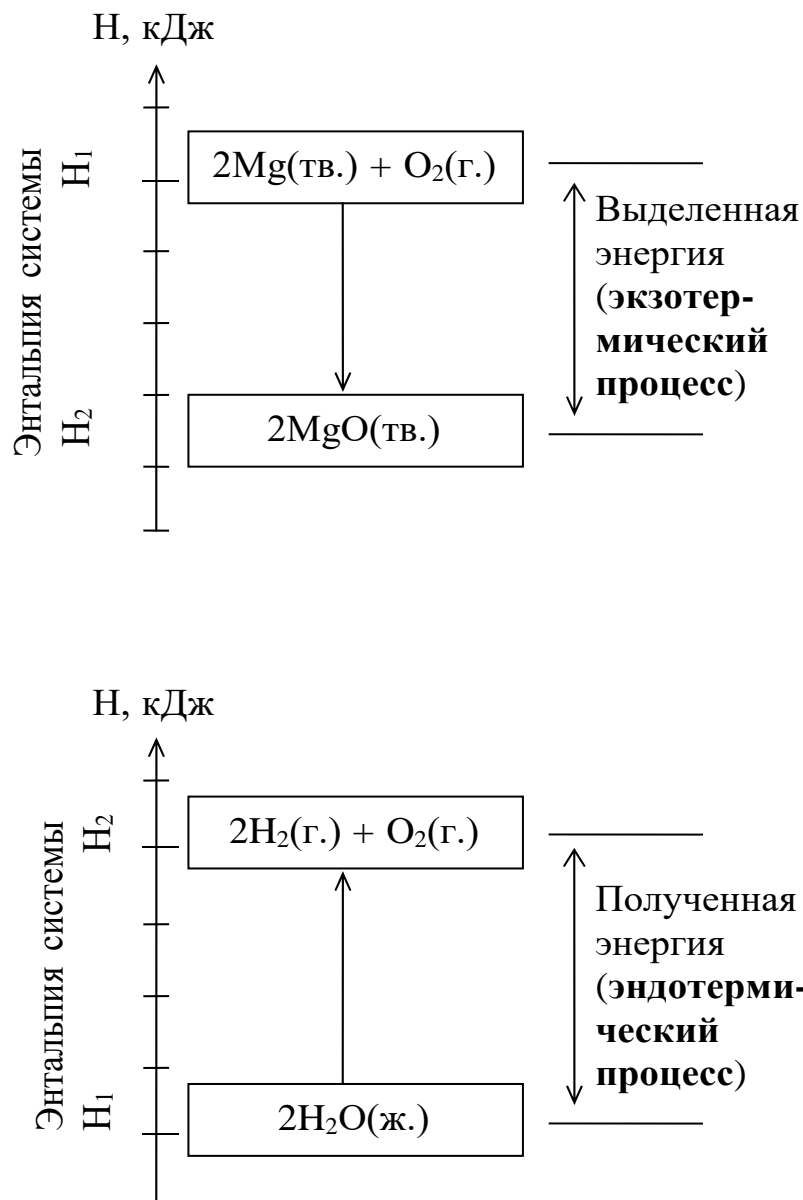
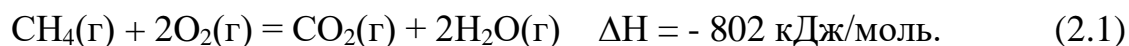


Рис. 2.1. Энергетическая схема теплового эффекта химической реакции

Изменение энтальпии в ходе процесса проявляется выделением тепла, световым излучением или другими способами. Так, экспериментально установлено, что сгорание 1 моля метана при постоянном давлении сопровождается выделением 802 кДж тепловой энергии. Это может быть записано следующим образом:



Отрицательное значение ΔH указывает на то, что процесс является экзотермическим. Отметим, что изменение энтальпии прямой реакции равно по величине, но противоположно по знаку изменению энтальпии обратной реакции.

ΔH реакции зависит от состояния исходных веществ и продуктов их взаимодействия. Так, если в реакции горения метана (уравнение 2.1) вода была бы жидким, а не газообразным продуктом, то изменение энтальпии составило бы - 890 кДж/моль вместо - 802 кДж/моль. В случае конденсации во внешнюю среду передается большее количество теплоты, потому что при конденсации 2 молей воды из пара в жидкое состояние дополнительно выделяется еще $2 \cdot 44 = 88$ кДж:

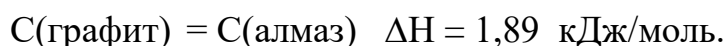


Следовательно, в уравнениях химических реакций для учета изменений энергии необходимо указывать состояния исходных реагентов и продуктов реакции. Обычно предполагается, что исходные реагенты и продукты находятся при одинаковой температуре, как правило, равной 25 °С.

Значения ΔH реакций образования (теплот образования) различных веществ приводятся в специальных справочных таблицах. Причем соответствующие величины указываются для **стандартных условий** ($T = 298 \text{ К}$, $P = 1 \text{ атм.}$). Дело в том, что абсолютное значение энтальпии определить невозможно, опытным путем определяется только изменение этой величины (ΔH). Поэтому для удобства соответствующие величины приводятся к одной шкале, началом отсчета в которой и служит стандартное состояние.

Стандартная теплота образования простых веществ считается равной нулю. При этом простые вещества рассматриваются в том агрегатном состоянии и в той модификации, в какой они устойчивы при стандартных условиях. Так, нулевой является стандартная теплота образования простых веществ -

кислорода O_2 , железа Fe , водорода H_2 и т.д. Однако стандартное изменение энтальпии реакции образования озона O_3 не равно нулю, потому что для его образования из устойчивых в стандартном состоянии молекул кислорода O_2 требуются энергетические затраты. По этой же причине не равно нулю и стандартное изменение энтальпии реакции образования алмаза из графита:



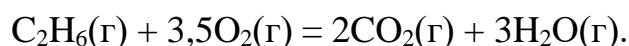
В случае химических соединений стандартной теплотой образования называют тепловой эффект химической реакции образования одного моля соединения из простых веществ.

Например, стандартная теплота образования кальцита $CaCO_3$ в кристаллическом состоянии представляет собой тепловой эффект следующей реакции (в стандартных условиях):



По справочным данным о стандартной теплоте образования веществ можно вычислять стандартные изменения энтальпии практически любых реакций. Для этого необходимо просуммировать теплоты образования всех продуктов реакции, умножив теплоту образования каждого вещества на соответствующий стехиометрический коэффициент в уравнении реакции, и затем вычесть из этой суммы аналогичную сумму теплот образования всех исходных реагентов.

Например, пользуясь справочными данными о теплоте образования, определим стандартное изменение энтальпии ΔH^0 для реакции горения этана:



Вещество	C ₂ H ₆ (г)	CO ₂ (г)	H ₂ O(г)
$\Delta H^0_{\text{обр.}}, \text{ кДж/моль}$	- 88,6	- 393,5	- 241,8

$$\Delta H^0_{\text{реакции}} = [2\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{CO}_2(\text{г})) + 3\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}(\text{г}))] - [\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{C}_2\text{H}_6(\text{г})) + 3,5\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{O}_2(\text{г}))] = [2(-393,5) + 3(-241,8)] - [-88,6 + 3,5 \cdot 0] = -1512,4 + 88,6 = -1423,8 \text{ кДж/моль.}$$

Добавим, что по известному тепловому эффекту реакции образования вещества в одном агрегатном состоянии, можно вычислить тепловой эффект реакции его образования в другом агрегатном состоянии, например:

$$\Delta H^\circ(\text{г}) = \Delta H^\circ(\text{к}) + \Delta H^\circ(\text{возг.}) = \Delta H^\circ(\text{ж}) + \Delta H^\circ(\text{исп.});$$

$$\Delta H^\circ(\text{ж}) = \Delta H^\circ(\text{т}) + \Delta H^\circ(\text{пл}); \Delta H^\circ(\text{возг.}) = \Delta H^\circ(\text{пл.}) + \Delta H^\circ(\text{исп.}),$$

где $\Delta H^\circ(\text{пл})$, $\Delta H^\circ(\text{возг.})$, $\Delta H^\circ(\text{исп.})$ - теплоты плавления, возгонки и испарения в расчете на один моль вещества.

2.2. САМОПРОИЗВОЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Таблица Менделеева содержит более ста химических элементов. В настоящее время 109 из них получили международное название. Большинство элементов встречается в земной коре в виде химических соединений – различных минералов. Количество известных минералов составляет только около трех тысяч. Это намного меньше, чем число теоретически возможных комбинаций атомов различных элементов в виде химических соединений. Подобное несоответствие объясняется тем, что не все химические элементы реагируют друг с другом или, то же самое, не все химические реакции протекают в реальных условиях.

Фундаментальный закон сохранения энергии свидетельствует, что при любых процессах энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно. Все известные виды энергии взаимно превращаются в строго эквивалентных количествах. Это означает, что в таких процессах, как дробление руды, плавление металла или в химической реакции, энергия не создается и не уничтожается, а только передается от одного тела к другому или превращается из одной формы в другую, в сумме оставаясь постоянной.

Однако закон сохранения энергии не отвечает на вопрос, почему процесс, связанный с превращением энергии из одного вида в другой, протекает именно в данном направлении? Реальные процессы протекают только в определенном направлении и, не изменив условий, нельзя реализовать обратное протекание процесса.

Например, такие процессы как переход теплоты от тела с более высокой температурой к контактирующему с ним менее нагретому телу, превращение работы в теплоту при трении, смешение газов и другие процессы протекают с конечной скоростью. С наступлением равновесия (например, при выравнивании температуры тел, обменивавшихся энергией в форме теплоты, при образовании однородной смеси газов и т. д.) процесс заканчивается.

Процессы, протекающие без воздействия внешних сил и приближающие систему к состоянию равновесия, называются **самопроизвольными**. Очевидно, что обратные по направлению процессы, удаляющие систему от равновесия, без внешнего побуждающего воздействия пойти не могут. Такие процессы являются **несамопроизвольными**. Природные явления свидетельствуют, что процессы, самопроизвольно протекающие в одном направлении, не являются самопроизвольными в обратном направлении.

Так, выпущенные из рук предметы падают на землю, нагретые тела остывают до температуры окружающей среды, сжатая пружина стремится принять исходную форму. Эти и многие другие явления, например, выветривание и изменение состава горных пород, характеризуются тем, что соответствующие системы самопроизвольно стремятся достичь состояния, в котором

они обладают минимумом энергии.

Тенденция к достижению минимума потенциальной энергии является одной из движущих сил, определяющих протекание химических реакций. Аналогично тому, как физическое тело обладает потенциальной энергией благодаря своему положению относительно поверхности земли, так и химические вещества обладают запасом потенциальной энергии, определяемым взаимным расположением ядер и электронов. При изменениях этого расположения в результате химической реакции может высвободиться энергия. Например, самопроизвольный процесс горения природного газа сопровождается значительным экзотермическим эффектом, так как атомы углерода и водорода, образующие углеводороды, в результате реакции горения переходят в кислородные соединения (CO_2 и H_2O).

Добавим, что, тем не менее, известно достаточно большое количество процессов, являющихся самопроизвольными, но не относящихся к экзотермическим. Так, самопроизвольно происходит плавление льда при комнатной температуре, несмотря на то, что данный процесс является эндотермическим. К подобным самопроизвольным процессам относится и эндотермическое растворение многих солей (NaCl , $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ и т. д.) в воде. Расширение идеального газа в вакуум также происходит самопроизвольно, причем в изотермических условиях протекания данного процесса энергия системы не меняется.

Приведенные выше примеры процессов плавления льда, растворения солей и расширения идеального газа имеют общую причину самопроизвольного протекания. Эта причина не связана с характером изменения энтальпии системы в ходе процесса. Дело в том, что во всех трех рассмотренных случаях конечное состояние системы отличается большей хаотичностью или неупорядоченностью, чем исходное состояние. Например, молекулы воды, образующие лед, расположены в узлах кристаллической решетки. При плавлении происходит разрушение кристаллической структуры и молекулы получают возможность свободного перемещения относительно друг друга. Поэтому

распределение отдельных молекул в жидкой воде имеет большую неупорядоченность, чем в ее твердом состоянии. Аналогичная ситуация возникает при растворении солей или при расширении газа. Следовательно, уменьшение внутренней энергии системы не является единственным фактором, определяющим возможность самопроизвольного протекания процесса. Самопроизвольное протекание процесса также может быть связано с повышением неупорядоченности системы.

Для характеристики степени неупорядоченности системы используется термодинамическая функция, называемая **энтропией** (обозначается символом S). Чем выше хаотичность системы и меньше степень порядка в ней, тем больше значение ее энтропии. Как и энтальпия, энтропия является функцией состояния. Размерность энтропии [Дж/(моль·град)]. Изменение энтропии в ходе процесса зависит только от исходного и конечного состояний системы, но не зависит от пути, по которому система переходит из одного состояния в другое: $\Delta S = S_{\text{кон.}} - S_{\text{нач.}}$.

Энтропия относится к экстенсивным величинам. Ее значение зависит от количества вещества в системе. Энтропия подчиняется закону аддитивности, то есть энтропия равновесной системы равна сумме энтропий ее отдельных частей, а изменение энтропии всей системы равно сумме изменений энтропии ее частей. Изменение энтропии в сложном процессе равно сумме изменений энтропии в отдельных стадиях процесса (рис. 2.2).

2.3. ЭНТАЛЬПИЙНЫЙ И ЭНТРОПИЙНЫЙ ФАКТОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ. ЭНЕРГИЯ ГИББСА

Вернемся к обсуждению двух основных факторов, определяющих направление самопроизвольно протекающих реакций. Один из этих факторов - стремление к достижению минимума энергии системы. Мерой данного

стремления в химических процессах, реализуемых в условиях постоянного давления, является изменение энтальпии ΔH . Вторым фактором - стремление изолированной системы (нет обмена с внешней средой веществом и энергией) к достижению в ходе процесса наиболее вероятного неупорядоченного и хаотического состояния. При химическом взаимодействии данная тенденция проявляется в стремлении к распаду веществ на более простые, к образованию молекул меньшего размера и к равномерному их распределению по всему

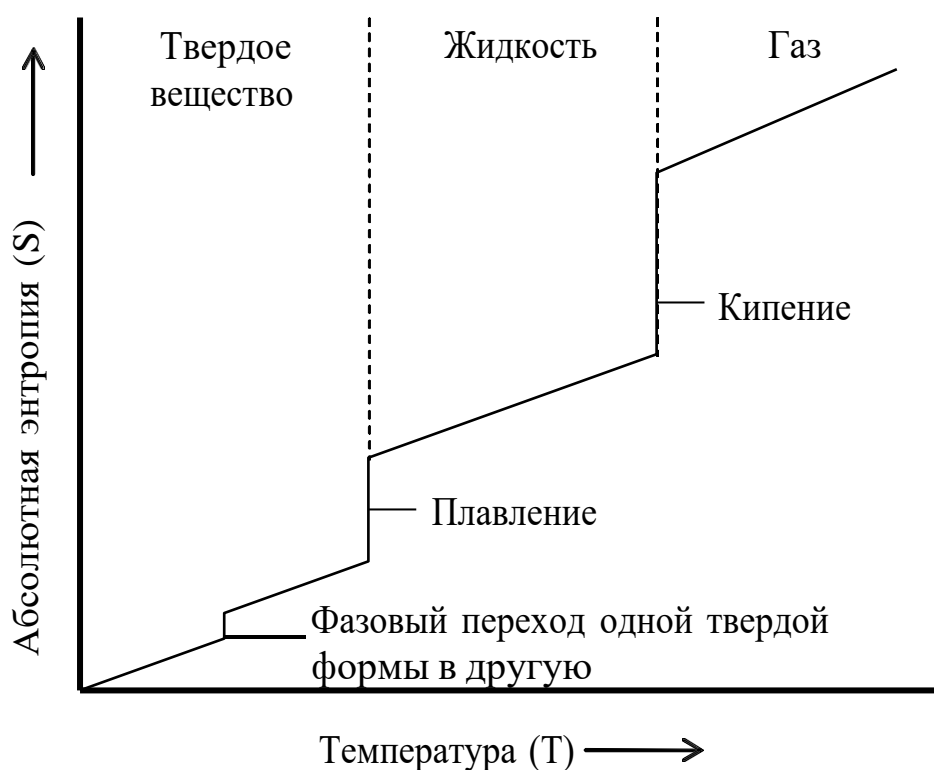


Рис. 2.2. Схема изменения энтропии при повышении температуры вещества

объему системы. Мерой этого стремления является изменение энтропии ΔS , которое происходит в результате таких процессов.

Многие природные процессы протекают в открытых системах, способных обмениваться с окружающей средой веществом и энергией. При протекании химических реакций в открытой системе энтропийному фактору,

действующему в направлении "распыления" частиц и рассеяния вещества, противостоит энтальпийный фактор. Последний действует в направлении агрегации частиц, перераспределения энергии химических связей и межмолекулярного взаимодействия для уменьшения общего запаса энергии системы.

Заключение о возможности самопроизвольного протекания химического процесса в определенном направлении можно получить, рассматривая разность между энтальпийным и энтропийным факторами в виде изменения новой функции ΔG :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S.$$

Если величина ΔG имеет отрицательный знак ($\Delta G < 0$), то в этом случае соответствующий процесс принципиально осуществим и абсолютное значение разности $\Delta H - T\Delta S$ характеризует движущую силу этого процесса.

В том случае, когда величина ΔG положительна ($\Delta G > 0$), химическая реакция самопроизвольно протекать не может. Осуществимой будет обратная реакция, для которой ΔG имеет отрицательное значение.

Подобно тому, как электрический ток течет в направлении от более высокого электрического потенциала к более низкому, так и химическая реакция самопроизвольно протекает только в таком направлении, при котором величина G_1 в исходном состоянии системы больше, чем соответствующая величина G_2 в конечном состоянии, то есть $\Delta G < 0$.

Величину $G = H - TS$ называют **свободной энергией Гиббса** в честь физика Д. Гиббса, показавшего возможность нахождения критерия направленности самопроизвольных процессов в открытых системах.

Энергия Гиббса является таким же свойством вещества или системы в целом, как и энтальпия H , и энтропия S . Для химических реакций, протекающих при $P = \text{const}$ и $T = \text{const}$, изменение энергии Гиббса ΔG не зависит от пути, по которому протекает процесс, а полностью определяется составом и

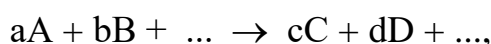
состоянием исходных веществ и продуктов реакции, т. е. энергия Гиббса является функцией состояния системы.

2.4. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ ЭНЕРГИИ ГИББСА В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

Для определения направления протекания реакции или для предсказания возможности ее протекания в стандартных условиях используют изменение стандартной энергии Гиббса ΔG° . Численное значение величины ΔG° реакции позволяет судить, будут ли в стандартных условиях исходные реагенты самопроизвольно реагировать с образованием продуктов (если $\Delta G^\circ < 0$) или нет (если $\Delta G^\circ > 0$).

Значения изменений стандартной энергии Гиббса реакций образования ($\Delta G^\circ_{\text{обр.}}$) определены для большого числа веществ и занесены в справочники. Причем точно так же, как и для стандартных теплот образования, изменения энергии Гиббса для реакций образования простых веществ в их стандартных состояниях полагают равными нулю. Этот выбор точки отсчета не влияет на величину разности энергий продуктов реакции и исходных веществ.

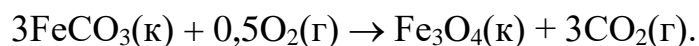
С помощью значений $\Delta G^\circ_{\text{обр.}}$ можно вычислять изменение стандартной энергии Гиббса для произвольного химического процесса. Так, если записать уравнение химической реакции в общем виде:



то изменение стандартной энергии Гиббса с учетом стехиометрических коэффициентов a , b , c , d будет определяться выражением:

$$\Delta G^\circ = [c\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(C) + d\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(D) + \dots] - [a\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(A) + b\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(B) + \dots].$$

В качестве примера, используя табличные данные, определим, может ли тонкодисперсный порошок сидерита в процессе длительного хранения на воздухе самопроизвольно переходить в магнетит:



сидерит

магнетит

Вещество	$\text{FeCO}_3(\text{к})$	$\text{O}_2(\text{г})$	$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к})$	$\text{CO}_2(\text{г})$
$\Delta G^\circ_{\text{обр.}}$, кДж/моль	-674,6	0,0	-1014,2	-394,4

Стандартное изменение энергии Гиббса для рассматриваемой реакции определяется выражением:

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= [\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) + 3\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{CO}_2)] - [3\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{FeCO}_3) + \\ &\quad + 0,5\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{O}_2)] = \\ &= [-1014,2 + 3(-394,4)] - [3(-674,6) + 0,5(0,0)] = -173,6 \text{ кДж/моль}. \end{aligned}$$

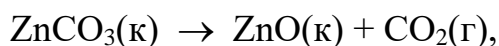
Поскольку расчетное значение ΔG° реакции отрицательно, сидерит в стандартных условиях ($T = 298 \text{ К}$, $P = 1 \text{ атм.}$) может самопроизвольно реагировать с кислородом, образуя магнетит. Однако полученное заключение ничего не говорит о скорости протекания реакции.

Если сделать упрощение и допустить, что ΔH° и ΔS° реакции не зависят от температуры, можно определить изменение стандартной энергии Гиббса при различных температурах:

$$\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ_T - T\Delta S^\circ_T.$$

Например, вычислим изменение стандартной энергии Гиббса реакции термического разложения минерала смитсонита (ZnCO_3) при температурах

400 К и 600 К:



Вещество	ZnCO ₃ (к)	ZnO(к)	CO ₂ (г)
ΔH°, кДж/моль	-810,7	-350,6	-393,5
S°, Дж/(моль·К)	92,4	43,6	213,7

$$\Delta G^{\circ}_T = [\Delta H^{\circ}(\text{ZnO}) + \Delta H^{\circ}(\text{CO}_2) - \Delta H^{\circ}(\text{ZnCO}_3)] - \\ - T[S^{\circ}(\text{ZnO}) + S^{\circ}(\text{CO}_2) - S^{\circ}(\text{ZnCO}_3)].$$

$$\Delta G^{\circ}_T = (-350,6 - 393,5 + 810,7) - T(43,6 + 213,7 - 92,4)10^{-3} = 66,6 - 0,165T.$$

$$\Delta G^{\circ}_{400} = 66,6 - 0,165 \cdot 400 = 0,6 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta G^{\circ}_{600} = 66,6 - 0,165 \cdot 600 = -32,4 \text{ кДж/моль.}$$

При 400 К значение ΔG° положительно, разложение смитсонита на оксид металла и углекислый газ не происходит. При 600 К значение ΔG° отрицательно, следовательно, рассматриваемая реакция будет протекать самопроизвольно.

2.5. ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Технология подземной газификации угля - перспективный способ разработки угольных месторождений. Данный способ применим для угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями залегания, и позволяет совместить добычу, обогащение и переработку угля.

Все технологические операции по газификации угольного пласта осуществляют с земной поверхности, без применения подземного труда работающих. Суть технологии подземной газификации угля заключается в бурении с поверхности земли скважин до угольного пласта с последующей сбойкой. Затем инициируют управляемый очаг горения угольного пласта и создают условия для превращения угля в горючий газ, который поступает по скважинам на земную поверхность (рис. 2.3).

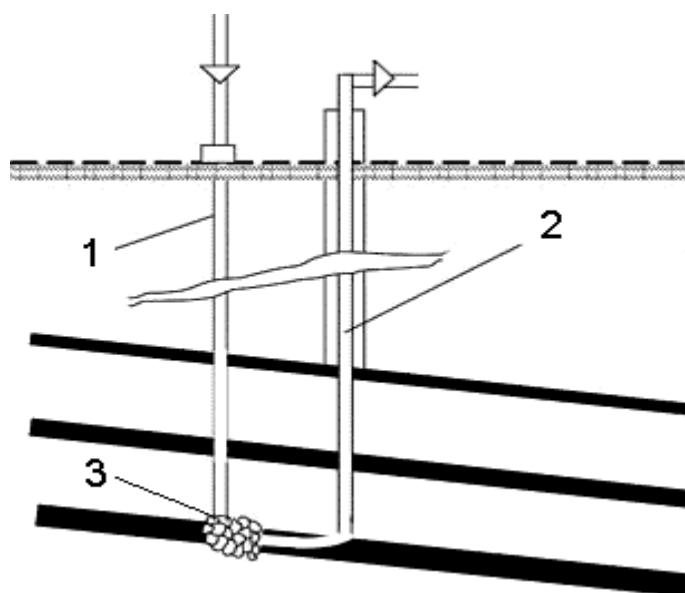


Рис. 2.3. Схема подземной газификации угля:
1 – скважина для воздушного или парокислородного дутья; 2- скважина для отвода продуктов газификации угля; 3 – очаг горения

Расчетный состав газа, производимого на предприятии подземной газификации угля, характеризуется следующими диапазонами изменения содержания отдельных компонентов газа:

а) при использовании воздушного дутья:
 CO_2 - 12,0-15,3 %; C_mH_n - 0,1-0,7 %; O_2 - 0,2 %; CO - 10,0-14,0 %;
 H_2 - 12,1-16,2 %; CH_4 - 2,0-4,0 %; N_2 - 55,0-60,0 %; H_2S - 0,01-0,06 %.

В случае применения для нагнетания в газифицируемый угольный пласт воздушного дутья получается низкокалорийный газ с теплотворной способ-

ностью порядка 4 МДж/м³. Данный горючий газ пригоден для применения в газотурбинных установках, котельных и ТЭЦ;

б) при использовании парокислородного дутья: CO - 35,0 %; H₂ - 50,0 %; CH₄ - 7,5 %; C_mH_n - 1,2 %; O₂ - 0,3 %; N₂ - 5,0 %.

В случае применения в технологии газификации угля парокислородного дутья получается среднекалорийный газ с теплотворной способностью 10-13 МДж/м³.

Сегодня практически во всех крупных угледобывающих странах мира интерес к подземной газификации угля возрастает. Данная технология является весьма эффективной и ее реализация рассматривается как возможность получения недорогого газообразного топлива.

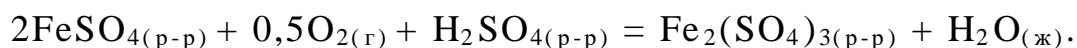
Для энергетики тех регионов, в которых имеются запасы каменного или бурого угля открываются новые возможности, связанные со строительством энергетических предприятий, работающих на собственном энергетическом сырье - газе подземной газификации угля.

2.6. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сульфат железа (III) – химический растворитель сульфидных минералов – особенно активен в присутствии тионовых бактерий, ускоряющих и окисление, и растворение во много раз:



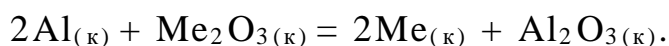
Тионовые бактерии не только непосредственно окисляют и растворяют сульфиды, но и окисляют продукт их разложения Fe²⁺, регенерируя сульфат железа (III), продолжаящий окисление и растворение:



Вычислите тепловой эффект суммарной реакции процесса окисления ковеллина (Cu S) в кислой среде, используя стандартные энтальпии образования веществ.

Соединение	H ₂ O _(ж)	CuSO _{4(р-р)}	CuS _(к)	H ₂ SO _{4(р-р)}
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-285,8	-843,9	-53,1	-841,2

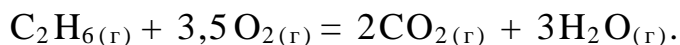
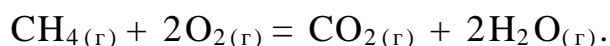
2. Для размораживания мерзлых грунтов, для вторичного дробления руды возможно применение термита – смеси алюминиевого порошка и оксида металла, способную к экзотермической реакции:



Какой оксид Cr₂O₃ или Fe₂O₃ является наиболее теплопроизводительным в смеси с алюминиевым порошком?

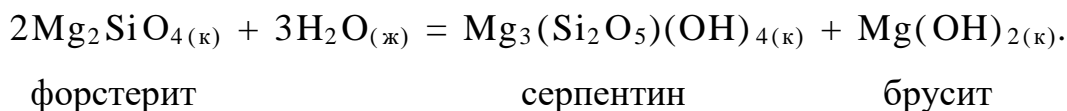
Соединение	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O _{3(к)}
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-1140	-822	-1676

3. В качестве компонента горючей смеси топлив можно использовать метан и этан. Определить, какой из двух этих газов в расчете на 1 г наиболее эффективен, если использовать кислород, запасенный вместе с топливом:



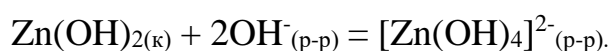
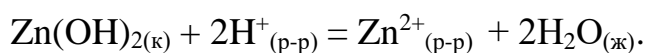
Соединение	CH _{4(г)}	C ₂ H _{6(г)}	CO _{2(г)}	H ₂ O _(г)
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-74,9	-88,6	-393,5	-241,8

4. Покажите расчетом, может ли в стандартных условиях протекать процесс серпентинизации форстерита:



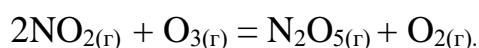
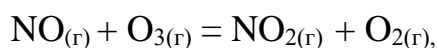
Соединение	$\text{Mg}_2\text{SiO}_{4(\text{к})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_{4(\text{к})}$	$\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{к})}$
ΔG^0_{298} , кДж/моль	-63,2	-237,2	-171,4	-735,7

5. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства гидроксида цинка, вычислив изменение энергии Гиббса для реакций:



Соединение	$\text{Zn}(\text{OH})_{2(\text{к})}$	$\text{Zn}^{2+}_{(\text{р-р})}$	$\text{OH}^-_{(\text{р-р})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}_{(\text{р-р})}$
ΔG^0_{298} , кДж/моль	-556,0	-147,3	-157,4	-237,2	-905,4

6. Атмосферный озоновый слой на высоте 20 - 30 км играет большую роль в обеспечении условий жизни на земле. Озон задерживает вредное для жизни ультрафиолетовое излучение солнца. С другой стороны, он поглощает инфракрасное излучение земли, препятствуя ее охлаждению. Предполагают, что выделяющийся с выхлопными газами автотранспорта оксид азота реагирует с озоном:



Установите, разрушают ли оксиды азота озоновый слой в стандартных условиях.

Соединение	NO _(г)	O _{3(г)}	NO _{2(г)}	N ₂ O _{5(г)}
ΔG^0_{298} , кДж/моль	86,6	162,7	51,5	114,2

Может ли в стандартных условиях образовываться озон из O₂?

Глава 3
ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Химия как наука связана с превращениями веществ, происходящими в результате различных химических реакций. Анализ стандартного изменения энергии Гиббса для той или иной предполагаемой реакции позволяет теоретически оценить возможность ее протекания. Однако кроме оценки принципиальной возможности протекания процесса важно знать, насколько быстро могут протекать реакции, а также понимать, какими факторами определяется их скорость. Так, для завершения реакций, происходящих при взрыве тротила или метана достаточно ничтожных долей секунды, многие же геохимические процессы, например, формирование или выветривание горных пород, реализуются за миллионы лет. Раздел химии, посвященный скорости химических реакций, называется химической кинетикой.

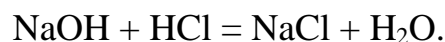
3.1. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Скорость какого - либо процесса, как правило, определяют по тем изменениям, которые происходят в ходе процесса за фиксированный промежуток времени. Так, скорость движения материальной точки характеризуют изменением ее координат (перемещением) за определенный промежуток времени, например, в таких единицах, как метры в секунду (м/с).

В ходе химической реакции меняется количество каждого из реагентов: исходные вещества расходуются, а продукты – накапливаются. Следовательно, протекание реакции сопровождается изменением концентраций как исходных веществ, так и продуктов взаимодействия. Поэтому скорость реакции может быть рассчитана через изменение концентрации какого – либо исходного вещества или продукта за определенное время в таких единицах, как моль/(лс).

В качестве примера рассмотрим реакцию, происходящую при смешивании раствора щелочи NaOH с кислотой HCl. В результате данной реакции

образуются соль NaCl и вода:



Допустим, что начальная концентрация раствора NaOH составляет 0,1 моль/л и мы имеем возможность измерять концентрацию щелочи в различные моменты времени после смешивания с кислотой. По этим данным среднюю скорость реакции \bar{V} определяют как изменение концентрации $\Delta C(\text{NaOH})$ за соответствующий промежуток времени Δt :

$$\bar{V} = - \Delta C(\text{NaOH})/\Delta t.$$

Отрицательный знак в правой части уравнения для средней скорости реакции указывает, что концентрация NaOH уменьшается со временем. По мере протекания реакции реагенты расходуются, средняя скорость снижается; в некоторый момент времени реакция прекращается.

Изменение концентрации реагента, например, HCl в ходе реакции можно представить в графическом виде $C(\text{HCl}) = f(t)$ (рис. 3.1). Подобная графическая зависимость позволяет определить мгновенную скорость реакции, т. е. скорость в конкретный момент времени:

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{\Delta C}{\Delta t} \right] = \frac{dC}{dt}.$$

Исходя из графического смысла производной ($dC/dt = \text{tg}\alpha$), получается, что мгновенная скорость определяется угловым коэффициентом ($\text{tg}\alpha$) касательной к кривой $C = f(t)$ в точке, отвечающей интересующему моменту времени t' (см. рис. 3.1).

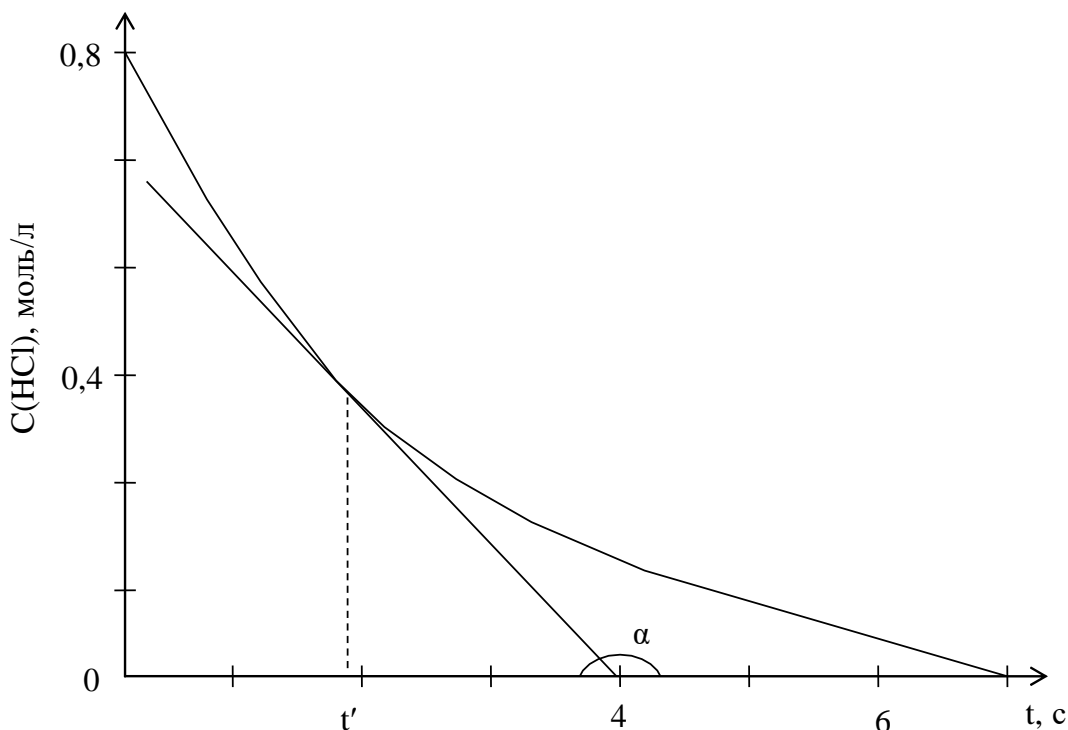


Рис. 3.1. Изменение концентрации раствора соляной кислоты в ходе реакции нейтрализации:
 α – угол наклона касательной к кривой в момент времени t'

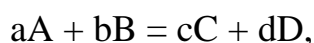
3.2. ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГЕНТОВ

Молекулы различных веществ взаимодействуют друг с другом при столкновениях. Чем чаще столкновения будут происходить, тем быстрее пойдет реакция. Для реакций типично уменьшение их скорости с течением времени, что объясняется уменьшением концентраций реагентов, и, соответственно, снижением частоты столкновений. Наглядным примером, поясняющим влияние концентрации реагента, может служить резко различная скорость горения веществ в чистом кислороде и в воздухе. Содержание кислорода в воздухе – около 20 %, что и определяет меньшую скорость процесса горения.

Общую формулировку влияния концентрации на скорость химических

реакций выражает основной закон химической кинетики – закон действия масс: **при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. Причем концентрация каждого реагента берется в степени равной соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции.**

В общем случае для скорости реакции, протекающей по уравнению



можно написать следующее выражение:

$$V = k \cdot C^a(A) \cdot C^b(B).$$

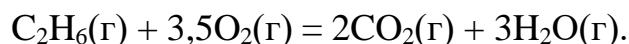
В этом выражении коэффициент пропорциональности k называют **константой скорости химической реакции**. Его значение не меняется при изменениях концентрации, но зависит от температуры.

Определим физический смысл константы k . Для этого рассмотрим случай, когда концентрации реагирующих веществ составляют 1 моль/л, т.е. $C(A) = C(B) = 1$ моль/л. Тогда $V = k \cdot 1 \cdot 1 = k$. Таким образом, численное значение константы соответствует скорости реакции при условии равенства концентрации каждого реагирующего вещества 1 моль/л. Поэтому константу k еще называют **удельной скоростью химической реакции**.

Скорость химической реакции во многом зависит от того, находятся ли реагирующие вещества в одной или разных фазах, т. е. осуществляются гомогенные или гетерогенные реакции.

Если реакционная система однородна и не включает в себе поверхностей раздела между частями системы, отличающимися по физико-химическим свойствам, то ее называют гомогенной. Систему, состоящую из отдельных частей (фаз), отличающихся по свойствам и имеющих поверхности раздела, называют гетерогенной.

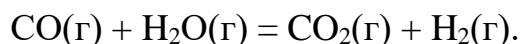
Например, горение этана соответствует протеканию реакции в гомогенной системе:



Скорость этого процесса по закону действия масс определяется выражением:

$$V = k \cdot C(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot C^{3,5}(\text{O}_2).$$

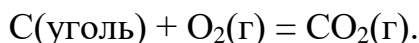
Гомогенной реакцией также является взаимодействие оксида углерода (II) с водяным паром при подземной газификации угля:



Скорость данной реакции зависит от концентрации оксида углерода (II) и паров воды:

$$V = k \cdot C(\text{CO}) \cdot C(\text{H}_2\text{O}).$$

В отличие от рассмотренных примеров гомогенных процессов, в случае гетерогенных реакций в уравнение закона действия масс входят концентрации только тех веществ, которые находятся в газовой фазе или в растворе. Концентрация твердого вещества (не растворенного в воде) представляет собой постоянную величину и поэтому входит в константу скорости. Например, при подземной обработке (газификации) угля в зоне окисления канала газификации происходит гетерогенная реакция:

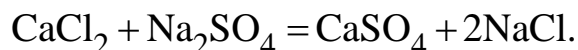


Закон действующих масс для этой реакции запишется так:

$$V = k' \cdot \text{const} \cdot C(\text{O}_2) = k \cdot C(\text{O}_2).$$

Рассмотрим решение типовой задачи.

Определить изменение скорости реакции после упаривания растворов исходных реагентов в три раза:



Решение.

При решении задач, связанных с изменением скорости реакции при варьировании концентрации реагентов, необходимо исходить из основного закона химической кинетики – закона действующих масс. Для реакции, рассматриваемой в данной задаче, в общем виде этот закон выражается следующим образом:

$$V = k \cdot C(\text{CaCl}_2) \cdot C(\text{Na}_2\text{SO}_4).$$

Исходя из закона действующих масс, запишем отношение скорости реакции до упаривания к скорости реакции после упаривания растворов реагентов:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{k \cdot C_1(\text{CaCl}_2) \cdot C_1(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{k \cdot C_2(\text{CaCl}_2) \cdot C_2(\text{Na}_2\text{SO}_4)}.$$

Примем во внимание, что после упаривания растворов исходных реагентов в три раза, их концентрация увеличивается также в три раза ($C_2 = 3C_1$):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1(\text{CaCl}_2) \cdot C_1(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{3C_1(\text{CaCl}_2) \cdot 3C_1(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{1}{9}.$$

Получаем: $V_2 = 9V_1$.

Ответ: после упаривания растворов исходных реагентов в три раза скорость рассматриваемой реакции увеличится в 9 раз.

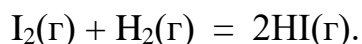
3.3. МОЛЕКУЛЯРНОСТЬ И ПОРЯДОК РЕАКЦИИ

На практике закон действующих масс выполняется только для одностадийных реакций, т. е. для реакций, в которых исходные вещества без каких - либо промежуточных превращений образуют продукты. При этом **молекулярностью реакции** называют число молекул, взаимодействие которых ведет к одностадийному образованию продуктов химической реакции. Молекулярность реакции может характеризоваться только целыми числами.

Если в элементарном акте реакции принимает участие одна молекула, превращающаяся в одну или несколько молекул других веществ, то такая реакция называется мономолекулярной. Примерами таких реакций могут служить термический распад карбоната кальция или хлорида аммония:

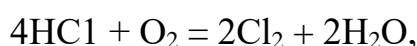


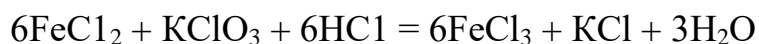
Одновременное участие в элементарном акте химической реакции двух молекул характерно для бимолекулярных реакций, примером которых может быть взаимодействие иода и водорода с образованием иодида водорода:



Реакции, элементарный акт которых сводится к столкновению трех молекул, называют тримолекулярными. Статистически подобное столкновение молекул мало вероятно. Тримолекулярные реакции крайне редки. Реакции же с молекулярностью выше трех в химической практике неизвестны.

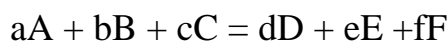
Поэтому представленные ниже химические реакции





нельзя назвать пяти- или тринадцатимолекулярными реакциями. Эти уравнения следует рассматривать лишь как записи суммарных процессов, каждый из которых в действительности может включать довольно длинную цепочку последовательно протекающих моно-, би- или тримолекулярных реакций. В этой цепочке взаимосвязанных превращений одни промежуточные реакции могут протекать быстро и не задерживать ход всего процесса, другие настолько медленны, что именно они будут ограничивать скорость протекания суммарного процесса.

В химической кинетике также пользуются понятием «**порядок реакции**» - это число, равное сумме показателей степеней при концентрациях реагирующих веществ в уравнении для скорости реакции. Если уравнение

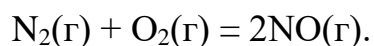


выражает действительный механизм реакции, а зависимость

$$V = k \cdot C^a(\text{A}) \cdot C^b(\text{B}) \cdot C^c(\text{C})$$

достаточно точно характеризует скорость этой реакции, то порядок реакции n можно представить как $n = a + b + c$. В этом случае значения величин, определяющих порядок и молекулярность реакции, численно совпадают. Для многостадийного взаимодействия уравнение химической реакции символизирует суммарный итог всех превращений и порядок реакции всегда ниже, чем кажущаяся молекулярность реакции.

Так, применим закон действия масс к реакции окисления азота до оксида азота (II):



Считая, что данное уравнение выражает действительный механизм процесса,

напишем выражение для скорости реакции:

$$V = k \cdot C(\text{N}_2) \cdot C(\text{O}_2).$$

Однако эксперимент показывает, что данная реакция не является реакцией второго порядка, т. к. ее скорость на самом деле пропорциональна концентрации кислорода в степени $\frac{1}{2}$:

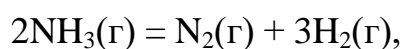
$$V = k \cdot C(\text{N}_2) \cdot C^{1/2}(\text{O}_2).$$

Таким образом, порядок обсуждаемой реакции соответствует не 2, а только 1,5, т. е. в отличие от молекулярности порядок реакции не всегда бывает целочисленным.

Приведем примеры реакций различного порядка:



Известны реакции дробного и нулевого порядка. Нулевой порядок означает, что скорость реакции при $T = \text{const}$ постоянна и не зависит от концентрации реагента. Например, реакция разложения аммиака NH_3 на водород H_2 и азот N_2 , протекающая на поверхности вольфрама, является реакцией нулевого порядка, т. е. скорость ее не зависит от концентрации аммиака:

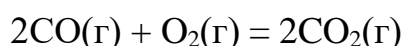


$$V = k \cdot C^0(\text{NH}_3) = k \cdot 1 = \text{const}.$$

3.4. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ

РЕАКЦИИ

Из уравнения Менделеева - Клапейрона $p = CRT$ следует, что изменение давления каждого из компонентов газовой смеси должно оказывать на скорость реакции то же влияние, что и пропорциональное ему изменение концентрации этого компонента. Например, для реакции с участием газов



можно написать:

$$V = k \cdot p^2(\text{CO})p(\text{O}_2),$$

где $p(\text{CO})$, $p(\text{O}_2)$ - парциальные давления CO и O_2 соответственно.

Скорость большинства химических реакций повышается с ростом температуры. Более того, возрастание скорости происходит нелинейно. Голландский ученый Вант - Гофф в 1884 г. на основании многочисленных наблюдений и экспериментов установил, что **при повышении температуры на каждые десять градусов скорость гомогенной химической реакции увеличивается в 2 – 4 раза.**

Это приближенное обобщение известно под названием правила Вант - Гоффа. Математически оно может быть выражено с помощью уравнения:

$$\frac{V_{t_2}}{V_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = \gamma^{\Delta t / 10},$$

где V_{t_2} , V_{t_1} - скорость реакции при температуре t_2 и t_1 соответственно;

γ - температурный коэффициент ($\gamma = 2 \div 4$).

Правило Вант - Гоффа носит приближенный характер и служит лишь для ориентировочной оценки влияния температуры на скорость реакции.

Значение коэффициента γ часто выходит за указанные Вант - Гоффом пределы, а для конкретной реакции оно не остается неизменным в различных интервалах температуры.

3.5. ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ

Не всякое столкновение молекул реагирующих веществ приводит к химической реакции, т. е. к образованию продуктов реакции. Во взаимодействии вступает только небольшая часть всех молекул, обладающая некоторым повышенным запасом кинетической энергии. Эти молекулы, обладающие достаточно высокой кинетической энергией для того, чтобы их столкновение с другими молекулами привело к элементарному акту реакции, называют активными (реакционноспособными).

Разность между кинетической энергией, которой должны обладать молекулы, чтобы стать реакционноспособными, и средней кинетической энергией молекул определяет значение энергии активации E_a .

Энергию активации можно определить как ту минимальную дополнительную энергию, которую необходимо сообщить молекуле (двум или трем молекулам для реакций второго или третьего порядка) сверх среднего ее значения для того, чтобы стало возможным химическое взаимодействие. На пути к осуществлению любой химической реакции стоит энергетический барьер, для преодоления которого молекулы реагентов должны приобрести некоторое значение энергии, превосходящее среднюю энергию. Вот этот избыток энергии над ее средним значением, характерным для молекул реагентов в их данном состоянии теплового движения, и представляет собой энергию активации. Чаще всего в обычных условиях лишь небольшая доля от общего числа молекул реагирующих веществ имеет достаточную энергию для преодоления энергетического барьера, отделяющего исходные реагенты от продуктов взаимодействия.

Высокое значение энергии активации реакции означает, что на пути к ее осуществлению стоит высокий энергетический барьер. Преодолеть этот барьер может только небольшая доля от общего числа молекул, и если с помощью соответствующих мер не повысить эту долю, скорость реакции будет небольшой.

Аррениус предложил уравнение, связывающее константу скорости химической реакции с температурой:

$$k = Ae^{\frac{E_a}{RT}},$$

где k - константа скорости химической реакции, моль/(л·сек); A - предэкспоненциальный множитель, численно равный тому предельно большому значению константы k , которое она имела бы, если бы все без исключения молекулы были активными; e - основание натурального логарифма; E_a - энергия активации, Дж/моль; R - универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К); T - абсолютная температура, К.

Логарифмируя уравнение Аррениуса и деля обе его части на коэффициент перехода от натуральных логарифмов к десятичным (2,303), получим:

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{2,303RT}.$$

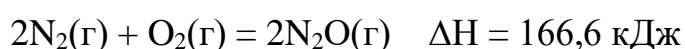
Обозначив $-\frac{E_a}{2,303R} = a$, $\lg A = b$, запишем видоизмененное уравнение Аррениуса, устанавливающее для каждой конкретной реакции линейную связь между логарифмом константы скорости реакции и обратной величиной абсолютной температуры:

$$\lg k = \frac{a}{T} + b.$$

Казалось бы, что высота энергетического активационного барьера E_a определяется энергией, затрачиваемой на разрыв химических связей в моле-

кулах исходных веществ, после чего становится возможным формирование новых химических связей и образование молекул продуктов реакции. Причем энергия, выделяющаяся в ходе создания новых химических связей, частично или полностью компенсирует энергию, затраченную на инициирование реакции. Однако при достоверности данного подхода энергии активации для подавляющего большинства реакций должны были бы быть значительно выше, чем это наблюдается на практике.

Так, представляется, что для начала реакции



необходимо затратить энергию не менее 1194,6 кДж, поскольку на разрыв связей в молекулах N_2 и O_2 должно быть затрачено соответственно $472,7 \cdot 2 = 945,4$ и 249,2 кДж. Экспериментально найденное значение энергии активации для этой реакции равно 411,4 кДж, т. е. почти в три раза меньше.

Очевидно, разрыв химических связей в молекулах исходных веществ и образование новых химических связей необходимо рассматривать не обособленно, а в их взаимном влиянии. Первой стадией практически любого химического процесса является образование промежуточного соединения - активированного (активного) комплекса.

Активированный комплекс представляет собой образование, в котором еще не исчезли первоначально существовавшие связи между атомами и еще не полностью сформировались новые химические связи. Однако электронные оболочки атомов во взаимодействующих молекулах уже деформированы в направлении образования новых химических связей, и исходные химические связи ослаблены. Образование такого промежуточного соединения требует меньших затрат энергии, чем разрыв связей в молекулах исходных веществ, ибо теперь этому разрыву содействует наметившееся наведение новых связей. При этом и энергетический эффект образования молекул ко-

нечного продукта путем распада активированного комплекса будет тоже меньше. Таким образом, образование активированного комплекса приводит к уменьшению высоты энергетического активационного барьера E_a .

Добавим, для того чтобы началась перестройка связей, сталкивающиеся молекулы должны иметь не только достаточную энергию, но и определенную взаимную ориентацию. От взаимной ориентации молекул в момент столкновения зависит, возможно или нет образование между атомами новых связей. Поэтому в действительности лишь некоторая часть столкновений, обладающих энергией, достаточной для протекания реакции, приводит к образованию продуктов.

3.6. ЯВЛЕНИЕ КАТАЛИЗА. ГОМОГЕННЫЙ И ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ

Катализатор представляет собой вещество, которое изменяет скорость химической реакции, но само не расходуется в ходе этой реакции. Реакции с участием таких веществ называют каталитическими.

Известны катализаторы, как ускоряющие протекание реакции, так и замедляющие ее. Соответственно в первом случае катализатор является положительным, а во втором – отрицательным.

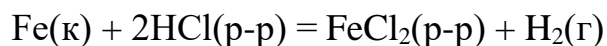
Так, при умеренном нагревании разложение хлората калия происходит спокойно. Это позволяет использовать соль $KClO_3$ в качестве аварийного источника кислорода для дыхания:



Добавка к хлорату калия диоксида марганца MnO_2 резко меняет скорость процесса, придавая ему взрывной характер.

Катализатором, замедляющим скорость реакции, например, взаимо-

действия металлического железа с раствором соляной кислоты

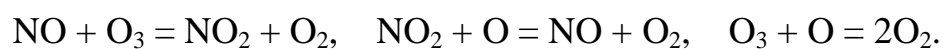


может служить органическое вещество анилин. Катализаторы, позволяющие уменьшить скорость коррозионного разрушения металлов в агрессивных средах, обычно называют ингибиторами коррозии.

Важно, что действие катализаторов отличается селективностью, т.е. катализатор, изменяющий скорость какой - либо определенной реакции, обычно не влияет на скорость другой.

Катализатор, находящийся в реакционной системе в том же фазовом состоянии, что и основные участники химической реакции, называется **гомогенным катализатором**. Например, гомогенный катализатор реакции взаимодействия газообразных веществ должен сам находиться в газообразном состоянии.

Рассмотрим случай гомогенного катализа на примере разложения озона O_3 верхних слоев атмосферы под действием оксида азота NO . В этой реакции оксид азота (II) играет роль катализатора. Первоначально NO реагирует с O_3 , в результате чего образуются NO_2 и O_2 . Затем образующийся NO_2 реагирует с атомарным кислородом, присутствующим в стратосфере, и в результате снова получается NO и в качестве второго продукта – O_2 . Последовательность этих реакций и их окончательный результат описываются уравнениями:



В рассматриваемом примере NO играет роль катализатора реакции разложения O_3 , потому что он повышает скорость полной реакции, но сам в результате не подвергается окончательному химическому превращению, а лишь расходуется в одной стадии реакции и вновь образуется на следующей стадии.

Если исходить из уравнения Аррениуса для скорости химической реакции, константа скорости k определяется энергией активации E_a и параметром A . Влияние катализатора на скорость реакции может заключаться в том, что он изменяет или E_a , или A . Катализатор оказывает наиболее существенное влияние на энергию активации E_a . Как правило, положительный катализатор понижает энергию активации химической реакции (рис. 3.2).

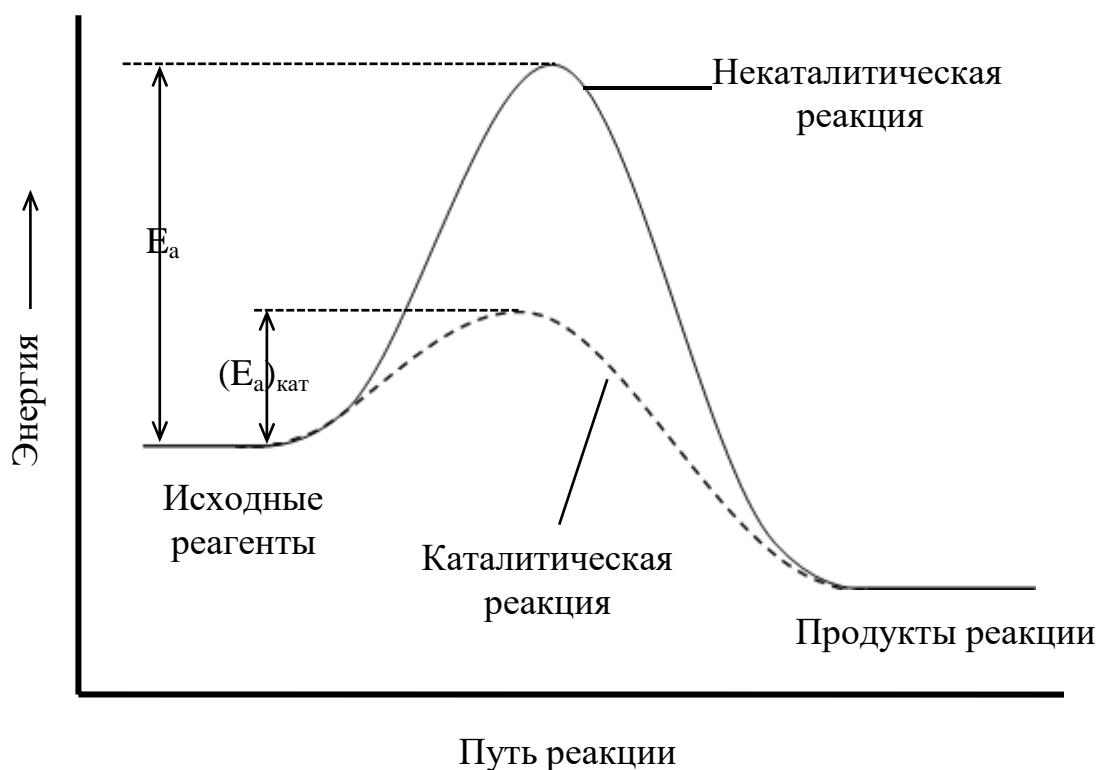
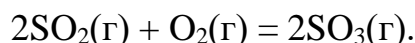


Рис. 3.2. Энергетическая диаграмма химической реакции с использованием катализатора. Действие катализатора заключается в снижении энергии активации реакции E_a

Гетерогенный катализатор находится в реакционной системе в ином по сравнению с реагирующими веществами фазовом состоянии. Например, реакция между молекулами в газовой фазе может катализироваться тонко измельченным оксидом какого - либо металла. В отсутствие катализатора реакция в газовой фазе протекает медленно. Однако при внесении катализа-

тора реакция на поверхности твердого вещества значительно ускоряется.

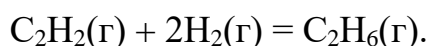
Многие промышленно важные реакции, протекающие в газовой фазе, катализируются поверхностью твердых веществ, например, реакция окисления SO_2 в SO_3 при производстве серной кислоты:



Реакции в растворах также могут катализироваться твердыми веществами. Гетерогенные катализаторы часто изготавливают из тонко измельченных металлов или оксидов металлов. Поскольку каталитические реакции протекают на поверхности, часто прибегают к специальным методам получения катализаторов с очень большой площадью поверхности.

Исходной стадией гетерогенного катализа обычно является адсорбция реагентов. Адсорбция – это связывание молекул с поверхностью вещества. Не все атомы или ионы поверхности обладают реакционной способностью, так как на поверхности могут быть адсорбированы различные примеси (загрязнения), которые занимают многие потенциально реакционноспособные центры и блокируют дальнейшую реакцию. Места поверхности, на которых могут адсорбироваться реагирующие молекулы, называются **активными центрами**. Число активных центров, приходящееся на единицу массы катализатора, зависит от природы катализатора, от способа его приготовления и обработки непосредственно перед использованием.

В качестве примера гетерогенного катализа рассмотрим реакцию гидрирования этилена с образованием этана:

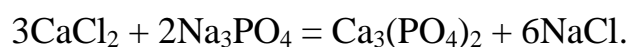


В отсутствие катализатора эта реакция практически не протекает. Однако в присутствии тонко измельченного металла, например, никеля, палладия или платины, реакция идет легко уже при комнатной температуре при

давлении водорода в несколько сотен атмосфер. Механизм этой реакции заключается в следующем. Сначала молекулы этилена и водорода адсорбируются на поверхности металла. Адсорбция водорода приводит к разрыву связи Н-Н и образованию двух связей М-Н, где М - активный центр на поверхности металла. Атомы водорода могут относительно свободно мигрировать по поверхности металла. При столкновении с адсорбированной молекулой этилена атомы водорода связываются с атомами углерода. Последние образуют по четыре химических связи, что уменьшает энергию взаимодействия с поверхностью металла. В результате образовавшаяся молекула этана отделяется от поверхности. Освободившийся активный центр снова адсорбирует следующую молекулу этилена, и весь цикл повторяется сначала.

3.7. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Как изменится скорость реакции при охлаждении с 70 °С до 20 °С, если температурный коэффициент γ равен 3?
2. Как изменится скорость реакции после упаривания в 2 раза исходных растворов хлорида кальция и фосфата натрия:



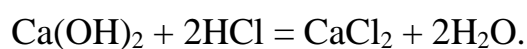
3. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при уменьшении температуры на 30 °С скорость реакции падает в 64 раза?
4. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Во сколько раз увеличится скорость, если температуру повысить на 40 °С?
5. Как изменится скорость реакции после повышения общего давления в системе в 2 раза:



6. Как изменится скорость химической реакции при понижении температуры со 170 °С до 120 °С при температурном коэффициенте скорости реакции равном 2?

7. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при понижении температуры на 40 °С скорость реакции падает в 16 раз?

8. Как изменится скорость реакции после разбавления растворов исходных реагентов в 4 раза:



9. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при повышении температуры на 40 °С скорость возрастает в 16 раз?

10. Температурный коэффициент скорости реакции 2,5. Во сколько раз изменится скорость при охлаждении от 45 до 15 °С?

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Часто в ходе химических реакций исходные реагенты не полностью превращаются в продукты, несмотря на высокую скорость взаимодействия. Это обусловлено тем, что многие реакции в определенных условиях являются обратимыми. Для таких реакций наряду с химическим взаимодействием исходных веществ (прямая реакция) характерно протекание взаимодействия между продуктами (обратная реакция).

С началом реакции концентрации исходных веществ начинают уменьшаться, а концентрации продуктов - расти. Поэтому первоначально скорость прямой реакции также уменьшается, а скорость обратной реакции - растет. Затем, когда обе скорости сравниваются, наступает состояние химического равновесия. В этом состоянии система представляет собой смесь как исходных реагентов, так и продуктов реакции, причем концентрации всех компонентов перестают изменяться при сохранении неизменными внешних условий.

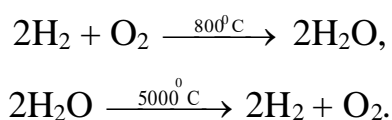
Аналогичное состояние достигается, например, в закрытом сосуде с жидкостью, когда в процессе испарения устанавливается равновесие между парами жидкости и самой жидкостью. В состоянии равновесия скорость перехода молекул жидкости в газовую фазу (испарение) становится равной скорости обратного перехода молекул из пара в жидкую фазу (конденсация).

Химическое равновесие является подвижным, так как при изменении внешних условий равновесие сдвигается в сторону протекания прямой или обратной реакции. Важно, что в состояние равновесия система может придти как со стороны исходных веществ, так и со стороны продуктов.

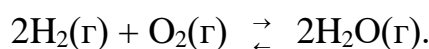
4.1. ГОМОГЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Рассмотрим реакцию взаимодействия водорода с кислородом. Если смешать газообразные исходные реагенты, то заметные количества паров воды начинают очень медленно образовываться лишь примерно с 400 °С. Дальнейшее нагревание гомогенной смеси ускоряет процесс и выше 600 °С реакция протекает со взрывом.

При температурах выше 600 °С водород и кислород соединяются со взрывом, но при температурах около 5000 °С уже сама вода полностью распадается на водород и кислород:



При промежуточных температурах возможны обе реакции. Данная ситуация имеет место в температурном интервале от 2000 до 4000 °С, когда одновременно происходит образование молекул воды из водорода и кислорода и обратный распад молекул H_2O на водород и кислород. При этих условиях реакция взаимодействия водорода с кислородом становится обратимой, т. е. протекающей в противоположных направлениях:



Для скоростей этих взаимно противоположных реакций можно составить следующие выражения:

$$\vec{V} = \vec{k} \cdot C^2(\text{H}_2) \cdot C(\text{O}_2), \quad \overleftarrow{V} = \overleftarrow{k} \cdot C^2(\text{H}_2\text{O}).$$

Если $\vec{V} > \overleftarrow{V}$, то за единицу времени молекул воды будет образовываться

больше, чем распадаться; если $\vec{V} < \overleftarrow{V}$, то распадаться будет больше, чем образовываться. Наконец, если $\vec{V} = \overleftarrow{V}$, число распадающихся и образующихся за единицу времени молекул воды будет одинаково; система достигнет состояния равновесия.

Нагреем водяной пар до 2000 °С. В первый момент времени в соответствующей системе молекулы водорода и кислорода отсутствуют и $\vec{V} = 0$. Скорость же реакции разложения молекул воды \overleftarrow{V} при достигнутой температуре является отличной от нуля. По мере разложения молекул воды скорость \vec{V} станет нарастать, а скорость \overleftarrow{V} - уменьшаться. В результате протекания двух противоположных по направлению реакций наступит такой момент, когда обе скорости станут равными по величине.

Если первоначально исходить не из водяного пара, а из водорода и кислорода, то результат будет тем же. И в первом и во втором случае при равенстве скоростей обеих реакций устанавливается **химическое равновесие**. Равновесие **характеризуется тем, что концентрации всех компонентов достигают постоянных значений и в реакционной системе в неизменном количестве присутствуют как исходные реагенты, так и продукты их взаимодействия**.

В состоянии равновесия видимых изменений в системе не происходит. Это обусловлено тем, что взаимно противоположные реакции протекают с одинаковыми скоростями. Причем к одним и тем же равновесным условиям можно подойти с двух различных направлений – либо со стороны исходных веществ, либо со стороны продуктов. Подобное химическое равновесие является **равновесием динамическим**: постоянно идет и образование молекул и их распад, но число образующихся за единицу времени молекул равно числу распадающихся.

Динамическое равновесие очень важно отличать от другого состояния, которое называют **метастабильным равновесием**. Например, можно поме-

стить в реакционный сосуд смесь O_2 , H_2 и H_2O , но не повышать температуру. Из-за низкой температуры химическая реакция развиваться не будет. Соответственно концентрации компонентов смеси не будут меняться со временем, что формально соответствует установлению равновесия, т. е. достижению равенства скоростей прямой и обратной реакций. Однако скорости реакций одинаковы, потому что равны нулю. Истинное (динамическое) состояние равновесия установится в системе лишь при повышении температуры, стимулирующей протекание как прямой, так и обратной реакции.

4.2. КОНСТАНТА ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Пользуясь выражениями для скорости прямой и обратной реакции, можно получить количественную характеристику равновесного состояния системы. При равновесии $\vec{V} = \overset{\leftarrow}{V}$, следовательно:

$$\vec{k} \cdot C^2(H_2) \cdot C(O_2) = \overset{\leftarrow}{k} \cdot C^2(H_2O_{\text{пар}}).$$

Перенесем константы скоростей в одну сторону уравнения, а концентрации реагентов – в другую:

$$\frac{\vec{k}}{\overset{\leftarrow}{k}} = \frac{C^2(H_2O_{\text{пар}})}{C^2(H_2) \cdot C(O_2)}.$$

Частное от деления двух постоянных величин \vec{k} и $\overset{\leftarrow}{k}$ есть также величина постоянная. Она называется константой равновесия и обозначается K_c . Таким образом:

$$K_c = \frac{C^2(H_2O_{\text{пар}})}{C^2(H_2) \cdot C(O_2)}.$$

Константа равновесия K_c представляет собой отношение произведения концентраций продуктов взаимодействия к произведению концентраций исходных веществ. При этом концентрация каждого вещества берется в степени, равной соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции. Численное значение константы равновесия зависит от температуры, но не зависит от концентрации реагентов. Если происходит изменение концентрации одного из веществ, участвующих в реакции, это вызывает изменение концентраций всех остальных компонентов, причем таким образом, что K_c сохраняет свое значение.

Для реакций с участием газообразных веществ константа равновесия также может быть выражена через парциальные давления реагентов. В этом случае константу обозначают K_p . Например, для равновесной системы, содержащей пары воды можно записать:

$$K_p = \frac{p^2(\text{H}_2\text{O}_{\text{пар}})}{p^2(\text{H}_2) \cdot p(\text{O}_2)}.$$

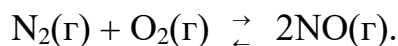
Воспользовавшись уравнением состояния идеального газа $p_i = n_iRT/V = C_iRT$, можно установить связь значений K_p и K_c :

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}. \quad (4.1)$$

Параметр Δn в уравнении (4.1) соответствует изменению числа молей газообразных веществ при переходе от исходных реагентов к продуктам взаимодействия.

K_p и K_c имеют различные значения, когда в химической реакции число молей исходных газообразных реагентов и число молей газообразных продуктов не совпадают, то есть $\Delta n \neq 0$. Когда эти числа совпадают, K_p и K_c будут равны, как, например, для следующей реакции, протекающей без изменения

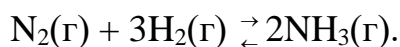
числа молей газообразных веществ:



По величине константы равновесия можно судить о степени протекания реакции. При большом значении K_c или K_p равновесие сильно сдвинуто вправо, т. е. большая часть исходных веществ превращается в продукты. При очень малых значениях константы равновесия прямая реакция протекает в незначительной степени, и равновесная смесь содержит преимущественно исходные реагенты. Также по константе равновесия можно предсказывать направление, в котором будет протекать реакция по мере приближения к равновесию, и вычислять концентрации компонентов в состоянии равновесия.

Например, рассмотрим смесь из 2,00 моль H_2 , 1,00 моль N_2 и 2,00 моль NH_3 , помещенную в сосуд объемом 1 л при температуре 472 К. Будет ли реакция между H_2 и N_2 давать дополнительное количество NH_3 , если при заданной температуре константа равновесия K_c составляет величину 0,105?

Подставим начальные концентрации H_2 , N_2 и NH_3 в выражение для константы равновесия реакции:



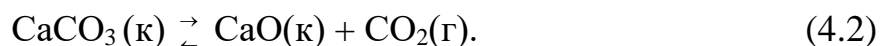
$$K_c = \frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c_3^3(\text{H}_2)} \cdot K_c' = \frac{2,00^2}{1,00 \cdot 2,00^3} = 0,500.$$

По условию задачи известно, что при заданной температуре $K_c = 0,105$. Следовательно, для того чтобы система приблизилась к равновесию, отношение $\frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c_3^3(\text{H}_2)}$ должно уменьшиться с 0,500 до 0,105. Это произойдет при

уменьшении $C(\text{NH}_3)$ и увеличении $C(\text{N}_2)$ и $C(\text{H}_2)$. Следовательно, равновесие будет смещаться справа налево.

4.3. ГЕТЕРОГЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Реакции с участием веществ, находящихся в различных фазовых состояниях называют гетерогенными. Примером такой реакции может служить термическое разложение кальцита в замкнутом объеме:

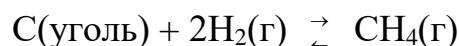


Общий вид константы равновесия справедлив и для гетерогенных реакций. Только в этом случае концентрации твердых веществ не входят в выражение константы равновесия. Дело в том, что парциальные давления (или концентрации) твердых веществ постоянны (условно можно принять их равными единице) и поэтому включаются в константу K_p . Например, для реакции (4.2):

$$K'_p = \frac{p(\text{CO}_2) p(\text{CaO})}{p(\text{CaCO}_3)} = \frac{p(\text{CO}_2) \text{const}_1}{\text{const}_2}; \quad \frac{K'_p}{\text{const}_{1,2}} = K_p = p(\text{CO}_2).$$

В качестве примера практического анализа состояния гетерогенного равновесия рассмотрим следующую задачу.

При 573 К для реакции



константа равновесия K_p составляет $1,53 \cdot 10^{-3}$. Определить, будет ли взрывоопасной метановоздушная смесь в замкнутом объеме (помещении) равном 50

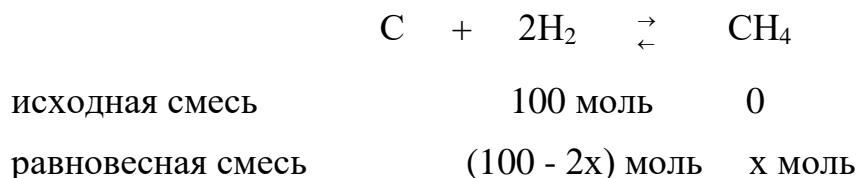
м³, в котором при 573 К и атмосферном давлении контактировали уголь и молекулярный водород. Масса водорода составила 200 г.

Решение.

1. Для рассматриваемой гетерогенной реакции: $K_p = p(\text{CH}_4)/p^2(\text{H}_2)$.

2. Определим исходное количество водорода в системе: $n(\text{H}_2) = m(\text{H}_2)/M(\text{H}_2) = 200/2 = 100$ моль.

3. Определим состав равновесной смеси газов (H_2 и CH_4). Обозначим через x число молей образовавшегося метана. Так как на его образование (согласно стехиометрическим коэффициентам уравнения реакции) должно израсходоваться $2x$ моль водорода, то в равновесной смеси останется $(100 - 2x)$ моль H_2 . Запишем:



Общее количество водорода и метана в равновесной смеси составляет суммарную величину: $\Sigma n = 100 - 2x + x = (100 - x)$ моль.

Для парциальных давлений компонентов получим следующие выражения (P - атмосферное давление):

$$p(\text{H}_2) = \frac{(100 - 2x)P}{100 - x}; \quad p(\text{CH}_4) = \frac{xP}{100 - x}.$$

Подставим эти выражения в уравнение для константы равновесия:

$$K_p = \frac{p(\text{CH}_4)}{p^2(\text{H}_2)} = \frac{x \cdot P(100 - x)^2}{P^2(100 - x)(100 - 2x)^2} = \frac{x(100 - x)}{P(100 - 2x)^2}.$$

После преобразований и подстановки численных значений величин получим:

$$K_p \cdot P(100 - 2x)^2 = x(100 - x); 1,53 \cdot 10^{-3} \cdot 1,013 \cdot 10^5 (100 - 2x)^2 = x(100 - x).$$

$$6,2x^2 - 620x + 15499 = 0. \quad x_1 = 50,4 \text{ моль}, \quad x_2 = 49,6 \text{ моль}.$$

Первый корень квадратного уравнения (x_1) - посторонний, так как из условия задачи следует: $100 - 2x \geq 0, \quad x \leq 50$.

4. Оценим взрывоопасность газовой смеси, образующейся при доступе воздуха к 49,6 моль CH_4 в объеме 50 м^3 . Учтем, что нижний предел взрываемости (в объемных процентах) при 293 К и атмосферном давлении для метана в смеси с воздухом составляет 5,0 %, а верхний - 14,9 %.

$$V(\text{CH}_4) = n(\text{CH}_4) \cdot V_m = 49,6 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 1111 \text{ л}.$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = V(\text{CH}_4)/50 \text{ м}^3 = 1111 \cdot 10^{-3}/50 = 0,022 = 2,2 \text{ \%}.$$

Полученный результат свидетельствует, что образующаяся газовоздушная смесь в указанном объеме (помещении) не будет взрывоопасной по метану. Не достигается нижний предел взрываемости (составляет 4 % по объему) и для водородовоздушной смеси, образуемой остатком водорода.

4.4. СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

В системе, находящейся в состоянии динамического равновесия, прямой и обратный процессы протекают с одинаковыми скоростями. Изменение условий, в которых находится система, может нарушить состояние равновесия. В результате равновесие будет смещаться до тех пор, пока не установится новое равновесие.

Для определения направления смещения равновесия может быть использован **принцип Ле Шателье - Брауна**:

если на систему, находящуюся в состоянии равновесия, оказывают внешнее воздействие (например, изменяют давление, концентрацию реагентов или температуру), то в системе будут развиваться процессы, смещающие равновесие в том направлении, которое ослабляет внешнее воздействие.

Так, повышение давления сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества газообразных веществ. Добавление в равновесную систему какого-либо компонента реакции сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества этого компонента. Повышение (понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону протекания реакции, являющейся эндотермической (экзотермической). Знание условий для проведения химической реакции в нужном направлении часто важно в практическом значении. Поэтому рассмотрим влияние различных факторов на смещение химического равновесия более подробно.

Пусть в равновесную систему



вводится избыток водорода. Постоянство значения константы равновесия

$K_p = \frac{p^2(\text{H}_2\text{O})}{p^2(\text{H}_2)p(\text{O}_2)}$ может быть при этом сохранено только в том случае, если

соответственно уменьшится концентрация кислорода и увеличится концентрация водяного пара. Практически это означает, что, желая при данных внешних условиях полнее использовать кислород, следует увеличивать концентрацию водорода. С другой стороны, чтобы полнее использовать водород, нужно вводить в систему избыток кислорода.

Того же эффекта - более полного использования одного из реагирующих веществ - можно добиться и путем уменьшения концентрации другого участника реакции. Допустим, что система (4.3) заключена в реакционном

сосуде, непроницаемом для водяного пара и кислорода, но пропускающем водород. Тогда последний будет покидать систему, уменьшая тем самым знаменатель выражения для константы равновесия. В силу постоянства K_p , неизбежным результатом этого явится дальнейшее разложение водяного пара и накопление свободного кислорода.

Соединение водорода с кислородом сопровождается выделением тепла, а распад водяного пара - его поглощением. Поэтому, чем больше тепла сообщается системе извне, тем более это благоприятствует распаду водяного пара, т. е. эндотермической реакции. Наоборот, отвод тепла от системы путем ее охлаждения затрудняет распад водяного пара и тем самым благоприятствует более полному соединению водорода с кислородом, т. е. экзотермической реакции. Следовательно, при нагревании равновесной системы равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, при охлаждении - в сторону экзотермической.

Для газообразной системы (4.3) имеем в левой части уравнения 3 моля газов, в правой - 2 моля. Применяя закон Авогадро, найдем, что если бы весь водяной пар разложился на водород и кислород, то система занимала бы объем $V = V_m \cdot n = 22,4 \cdot 3 = 67,2$ л, а если бы распада совсем не было - $V = V_m \cdot n = 22,4 \cdot 2 = 44,8$ л.

Изменение оказываемого на газообразную систему внешнего давления должно вызывать соответствующее изменение объема. При повышении давления он будет уменьшаться, при понижении - увеличиваться. Допустим, что оказываемое на систему внешнее давление повышается. Равновесие (4.3) при этом будет смещаться в сторону образования водяного пара, т. е. его относительная концентрация возрастет. Но по закону действия масс соответственно ускоряется идущее с увеличением объема разложение водяного пара на водород и кислород: $\overset{\leftarrow}{V} = kC^2(\text{H}_2\text{O})$. Новое состояние равновесия установится при такой концентрации водяного пара, когда создаваемое самой системой давление станет равно производимому на нее извне.

Таким образом, при увеличении внешнего давления на систему (4.3) равновесие сместится в сторону образования паров воды, при уменьшении - в сторону распада ее молекул. Следует обратить внимание, что речь идет об изменении общего, а не парциального давления газов. Внешнее воздействие на равновесную систему, заключающееся в изменении парциального давления какого - либо газообразного реагента идентично ситуации, когда меняется концентрация этого реагента. В общем случае, для реакций с участием газов повышение внешнего давления смещает равновесие в сторону меньшего числа молей газообразных веществ. Отсюда вытекает формулировка принципа смещения равновесий применительно к влиянию давления на равновесие обратимых газовых реакций: **при увеличении давления равновесие смещается в сторону образования меньшего числа молекул газообразных веществ, а при уменьшении давления - в сторону большего.**

В том случае, когда общее число молекул газообразных веществ в левой и правой частях уравнения реакции одинаково, изменение давления не влияет на положение химического равновесия.

Занимаемые твердыми и жидкими веществами объемы мало меняются в процессе изменения внешнего давления. Поэтому данный параметр почти не влияет на равновесия конденсированных систем. В смешанных случаях, когда одновременно имеются вещества в различных агрегатных состояниях, для учета влияния давления на равновесие практическое значение обычно имеет только число молекул газообразных веществ.

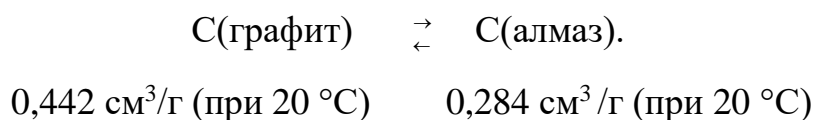
В качестве примера рассмотрим гетерогенную равновесную систему:



Подходя к подсчету количества частиц формально (2 моля - слева и 2 моля - справа), можно было бы сделать вывод, что давление не влияет на равновесие данной системы. Однако газами являются только CO_2 и CO . По-

этому повышение давления будет смещать рассматриваемое равновесие влево (в сторону меньшего числа молей газообразных веществ), а понижение давления - вправо (в сторону большего числа молей газов).

В соответствии с принципом Ле Шателье - Брауна происходят смещения всех фазовых равновесий. Так, если повышать давление в системе, то сдвиг равновесия будет происходить в сторону той фазы, которая имеет меньший удельный объем и большую плотность. Например, с увеличением давления сместится в сторону продукта следующее равновесие (под химическими формулами веществ указаны их удельные объемы при соответствующих температуре и давлении):



Изменение внешнего давления мало влияет на химическое равновесие фазового перехода, когда все участвующие в нем вещества находятся в конденсированном состоянии. Заметно влияют лишь давления порядка $1 \cdot 10^9$ Па. В соответствии с этим, существенно зависят от давления температуры кипения веществ и мало зависят температуры плавления.

Разбавление газообразных реагентов инертным газом приводит к смещению равновесия в том же направлении, что и уменьшение общего давления в системе.

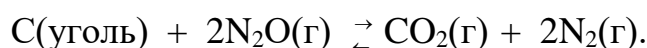
Повышение температуры ведет к смещению фазового равновесия в том направлении, которое характеризуется поглощением теплоты. Так, диссоциация одного моля паров воды на водород H_2 и кислород O_2 требует затрат 241,98 кДж (эндотермический процесс). При обычной температуре вода - вполне термически устойчивое соединение, но с ростом температуры происходит постепенный сдвиг вправо соответствующего равновесия (4.3).

Сдвиг равновесия приводит к тому, что степень разложения воды на

водород и кислород, составляющая, например, 0,03 % при 1273 К достигает 11,2 % при 2773 К.

4.5. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

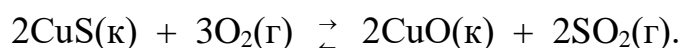
1. Напишите выражение для константы равновесия реакции:



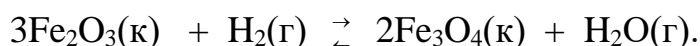
2. Напишите выражение для константы равновесия реакции:



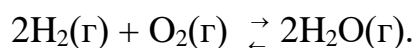
3. Рассчитайте исходную концентрацию O_2 , если равновесные концентрации составляют $\text{C}(\text{O}_2) = 0,1$ моль/л, $\text{C}(\text{SO}_2) = 0,15$ моль/л:



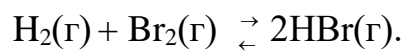
4. Рассчитайте исходную концентрацию водорода, если равновесные концентрации составляют $\text{C}(\text{H}_2) = 0,15$ моль/л, $\text{C}(\text{H}_2\text{O}) = 0,3$ моль/л:



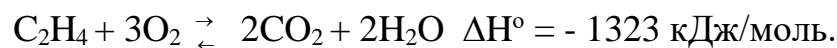
5. Как сдвинется равновесие, если объём системы уменьшится:



6. В какую сторону сдвинется равновесие при уменьшении объёма системы:



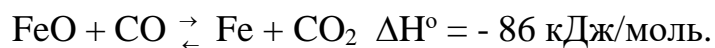
7. В каком направлении сдвинется равновесие при повышении температуры:



8. Как сдвинется равновесие в системе, если уменьшить температуру:



9. Как повлияет на равновесие падение температуры в системе:



Глава 5

ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ

5.1. РАСТВОРЫ

Среди различных веществ, окружающих нас в природе, лишь очень немногие не содержат примесей. Большинство природных и техногенных веществ содержат несколько компонентов и представляют собой смеси. Многие такие смеси являются гомогенными (однородными), т. е. составляющие их компоненты равномерно на молекулярном уровне распределены относительно друг друга. Подобные гомогенные системы переменного состава, образованные двумя и более веществами, называют **растворами**.

Примерами растворов служат природные водные системы, многие технические растворы, применяемые при обогащении полезных ископаемых, различные фракции перегонки нефти.

Если при образовании раствора равномерное распределение индивидуальных веществ приводит к образованию твердой однофазной системы, то такую систему называют твердым раствором. Твердые растворы составляют основу большинства применяемых в технике сплавов металлов. Эти растворы также распространены среди природных минералов.

Кроме жидких и твердых растворов существуют газовые растворы. Воздух, которым мы дышим, представляет собой гомогенную смесь газообразных веществ. В окружающем нас мире можно найти много примеров растворов. Так, воды Мирового океана представляют собой водный раствор большого числа различных веществ.

Природные водные растворы являются сложными физико - химическими системами, образующимися при взаимодействии воды с горными породами и минералами. К природным растворам относятся как поверхностные воды (воды рек, озер, морей, океанов), так и подземные воды (почвенные и грунтовые воды, межпластовые, жильные, карстовые воды и т. п.).

Среднее содержание солей в речных водах составляет около 0,01 % (по массе). Несмотря на относительно малое содержание растворенных солей, их

ежегодно выносятся реками в океан более двух миллиардов тонн. Содержание солей в морской воде несравненно больше, чем в речной. Для Мирового океана оно составляет в среднем 3,5 %. Среди солей океана значительно преобладают хлориды и сульфаты натрия и магния. Среднее содержание важнейших ионов океанской воды (в массовых процентах) представлено в таблице 5.1.

Основное количество ионов металлов накапливалось в морской воде в результате разрушения горных пород земной поверхности. Кроме отмеченных выше, океан содержит практически и все остальные известные химические элементы, но в еще меньших количествах.

Для характеристики составных частей растворов используют понятия «растворитель» и «растворенное вещество». Обычно растворителем называют компонент, сохраняющий свое фазовое состояние при образовании раствора.

Таблица 5.1

Процентное содержание ионов, присутствующих в морской воде в наибольшем количестве

Ион	Cl ⁻	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻
ω, %	1,9	1,1	0,27	0,13	0,041	0,040	0,011

Например, при образовании раствора из NaCl и H₂O растворителем является вода, т. к. именно она переходит в раствор, не меняя своего агрегатного состояния. Если все компоненты раствора до перемешивания находятся в одинаковой фазе, растворителем называют тот компонент, который содер-

жится в наибольшем количестве. Например, в окружающем нас газообразном по агрегатному состоянию растворе - атмосферном воздухе растворителем является азот. Остальные газы, присутствующие в атмосфере в меньшем количестве (кислород, углекислый газ, водород и т. д.), являются растворенными веществами. Количество растворенного компонента принято характеризовать концентрацией раствора.

5.2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Концентрация является одной из важных характеристик раствора. Для качественного описания концентрации используются такие понятия как разбавленный и концентрированный раствор. Растворы, содержащие очень много растворенного вещества, называют **концентрированными**, содержащие его немного - **разбавленными**. Концентрированный раствор может быть насыщенным и ненасыщенным.

Для водных растворов веществ при фиксированном значении температуры обычно существует предел насыщения. Например, сколько бы ни находился хлорид натрия в воде при 20 °С, больше 36 г NaCl в 100 г H₂O не растворится, избыточное количество соли останется в твердой фазе.

В насыщенном жидком растворе осадок твердого вещества существует в динамическом равновесии с тем же веществом, находящимся в растворенном состоянии: скорость отрыва частиц с поверхности кристаллов равна скорости их обратного оседания.

Раствор, в котором растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе, называется ненасыщенным. При внесении в него новых количеств данного вещества, последнее растворяется и концентрация раствора возрастает. Раствор называется пересыщенным, если его концентрация больше, чем у насыщенного раствора. Пересыщенный раствор может образоваться, например, в результате осторожного охлаждения раствора, насыщенного при

более высокой температуре. Если внести в него частицу того вещества, которое в нем растворено, весь избыток последнего сразу выкристаллизовывается. Пересыщенные растворы в отличие от насыщенных - неустойчивые системы и способны существовать только в отсутствии контактирующей с ними твердой фазы растворенного вещества (затравки).

Следует принимать во внимание, что насыщенный раствор может содержать очень мало растворенного вещества, если оно плохо растворимо. Например, насыщенный раствор CaSO_4 при $18\text{ }^\circ\text{C}$ содержит в 100 г раствора всего 0,2 г соли, тогда как раствор, содержащий 25 г KNO_3 в 100 г воды при $20\text{ }^\circ\text{C}$, - ненасыщенный.

Для количественного выражения концентрации растворов на практике используют несколько способов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

1. $\omega(\text{X})$ - **массовая доля растворенного вещества**. Определяется отношением массы растворенного вещества X к общей массе раствора. Выражается в процентах или долях единицы:

$$\omega(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{m(\text{раствора})} 100\%.$$

Например, $\omega(\text{NaCl}) = 2,5\%$ - массовая доля хлорида натрия в растворе составляет 2,5 %.

2. $\text{C}(\text{X})$ – **молярная концентрация** (концентрация количества растворенного вещества X). Определяется числом молей $\nu(\text{X})$ данного компонента, приходящимся на единицу объема раствора (1 л); размерность моль/л или второе возможное обозначение – М:

$$\text{C}(\text{X}) = \frac{\nu(\text{X})}{V} = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X})V} \left[\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right].$$

Например, $C(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л или $C(\text{HCl}) = 0,1$ М - молярная концентрация раствора соляной кислоты составляет 0,1 моль/л.

3. $\chi(\text{X})$ – **молярная доля компонента X**. Определяется отношением числа молей этого компонента к сумме чисел молей всех компонентов раствора. Молярная доля может быть выражена как в долях единицы, так и в процентах:

$$\chi(\text{X}) = \frac{v(\text{X})}{\sum v_i}.$$

Молярные доли являются наиболее удобными характеристиками состава при теоретическом анализе свойств растворов, поскольку показывают, какую часть от общего числа молекул (атомов) в системе составляют молекулы (атомы) определенного компонента.

4. $b(\text{X})$ – **моляльная концентрация** раствора или моляльность. Определяется отношением количества растворенного вещества $v(\text{X})$ к массе растворителя $m(\text{Y})$; размерность моль/кг:

$$b(\text{X}) = \frac{v(\text{X})}{m(\text{Y})} \left[\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right].$$

Следует обратить внимание на различие между молярной концентрацией и моляльностью: при определении моляльности используется масса растворителя, при определении молярности – объем раствора.

5. $C_f(\text{Э}(\text{X}))$ или $C_n(\text{Э}(\text{X}))$ – **молярная концентрация эквивалента (эквивалентная концентрация)**. Определяется отношением числа молей эквивалента вещества $v_f(\text{X})$ к объему раствора; размерность моль (экв)/л или второе возможное обозначение – н.:

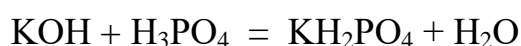
$$C_f(\text{Э}(\text{X})) = \frac{v_f(\text{X})}{V} = \frac{m(\text{X})}{M(\text{Э}(\text{X}))} \quad \left[\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right].$$

Например, молярная концентрация эквивалента соляной кислоты составляет 0,1 моль/л: $C_f(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л или $C_f(\text{HCl}) = 0,1$ н.; молярная концентрация эквивалента фосфорной кислоты составляет 0,2 моль/л: $C_f(1/3 \text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$ моль/л или $C_f(1/3 \text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$ н.

Напомним, что эквивалент $\text{Э}(\text{X})$ - это реальная либо условная частица (атом, молекула либо какая-то часть молекулы) вещества X, которая эквивалентна одному иону водорода в реакции ионного обмена или одному электрону в окислительно - восстановительной реакции.

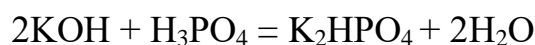
Необходимо особо подчеркнуть, что эквивалент для данного вещества не является неизменной величиной, а зависит от того, в какой конкретной реакции участвует это вещество.

Поскольку для кислот и оснований эквивалент представляет собой частицу вещества, которая в данной реакции высвобождает один ион водорода или соединяется с ним (или каким-либо другим образом эквивалентна ему), то, например, в реакции:



эквивалент фосфорной кислоты равен молекуле H_3PO_4 ($\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \text{H}_3\text{PO}_4$), поскольку в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает только один ион водорода.

В другой реакции:



эквивалент кислоты равен половине молекулы ($\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 \text{H}_3\text{PO}_4$), т. к. в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает два иона

водорода.

В случае реакции восстановления KMnO_4 в кислой среде

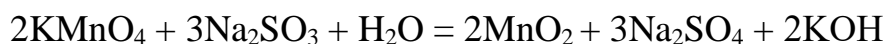


эквивалент KMnO_4 составляет $1/5$ часть молекулы, т. к. в данной реакции один перманганат – ион (одна молекула перманганата калия) присоединяет пять электронов:

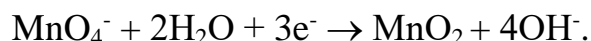


Следовательно, $\mathcal{E}(\text{KMnO}_4) = 1/5 \text{ KMnO}_4$.

Для реакции восстановления KMnO_4 в нейтральной среде



эквивалент KMnO_4 будет равен $1/3$ части молекулы, т. к. в данной реакции одна молекула перманганата калия присоединяет три электрона:



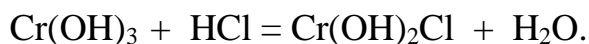
Следовательно, $\mathcal{E}(\text{KMnO}_4) = 1/3 \text{ KMnO}_4$.

Молярной массой эквивалента вещества X называют массу одного моля эквивалентов этого вещества.

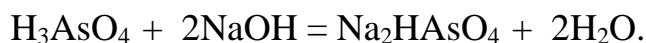
Например, если $\mathcal{E}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 \text{ H}_3\text{PO}_4$, то $M(\mathcal{E}(\text{H}_3\text{PO}_4)) = 1/2 M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98/2 = 49 \text{ г/моль}$.

5.2.1. Задачи для самостоятельного решения

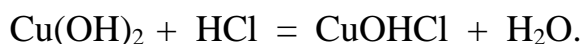
1. Вычислить молярную массу эквивалента основания, исходя из уравнения реакции:



2. Вычислить молярную массу эквивалента кислоты, исходя из уравнения реакции:



3. Вычислить молярную массу эквивалента основания, исходя из уравнения реакции:



4. Рассчитать массовую долю вещества в растворе, полученного при растворении 4 г этого вещества в 30 мл воды.

5. Сколько граммов вещества нужно растворить в 460 г воды, чтобы получить 20 %-ный раствор?

6. Сколько граммов соли и воды содержится в 700 г 11 %-ного раствора?

7. К 1 л 6 %-ного раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1,031$ г/мл) прилили 1 л воды. Какова молярная концентрация полученного раствора?

8. Сколько граммов Na_2CO_3 содержится в 1 л 0,5 н. раствора?

9. Вычислить молярность 12 %-ного раствора KOH ($\rho = 1,1$ г/мл).

10. В 250 мл раствора KCNS содержится 30 г соли. Вычислить эквивалентную концентрацию раствора.

11. Вычислить молярную концентрацию 20 %-ного раствора сульфата железа (II) ($\rho = 1,21$ г/мл).

12. Сколько граммов AgNO_3 и воды надо взять для приготовления 200 мл 0,1 н. раствора?

13. Сколько граммов хлорида железа (III) содержится в 20 мл 0,15 н.

раствора?

14. По известной молярной концентрации выразить концентрацию водного раствора через массовую долю растворенного вещества, моляльность, молярную долю и эквивалентную концентрацию:

Номер задачи	Растворенное вещество	Концентрация $C(X)$, моль/л	Плотность раствора, г/мл	Температура T , К
1	$AgNO_3$	1,405	1,194	293
2	$AlCl_3$	1,185	1,129	291
3	$BaCl_2$	1,444	1,253	293
4	$CaCl_2$	1,190	1,101	293
5	$Ca(NO_3)_2$	1,100	1,128	291
6	$CdSO_4$	1,034	1,198	291
7	$FeCl_3$	1,900	1,234	293

Ответы. **1.** 20 %; 1,468 моль/1000 г; 0,026; 1,405 моль(экв)/л. **2.** 14 %; 1,22 моль/1000 г; 0,022; 3,555 моль(экв)/л. **3.** 24 %; 1,52 моль/1000 г; 0,027; 2,89 моль(экв)/л. **4.** 12 %; 1,23 моль/1000 г; 0,022; 2,38 моль(экв)/л. **5.** 16 %; 1,161 моль/1000 г; 0,021; 2,2 моль(экв)/л. **6.** 18 %; 1,053 моль/1000 г; 0,019; 2,068 моль(экв)/л. **7.** 25 %; 2,055 моль/1000 г; 0,036; 5,7 моль(экв)/л.

5.3. РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВА И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Растворимостью называют способность вещества растворяться в том или ином растворителе. Количественно растворимость характеризуется концентрацией насыщенного раствора при определенных температуре и давлении. Растворимость зависит от природы растворенного вещества и растворителя, температуры, внешнего давления. Растворимость твердых, жидких и

газообразных веществ в жидкостях во многом зависит от того, являются ли растворенное вещество и растворитель оба полярными или неполярными веществами (взаимная растворимость относительно велика), или одно из них полярно, а другое неполярно (взаимная растворимость незначительна).

Молекула называется **полярной** (дипольной), если в ней центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают и находятся на некотором расстоянии r друг от друга. Мерой полярности молекулы служит **дипольный момент** μ - произведение абсолютной величины заряда e одного из полюсов диполя на расстояние r между центрами зарядов: $\mu = e \cdot r$.

Жидкости, используемые в качестве растворителей, считают малополярными, если дипольный момент образующих их молекул менее $5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. При отнесении растворителей к числу мало- или сильнополярных можно руководствоваться табличными величинами диэлектрической проницаемости для этих жидкостей. Низким значениям дипольного момента ($\mu < 5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м), как правило, отвечают низкие значения диэлектрической проницаемости ($\epsilon < 10$); жидкости же, отличающиеся большой полярностью и высокими значениями дипольного момента молекул, характеризуются также и выраженными диэлектрическими свойствами ($\epsilon > 10$).

В табл. 5.2 приведены значения дипольных моментов молекул и диэлектрической проницаемости для наиболее часто применяемых растворителей.

Полярные растворители обычно смешиваются в любых пропорциях и могут также служить хорошими растворителями для других (твердых и газообразных) веществ полярного характера. Точно так же неполярные растворители, обнаруживая неограниченную растворимость друг в друге, могут служить хорошими растворителями для большинства веществ неполярного или малополярного характера. Поэтому задача подбора подходящего растворителя для того или иного вещества может быть упрощена, если известна его полярность.

**Значения дипольного момента и диэлектрической проницаемости
для распространенных растворителей (T = 298 K)**

Растворитель	$\mu \cdot 10^{-30}$ Клм	ϵ
Ацетон CH_3COCH_3	9,8	20,7
Бензол C_6H_6	0	2,28
Вода H_2O	6,1	80,08
Метанол CH_3OH	5,6	32,63
Нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	13,3	34,75
Сероуглерод CS_2	0	2,64
Тетрахлорид углерода CCl_4	0	2,24
Толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	1,3	2,38
Хлороформ CHCl_3	3,8	4,72
Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	5,7	25,2

Растворимость различных веществ в одном и том же растворителе, например, в воде, может изменяться в значительных пределах. Принято считать легкорастворимым вещество, растворимость которого при комнатной температуре (293 K) превышает 10 г на 100 г растворителя. Если растворимость находится в пределах 0,01 – 1,00 г на 100 г растворителя, то вещество считают труднорастворимым. При растворимости менее 0,01 г на 100 г растворителя вещество считают практически нерастворимым.

Образование раствора двумя веществами, каждое из которых находится в конденсированном состоянии (твердом или жидком), обычно сопровождается сравнительно небольшими изменениями объема (чаще всего в сторону сокращения). При этом давление незначительно влияет на величину их

взаимной растворимости. Лишь при давлениях порядка 10^9 Па удается отметить существенное изменение взаимной растворимости такого рода веществ, причем характер этого изменения можно предсказать, исходя из принципа Ле Шателье – Брауна.

Так, если при образовании раствора из двух твердых или жидких веществ А и В происходит сокращение объема, то увеличение давления оказывает положительное влияние на их взаимную растворимость. Если же при растворении имеет место увеличение объема системы, то давление оказывает отрицательное влияние на растворимость. Например, растворение нитрата аммония NH_4NO_3 в воде сопровождается увеличением объема и при давлениях порядка 10^9 Па растворимость этого вещества в воде уменьшается примерно вдвое в сравнении с растворимостью при атмосферном давлении. Если растворяемое вещество газ, а растворителем является жидкость (или твердое вещество), то образование раствора сопровождается значительным сокращением объема системы. В соответствии с этим растворимость газов в жидкостях заметно возрастает по мере увеличения давления.

Согласно устоявшимся представлениям, растворяемое вещество взаимодействует с молекулами растворителя. В результате в растворе образуются соединения, состоящие из растворенного вещества и растворителя. Такие соединения получили название сольватов (от латинского *solvere* – растворять), а если растворитель – вода, то гидратов. Состав сольватов в растворе непостоянен: он меняется с изменением концентрации и температуры раствора. Наряду с сольватами (гидратами) в растворе имеются и свободные молекулы растворителя. Поэтому состав раствора в отличие от химических соединений может меняться в широких пределах. Гидраты часто удается выделить, охлаждая или выпаривая раствор, например, получены гидраты $\text{SiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Некоторые гидраты оказываются нестойкими, легко разлагаются при выпаривании раствора. Их существование в растворе удастся доказать лишь косвенными методами, например, исследуя спектры поглощения.

5.4. ОСМОС. ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

Растворы различных веществ обладают способностью к диффузии. Это явление заключается в том, что сольватированные молекулы (ионы) растворенного вещества самопроизвольно перемещаются в среде растворителя из локальных областей большей концентрации в локальные области меньшей концентрации. В результате с течением времени концентрация раствора становится одинаковой во всем объеме жидкости. Самопроизвольное выравнивание концентрации происходит и тогда, когда два раствора различной концентрации (или раствор и растворитель) отделены друг от друга полупроницаемой перегородкой (мембраной). Такие перегородки легко пропускают через себя молекулы растворителя (например, воды), но задерживают частицы растворенного вещества. Этим свойством обладают пергамент, оболочки клеток и др. Выравнивание концентрации через полупроницаемую мембрану идет односторонне – путем поглощения растворителя из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией. Процесс односторонней диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану называется **осмосом**.

Механизм осмоса можно представить следующим образом. Так как концентрация молекул воды в разбавленном растворе больше, чем в концентрированном, а система стремится к равновесному состоянию, то из первого раствора во второй проникает через полупроницаемую мембрану больше молекул воды, чем уходит в обратном направлении. Давление, которое надо приложить к раствору, чтобы привести его в равновесие с чистым растворителем, отделенным от раствора полупроницаемой мембраной, называется осмотическим.

Немецкий ученый Пфедфер в 1887 году установил следующие **закономерности осмоса**:

1) осмотическое давление при постоянной температуре прямо пропорционально концентрации раствора:

2) осмотическое давление при постоянной концентрации пропорционально абсолютной температуре.

В том же 1887 году голландский ученый Вант - Гофф открыл закон:

осмотическое давление раствора равно тому давлению, которое производило бы растворенное вещество, если бы оно в виде газа занимало при той же температуре объем, равный объему раствора:

$$p = CRT, \quad (5.1)$$

где p - осмотическое давление раствора; C - молярная концентрация раствора; R - константа, численно равная универсальной газовой постоянной; T - абсолютная температура.

Закон Вант - Гоффа применим лишь к разбавленным растворам неэлектролитов, т. е. к тем системам, в которых можно пренебречь взаимодействием молекул растворенного вещества друг с другом и с молекулами растворителя. Растворы неэлектролитов высокой концентрации и электролитов любой концентрации обнаруживают значительные отклонения от этого закона.

Осмотическое давление проявляется лишь в том случае, если на пути к равномерному распределению растворенного вещества во всем объеме раствора встает полупроницаемая мембрана. При этом стремление растворенного вещества к диффузии в направлении меньших концентраций проявляется в виде одностороннего давления на полупроницаемую перегородку, поскольку давление по другую сторону этой перегородки, проистекающее от тех же самых тенденций, меньше. Таким образом, осмотическое давление не означает какое-то дополнительное механическое давление в растворителе, возникающее из-за наличия в нем растворенного вещества, а является лишь мерой стремления растворенного вещества к равномерному распределению во всем объеме растворителя, находящегося по обе стороны полупроницаемой мембраны.

Растворы, имеющие одинаковое осмотическое давление, называют **изотоническими**. Исходя из уравнения (5.1), можно было бы ожидать, что растворы самых разнообразных веществ, имеющие одну и ту же молярную концентрацию, должны быть изотоническими. В действительности из-за того, что одни вещества при растворении распадаются на ионы (более подробно о диссоциации – раздел 6) или же в результате ассоциации образуют более сложные агрегаты молекул, а другие при этом не претерпевают изменений, растворы равной молярной концентрации не всегда оказываются изотоническими.

Если учесть, что из n_0 молекул растворенного вещества образуется n_i дочерних частиц, то в уравнение (5.1) для расчета осмотического давления необходимо ввести дополнительный множитель i , называемый изотоническим коэффициентом Вант - Гоффа:

$$p_{\text{осм.}} = i \cdot C \cdot R \cdot T.$$

Коэффициент i равен отношению числа отдельных частиц (молекул, ионов, ассоциированных молекул) n_i к общему числу молекул растворенного вещества n_0 в объеме раствора: $i = n_i / n_0$. Он показывает, во сколько раз число частиц в растворе электролита больше, чем в растворе неэлектролита с такой же концентрацией.

Если из общего числа молекул растворенного вещества какая то часть α их первоначального количества распалась на ν дочерних частиц, а оставшая часть молекул $(1 - \alpha)$ остается в неизменном виде, то изотонический коэффициент будет равен:

$$i = \alpha \nu + (1 - \alpha) = \alpha(\nu - 1) + 1.$$

Для электролита, распадающегося на 2 иона ($\nu = 2$), например, для NaCl, $i = 1 + \alpha$; для CaCl₂ (распадается на три иона) $i = 1 + 2\alpha$ и т. д. Для ассоциата,

например, H_2F_2 ($\nu = 1/2$) $i = 1 - 1/2\alpha$. Во всех случаях α - это степень диссоциации или степень ассоциации растворенного вещества, выраженная в долях единицы.

5.4.1. Примеры решения задач

Задача 1. Давление паров воды при 293 К составляет 2332,82 Па, а давление пара раствора, содержащего нелетучее растворенное вещество – 2290,26 Па.

Определите осмотическое давление раствора при 313 К, если его плотность при этой температуре 1,01 г/см³, а молярная масса растворенного вещества равна 60 г/моль.

Решение.

1) Определим молярную долю растворенного вещества в растворе:

$$N_2 = \frac{p_{H_2O}^0 - p_{H_2O}}{p_{H_2O}^0} = \frac{2332,82 - 2290,26}{2332,82} = 0,0182.$$

2) Пересчитаем концентрацию, выраженную в молярных долях, на молярную концентрацию:

$$C_2 = \frac{1000\rho N_2}{N_2 M_2 + N_1 M_1} = \frac{1000 \cdot 1,01 \cdot 0,0182}{0,0182 \cdot 60 + 0,9818 \cdot 18,016} = 0,98 \text{ моль/л.}$$

3) Определим осмотическое давление:

$$p_{\text{осм.}} = CRT = 0,98 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 313 = 2,573 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Ответ: осмотическое давление раствора составляет $2,573 \cdot 10^6$ Па.

Задача 2. В каком растворе осмотическое давление будет максимальным,

если $C(\text{NaCl}) = C(\text{K}_2\text{SO}_4) = C(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2$ моль/л?

Решение.

1) Осмотическое давление растворов электролитов (NaCl и K_2SO_4) будет выше, чем осмотическое давление раствора неэлектролита – глюкозы ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), так как:

$p_{\text{осм.}}(\text{NaCl}) = iCRT$; $p_{\text{осм.}}(\text{K}_2\text{SO}_4) = iCRT$; $p_{\text{осм.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = CRT$, где $i > 1$.

2) Из двух растворов электролитов максимальное осмотическое давление будет в растворе с наибольшим изотоническим коэффициентом i .

Для сильных электролитов степень электролитической диссоциации α можно принять за 1, тогда: $i(\text{NaCl}) = 1 + 1(2-1) = 2$; $i(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1 + 1(3-1) = 3$.

Ответ: наибольшим осмотическим давлением в ряду рассмотренных растворов обладает раствор сульфата калия.

5.4.2. Задачи для самостоятельного решения

1. При 290 К осмотическое давление раствора, содержащего 0,125 г органического вещества в 25 мл воды, равно $2,006 \cdot 10^5$ Па. Вычислить молярную массу растворенного вещества. Ответ: 60 г/моль.

2. Сколько граммов глицерина следует растворить в $0,001 \text{ м}^3$ воды, чтобы осмотическое давление полученного раствора при 290 К было $2,026 \cdot 10^5$ Па? Ответ: 7,73 г.

3. При температуре 300 К осмотическое давление раствора сахара составляет $1,064 \cdot 10^5$ Па. Определите осмотическое давление этого раствора при 273 К. Ответ: $9,682 \cdot 10^4$ Па.

4. При 298 К давление паров воды равно 23,76 мм рт. ст., а давление паров раствора глицерина - 23,68 мм рт. ст. Вычислите осмотическое давление этого раствора при 310 К. Плотность раствора составляет величину

1,0017 г/см³. Ответ: 4,585·10⁵ Па.

5.5. ДАВЛЕНИЕ ПАРА РАСТВОРИТЕЛЯ НАД РАСТВОРОМ. ЗАМЕРЗАНИЕ И КИПЕНИЕ РАСТВОРА

Жидкость, помещенная в замкнутый объем, испаряется и молекулы ее пара, ударяясь о стенки сосуда, создают определенное давление. Это давление растет с повышением температуры. Если в этой жидкости растворить нелетучее вещество (например, сахар), то при той же температуре давление пара над раствором будет ниже, чем над чистым растворителем. Это можно пояснить так. У раствора часть поверхности, с которой происходит испарение, занята молекулами растворенного вещества. Поэтому в единицу времени с этой поверхности испаряется меньше молекул растворителя, следовательно, падает и создаваемое ими давление.

Французский ученый **Рауль установил закон** (1887 г.):

в разбавленных растворах нелетучих неэлектролитов понижение давления пара пропорционально количеству вещества, растворенного в данном количестве растворителя:

$$\Delta p = p \frac{n}{N}, \quad (5.2)$$

где Δp – понижение давления пара над раствором; p – давление пара чистого растворителя; n – число молей растворенного вещества; N – число молей растворителя.

Из уравнения (5.2) следует, что понижение давления пара растворителя над раствором не зависит от природы растворенного вещества и определяется только его концентрацией: чем выше концентрация раствора, тем сильнее уменьшается давление пара над ним.

Жидкость кипит при той температуре, при которой давление насы-

щенного пара становится равным внешнему давлению. С другой стороны, температура замерзания – это та температура, при которой давление пара над жидкостью равно давлению пара над тем же веществом в твердом состоянии. Например, температура кипения воды при нормальном давлении равна $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а замерзания – $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление пара льда и жидкой воды $4,6\text{ мм рт. ст.}$ (613 Н/м^2). Так как давление пара раствора ниже давления пара чистого растворителя, то раствор кипит при более высокой, а замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель (рис. 5.1).

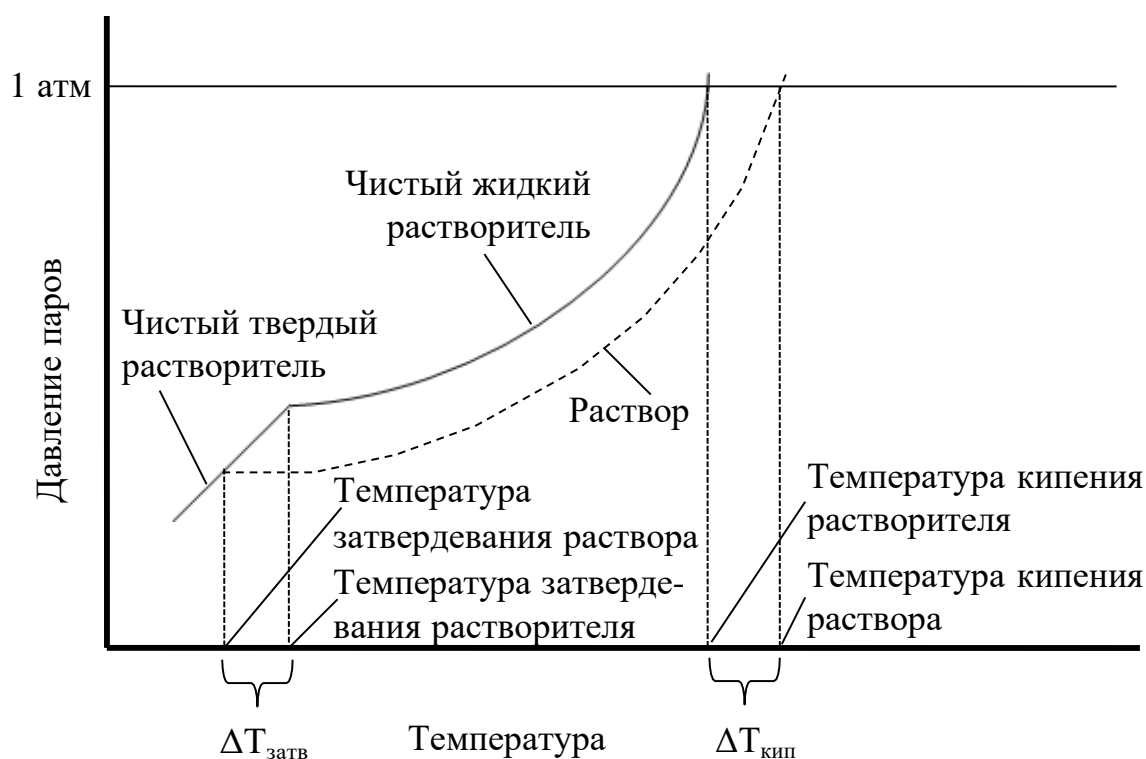


Рис. 5.1. Температурная зависимость парциального давления паров чистого растворителя и паров раствора нелетучего вещества при постоянном атмосферном давлении

Степень повышения температуры кипения и понижения температуры замерзания разбавленного раствора не зависит от природы растворенного вещества, а обусловлена только числом растворенных частиц в определенном количестве растворителя, что подчиняется закону Рауля: **понижение темпе-**

ратуры замерзания и повышение температуры кипения пропорциональны моляльной концентрации раствора:

$$\Delta T = K \cdot b,$$

где ΔT - понижение температуры замерзания или повышение температуры кипения раствора; K - коэффициент пропорциональности; b - моляльная концентрация.

Из формулы видно, что если для неэлектролита $b = 1$ моль/1000 г растворителя, то $K = \Delta T$.

В случае замерзания раствора коэффициент K называется **криоскопической константой**, в случае кипения - **эбуллиоскопической константой**. Эти величины постоянны для конкретного растворителя. Например, для воды $K_{\text{криоск.}} = 1,86$, $K_{\text{эбулл.}} = 0,52$.

5.5.1. Примеры решения задач

Задача 1. Определите моляльную концентрацию примесей в технической уксусной кислоте, если она замерзает при 289,4 К, а ее криоскопическая константа равна 3,9. Температура замерзания чистой уксусной кислоты составляет 289,7 К.

Решение.

1) Определим понижение температуры замерзания уксусной кислоты в присутствии примесей:

$$\Delta T_{\text{крист.}} = T_{\text{крист.}}^0 - T_{\text{крист.}} = 289,7 - 289,4 = 0,3 \text{ К.}$$

2) Рассчитаем содержание примесей в 1000 г технической уксусной кислоты:

$$m = \frac{\Delta T_{\text{крист.}}}{K_{\text{крист.}}} = \frac{0,3}{3,9} \approx 0,08 \text{ моль.}$$

Ответ: моляльная концентрация примесей в уксусной кислоте составляет величину 0,08 моль/кг.

Задача 2. При растворении 0,6 г вещества - неэлектролита в 25 г воды температура кипения раствора повышается на 0,204 К. При растворении 0,3 г этого же вещества в 20 г бензола температура кипения раствора повышается на 0,668 К. Определить эбуллиоскопическую постоянную бензола, если эбуллиоскопическая постоянная воды равна 0,512.

Решение.

1) Определим молярную массу растворенного в воде вещества:

$$M_2 = \frac{K_{\text{эбулл.}} \cdot m_2 \cdot 1000}{\Delta T_{\text{кип.}} \cdot m_1} = \frac{0,512 \cdot 0,6 \cdot 1000}{0,204 \cdot 25} = 60 \text{ г/моль.}$$

2) Рассчитаем эбуллиоскопическую постоянную бензола:

$$K_{\text{эбулл.}} = \frac{\Delta T_{\text{кип.}} \cdot M_2 \cdot m_1}{m_2 \cdot 1000} = \frac{0,668 \cdot 60 \cdot 20}{0,3 \cdot 1000} = 2,67.$$

Ответ: эбуллиоскопическая постоянная бензола равна 2,67.

Задача 3. Определить степень электролитической диссоциации хлорида натрия и хлорида кальция в 2,5 % - ных водных растворах. Температуры кристаллизации растворов составляют 271,61 К и 271,95 К соответственно. Криоскопическая постоянная для воды равна 1,85.

Решение.

1) Определим моляльные концентрации растворов:

$$m(\text{NaCl}) = \frac{\omega(\text{NaCl})1000}{M(\text{NaCl})\omega(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2,5 \cdot 1000}{58,5 \cdot 97,5} = 0,438 \text{ моль/кг.}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{\omega(\text{CaCl}_2)1000}{M(\text{CaCl}_2)\omega(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2,5 \cdot 1000}{111 \cdot 97,5} = 0,231 \text{ моль/кг.}$$

2) Рассчитаем изотонические коэффициенты для этих растворов:

$$i = \frac{\Delta T_{\text{крист.}}}{K_{\text{криоск.}} \cdot m}; i(\text{NaCl}) = \frac{273,15 - 271,61}{1,85 \cdot 0,438} = 1,901; i(\text{CaCl}_2) = \frac{273,15 - 271,95}{1,85 \cdot 0,231} = 2,808.$$

3) Рассчитаем степень электролитической диссоциации веществ, принимая во внимание, что молекула NaCl диссоциирует на два иона ($\nu = 2$), а молекула CaCl₂ – на три ($\nu = 3$):

$$i = \alpha(\nu - 1) + 1; \alpha(\text{NaCl}) = \frac{1,901 - 1}{2 - 1} = 0,901 \text{ (90,1\%)}; \alpha(\text{CaCl}_2) = \frac{2,808 - 1}{3 - 1} = 0,904.$$

Ответ: $\alpha(\text{NaCl}) = 90,1 \%$, $\alpha(\text{CaCl}_2) = 90,4 \%$.

5.5.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Температура кипения бензола равна 80,1 °С. Его молярная теплота испарения составляет 30,77 кДж/моль. Определить температуру кипения раствора, содержащего 0,01 молярную долю нелетучего вещества в бензоле. Ответ: 80,44 °С.

2. Температура кипения сероуглерода 46,20 °С. Его эбуллиоскопическая постоянная составляет 2,3. В 50 г сероуглерода растворено 0,9373 г бензойной кислоты. Полученный раствор имеет температуру кипения 46,39 °С. Опре-

делить молярную массу бензойной кислоты в сероуглероде. Ответ: 226,9 г/моль.

3. Раствор, содержащий в 42 г бензола 0,5 г нелетучего растворенного вещества с молярной массой 182 г/моль, кипит при 80,27 °С. Температура кипения чистого бензола 80,1 °С. Определить молярную теплоту испарения бензола. Ответ: 31,19 кДж/моль.

4. Сколько граммов глицерина необходимо добавить к 1,0 кг воды, чтобы раствор не замерзал до минус 0,5 °С? Криоскопическая постоянная воды равна 1,86. Ответ: 24,75 г.

5. Раствор, содержащий 1,5 г KCl в 100 г воды, замерзает при - 0,684 °С. Определить изотонический коэффициент и давление паров воды над этим раствором при 25 °С. Давление паров чистой воды при 25 °С равно 23,76 мм рт. ст. Ответ: $i = 1,83$; $p(\text{H}_2\text{O}) = 23,60$ мм рт. ст.

6. Технический диметиламин замерзает на 0,10 градуса ниже температуры плавления (180,97 °С) чистого вещества. Вычислить молярный процент примесей, считая, что твердых растворов не образуется. Теплота плавления чистого диметиламина 5941,28 Дж/моль. Ответ: 0,22 мол. %.

7. Температура замерзания водного раствора сахара равна - 0,216 °С. Вычислить осмотическое давление раствора при этой температуре, если $K_{\text{зам}} = 1,86$, а плотность равна 1,01 г/см³. Ответ: $2,54 \cdot 10^5$ Па.

5.6. ЗАВИСИМОСТЬ РАСТВОРИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Растворимость веществ в воде имеет особое значение в связи с той

большой ролью, которую вода играет в природе. Рассмотрим влияние, которое оказывают на растворимость температура и давление.

Растворимость газа в любом растворителе повышается при возрастании давления газа над поверхностью растворителя. В то же время растворимость, твердых и жидких веществ мало зависит от давления. Чтобы разобраться в причине влияния давления на растворимость газов, рассмотрим равновесие, устанавливающееся при их растворении.

Рассмотрим систему, представляющую собой цилиндр с поршнем. В цилиндре находится конденсированное жидкое вещество и его пары. С установлением равновесия скорость перехода молекул пара (газа) в жидкость и скорость перехода молекул из жидкости в газовую фазу уравниваются.

Допустим, что на поршень оказывают дополнительное давление и в результате происходит сжатие газа над раствором. Если объем газа над раствором уменьшится вдвое по сравнению с исходным объемом, давление газа должно возрасти приблизительно вдвое по сравнению с исходным давлением. Но это означает, что частота столкновений молекул газа с поверхностью раствора и, следовательно, скорость их перехода в раствор также возрастают в два раза. В результате растворимость газа должна увеличиваться до тех пор, пока вновь не установится равновесие, другими словами, до тех пор, пока скорость перехода молекул газа в раствор не уравнивается со скоростью перехода растворенных молекул из раствора в газовую фазу. Таким образом, растворимость газа должна возрастать пропорционально его давлению. Соотношение между давлением газа и его растворимостью выражается простым уравнением, которое носит название «**закон Генри**»:

$$C(X) = k p(X),$$

где $C(X)$ - концентрация газа в жидкой фазе; $p(X)$ - давление газа над раствором; k - коэффициент пропорциональности (постоянная Генри).

В качестве примера укажем, что растворимость чистого газообразного азота в воде при 25 °С и давлении $7,9 \cdot 10^4$ Па равна $5,3 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Если удвоить парциальное давление газа, то, согласно закону Генри, растворимость азота в воде также удвоится и составит $1,06 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Закономерное уменьшение растворимости газов с повышением температуры имеет место в природе. Так, уменьшение растворимости O_2 в воде с повышением температуры - один из нежелательных эффектов, вызываемых «тепловым загрязнением» водоемов. Этот эффект имеет особенно серьезное значение для глубоких озер. Плотность теплой воды меньше плотности холодной воды, поэтому теплая вода остается на поверхности и не перемешивается с холодной. Это затрудняет растворение кислорода в глубоких слоях воды и, таким образом, отрицательно влияет на все формы жизни в воде.

Отметим, что растворимость большинства твердых веществ повышается с ростом температуры. Влияние температуры на растворимость зависит от изменения энтальпии, которым сопровождается процесс растворения. Если растворение веществ представляет собой эндотермический процесс, то растворимость этих веществ повышается с ростом температуры. Это можно понять, если воспользоваться принципом Ле Шателье - Брауна: если равновесие в системе нарушается в результате изменения температуры, положение равновесия системы смещается таким образом, чтобы противодействовать этому изменению.

Рассмотрим раствор, который находится в равновесии с не полностью растворившимся твердым веществом. Допустим, что процесс растворения протекает эндотермически, т. е. сопровождается поглощением теплоты из окружающей среды. В условиях равновесия справедливо следующее уравнение: растворенное вещество + растворитель + теплота \leftrightarrow раствор.

Если в рассматриваемую систему поступает теплота, то, согласно принципу Ле Шателье - Брауна, равновесие сместится в таком направлении, чтобы уменьшить влияние поступления теплоты. Следовательно, оно сме-

стится в направлении, которое соответствует поглощению теплоты, т. е. вправо. Таким образом, повышение температуры системы, означающее поступление в нее теплоты, приводит к возрастанию растворимости. Если же растворение сопровождается выделением теплоты (экзотермический процесс), повышение температуры должно вызывать уменьшение растворимости.

5.7. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрим гетерогенное химическое равновесие, возникающее в растворах при частичном растворении труднорастворимых веществ.

Для того чтобы между твердым веществом и его раствором установилось равновесие, раствор должен быть насыщенным и находиться в соприкосновении с не полностью растворившимся веществом. В качестве примера рассмотрим насыщенный раствор магнезита, находящийся в контакте с твердым MgCO_3 . Химическое уравнение этого равновесия имеет вид:



Следовательно, в насыщенном растворе труднорастворимого электролита протекают два взаимно противоположных процесса: растворение, т. е. переход ионов из осадка в раствор, и кристаллизация – переход ионов из раствора в осадок.

Выражение для константы равновесия при растворении MgCO_3 имеет вид:

$$K_c = \frac{C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})}{C(\text{MgCO}_3)}. \quad (5.3)$$

Так как концентрация твердого вещества есть величина постоянная, можно домножить обе части выражения (5.3) на концентрацию MgCO_3 . Тогда получим:

$$K_c \cdot C(\text{MgCO}_3) = \text{const} = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}). \quad (5.4)$$

Постоянная в полученном выражении (5.4) называется **произведением растворимости** и обозначается ПР:

$$\text{ПР}(\text{MgCO}_3) = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

При диссоциации труднорастворимого вещества не на два, а на большее число ионов, последнее необходимо учитывать. В подобном случае произведение растворимости равно произведению молярных концентраций ионов, на которые диссоциирует вещество, каждая из которых возведена в степень, равную стехиометрическому коэффициенту при соответствующем ионе в уравнении равновесия.

Если произведение концентраций ионов в растворе труднорастворимого вещества достигает величины его произведения растворимости при данной температуре, то раствор становится насыщенным относительно этого электролита. Наоборот, если произведение концентраций ионов в растворе меньше произведения растворимости, раствор будет ненасыщенным и вещество перейдет в раствор. Понятно, что, если произведение концентраций ионов в растворе по какой - либо причине окажется больше произведения растворимости, раствор станет пересыщенным и из него выделится осадок.

Следовательно, в случае MgCO_3 имеем:

в ненасыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) < \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$,

в насыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$,

в пересыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) > \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$.

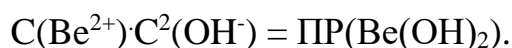
Поскольку произведение концентраций ионов в насыщенном растворе труднорастворимого вещества величина постоянная, то при увеличении концентрации одного из ионов концентрация другого иона должна уменьшаться за счет выпадения части вещества из раствора в осадок. Образование осадка будет продолжаться до тех пор, пока произведение концентраций ионов в растворе не станет равным произведению растворимости.

Рассмотрим вопрос о влиянии избытка реактива на количество осаждающихся ионов. С этой целью проанализируем ситуацию, когда к раствору CaCl_2 добавляют эквивалентное количество Na_2SO_4 . Часть ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} , соответствующая произведению растворимости $C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = \text{ПР}(\text{CaSO}_4)$ останется в растворе. Прибавим к раствору еще небольшое количество Na_2SO_4 . Концентрация SO_4^{2-} над осадком CaSO_4 увеличится, но так как произведение концентрации ионов должно оставаться постоянным, то часть ионов Ca^{2+} , соответствующая избытку SO_4^{2-} , из раствора вновь выпадет в осадок. Чем больше мы прибавим Na_2SO_4 , тем больше станет концентрация SO_4^{2-} в растворе и тем меньше в нем останется неосажденных ионов Ca^{2+} .

Таким образом, дополнительное введение в раствор труднорастворимого вещества ионов, образующихся при его диссоциации, понижает растворимость труднорастворимого вещества, и, следовательно, повышает полноту его осаждения.

Теперь рассмотрим другой важный вопрос: как повысить растворимость труднорастворимых соединений?

Допустим, требуется перевести в раствор осадок $\text{Be}(\text{OH})_2$. Напомним, что раствор, находящийся в соприкосновении с осадком, является насыщенным. В таком растворе:



Прибавим к раствору соляную кислоту. При диссоциации HCl образуются ионы H^+ . Эти ионы, взаимодействуя в растворе с ионами OH^- раство-

рившейся части $\text{Be}(\text{OH})_2$, будут связывать их в недиссоциированные молекулы H_2O . Поэтому произведение $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$ станет меньше $\text{PP}(\text{Be}(\text{OH})_2)$, т. е. раствор окажется ненасыщенным относительно $\text{Be}(\text{OH})_2$. Согласно принципу Ле Шателье - Брауна, для восстановления нарушенного равновесия часть осадка $\text{Be}(\text{OH})_2$ перейдет в раствор. При этом произведение $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$ вновь станет равным $\text{PP}(\text{Be}(\text{OH})_2)$. Если прибавление кислоты продолжать, то равновесие между осадком и ионами в растворе будет все время нарушаться, и все новые и новые порции осадка будут переходить в раствор. Это будет продолжаться до тех пор, пока весь осадок не растворится.

Таким образом, **чтобы растворить осадок, нужно уменьшить концентрацию хотя бы одного из ионов, образующихся при диссоциации труднорастворимого вещества.** Этого можно достичь, связывая один из ионов, на которые диссоциирует труднорастворимое вещество, либо в слабодиссоциирующее соединение, либо в еще менее растворимое или в газообразное вещество.

С величиной произведения растворимости связано решение многих практических задач, касающихся образования или растворения осадков. По величине произведения растворимости электролита можно вычислить его растворимость и, наоборот, зная растворимость вещества, можно подсчитать величину его произведения растворимости. Рассмотрим несколько примеров.

Задача 1. Выяснить, образуется ли осадок AgCl , если к 5 мл 0,1 М раствора AgNO_3 прибавить 5 мл 0,1 М раствора HCl ? $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$.

Решение.

Чтобы ответить на поставленный вопрос, необходимо предварительно подсчитать $C(\text{Ag}^+)$ и $C(\text{Cl}^-)$. Если произведение $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-)$ будет больше, чем $\text{PP}(\text{AgCl})$, осаждение произойдет.

При смешивании исходных растворов происходит удвоение объема, поэтому концентрация каждого иона уменьшается до половины первоначальной величины, т. е. $C(\text{Ag}^+)$ и $C(\text{Cl}^-)$ станут по $0,1/2 = 0,05$ моль/л. Следо-

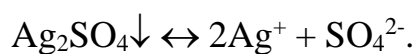
вательно, $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-) = 0,05 \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-3}$. $2,5 \cdot 10^{-3} > 1,56 \cdot 10^{-10}$.

Поскольку произведение концентраций ионов оказалось больше ПР, то раствор пересыщен в отношении растворенной соли, и часть ее выпадает в осадок.

Ответ: Осадок AgCl в указанных условиях образуется.

Задача 2. Растворимость сульфата серебра при комнатной температуре составляет $2,68 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Определить ПР(Ag_2SO_4).

Решение.



$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}).$$

1) Определим молярные концентрации ионов:

$$C(\text{Ag}^+) = 2C(\text{Ag}_2\text{SO}_4), C(\text{SO}_4^{2-}) = C(\text{Ag}_2\text{SO}_4).$$

2) Рассчитаем произведение растворимости соли:

$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = 4 \cdot C^3(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 4 \cdot (2,68 \cdot 10^{-2})^3 = 7,70 \cdot 10^{-5}.$$

Ответ: $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7,70 \cdot 10^{-5}$.

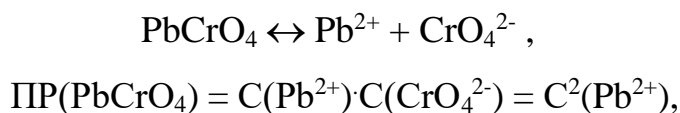
Ввиду того, что абсолютно не растворимых в воде веществ нет, ни один из ионов никогда не может быть осажден из раствора полностью; часть осаждаемых ионов остается в растворе. Поэтому при осаждении того или иного иона надо подбирать такой реактив, который давал бы с осаждаемым ионом осадок с наименьшим произведением растворимости.

Задача 3. Какой ион, CrO_4^{2-} или SO_4^{2-} , полнее осаждает ионы Pb^{2+} из раствора? $\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-14}$, $\text{ПР}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$.

Решение.

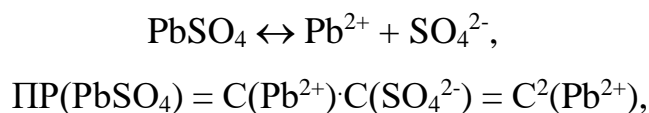
$\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) < \text{ПР}(\text{PbSO}_4)$, следовательно, ион CrO_4^{2-} более полно осаждает ион Pb^{2+} . Подтвердим это соответствующими расчетами.

1) Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе PbCrO_4 :



$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{ПР}(\text{PbCrO}_4)} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-14}} = 1,34 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

2) Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе PbSO_4 :



$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{ПР}(\text{PbSO}_4)} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-8}} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

3) Таким образом, концентрация ионов Pb^{2+} в насыщенном растворе PbCrO_4 в $1,26 \cdot 10^{-4} / 1,34 \cdot 10^{-7} = 940$ раз меньше, чем в насыщенном растворе PbSO_4 .

Ответ: ион CrO_4^{2-} более полно осаждает ион Pb^{2+} .

5.8. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определить растворимость Ag_2S в г/л, если $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{S}) = 1,1 \cdot 10^{-49}$.
2. Растворимость BaCO_3 в воде составляет $8,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Вычислить $\text{ПР}(\text{BaCO}_3)$.
3. Концентрация Fe^{2+} в насыщенном растворе FeS равна $6,0 \cdot 10^{-10}$ моль/л. Вычислить $\text{ПР}(\text{FeS})$.
4. Определить $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$, если растворимость данной соли равна

$2,6 \cdot 10^{-2}$ г/л.

5. $PP(MgC_2O_4) = 8,1 \cdot 10^{-5}$. Определить концентрацию ионов Mg^{2+} (г/л) в насыщенном растворе соли.

6. Растворимость Ag_2SO_4 равна $2,7 \cdot 10^{-2}$ М. Найти $PP(Ag_2SO_4)$.

7. Определить концентрацию ионов Ba^{2+} (г/л) в насыщенном растворе $Ba(BrO_3)_2$. $PP(Ba(BrO_3)_2) = 3,2 \cdot 10^{-5}$.

8. $PP(SrC_2O_4) = 6,25 \cdot 10^{-8}$. Найти растворимость соли в г/л.

9. Концентрация ионов F^- в насыщенном растворе CaF_2 равна $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Найти $PP(CaF_2)$.

10. $PP(CaCO_3) = 4,9 \cdot 10^{-9}$. Найти растворимость $CaCO_3$ в г/л.

11. К 20 мл 0,02 н. раствора $BaCl_2$ прибавили 20 мл 0,001 М раствора $Na_2C_2O_4$. Выпадет ли осадок, если $PP(BaC_2O_4) = 4,1 \cdot 10^{-6}$?

12. Выпадет ли осадок, если к 20 мл 0,01 н. раствора $AgNO_3$ прибавить 20 мл 0,01 М раствора $NaCl$? $PP(AgCl) = 1,7 \cdot 10^{-10}$.

13. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов 0,01 н. растворов $AgNO_3$ и $K_2Cr_2O_7$? $PP(Ag_2Cr_2O_7) = 2,0 \cdot 10^{-7}$.

14. $PP(Tl_2CrO_4) = 1,0 \cdot 10^{-12}$. Образуется ли осадок, если к 0,001 н. раствору $TlNO_3$ прилить равный объем 0,04 н. раствора K_2CrO_4 ?

15. Выпадет ли осадок $TlCl$, если к 15 мл 0,01 М раствора $TlNO_3$ прибавить 15 мл 0,01 н. раствора KCl ? $PP(TlCl) = 1,9 \cdot 10^{-4}$.

Глава 6

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

6.1. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Растворы (расплавы) веществ, проводящие электрический ток, называют **электролитами**. Важно, что законам Вант - Гоффа и Рауля подчиняются только растворы неэлектролитов (водные растворы таких органических соединений как сахар, спирты, глицерин, мочевины). Растворы электролитов в равных молярных концентрациях с растворами неэлектролитов показывают большее осмотическое давление, большее понижение давления пара и температуры замерзания, большее повышение температуры кипения.

Подобное поведение электролитов объяснил шведский физико-химик **Аррениус**. Он предложил теорию электролитической диссоциации, согласно которой молекулы растворенных веществ в водных растворах электролитов в большей или меньшей степени диссоциируют (распадаются) на самостоятельные заряженные частицы - ионы. Каждый электролит образует при диссоциации два рода ионов: положительно заряженные - **катионы** и отрицательно заряженные - **анионы**. Заряд иона соответствует его валентности. Во всех случаях диссоциации электролита сумма зарядов катионов равна сумме зарядов анионов. Поэтому раствор в целом электронейтрален. Электролитическая диссоциация - обратимый процесс. Следовательно, в растворе электролита, наряду с ионами, имеются и нераспавшиеся молекулы.

Из изложенного следует, что диссоциация электролита увеличивает общее число частиц в растворе в сравнении с неэлектролитом. Поэтому, если учитывать как самостоятельные частицы не только молекулы, но и ионы, то становится понятным, почему повышение осмотического давления, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения раствора электролита оказываются значительно больше, чем у раствора неэлектролита

с такой же молярной концентрацией.

Согласно современным представлениям, электролитическая диссоциация происходит в результате взаимодействия ионов или полярных молекул вещества с полярными молекулами растворителя (рис. 6.1). При этом образуются сольваты (в водных растворах - гидраты) ионов (рис. 6.2). Соответствующий процесс сопровождается выделением энергии. Образование сольватов (гидратов) является основной причиной диссоциации электролитов на ионы.

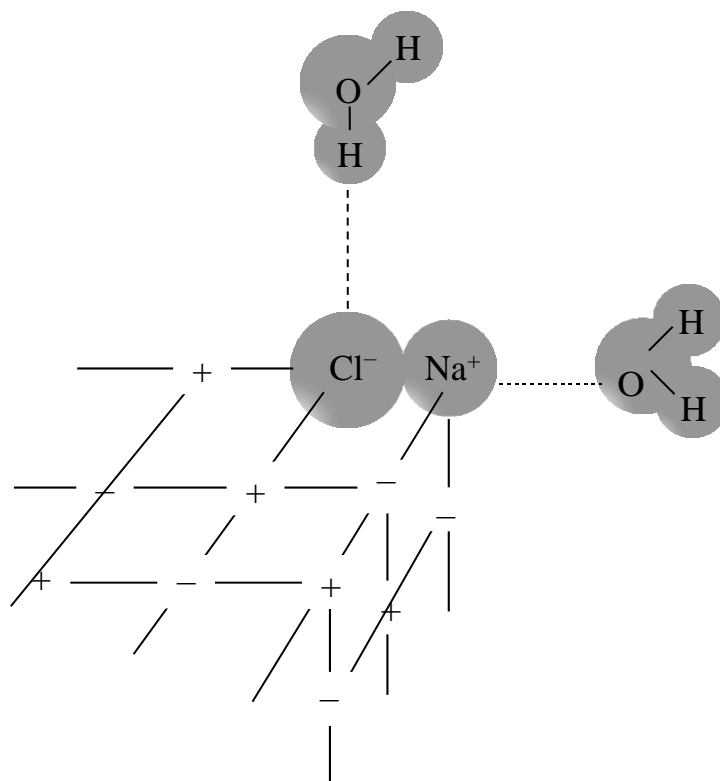


Рис. 6.1. Взаимодействие ионов NaCl с полярными молекулами H₂O

Природа превращений растворенного вещества в растворе самым тесным образом зависит от химических свойств этого вещества и растворителя. Растворитель, принимая непосредственное участие в химических превращениях растворенного вещества, оказывает влияние на механизм и глубину превращения последнего. Так, для того, чтобы разорвать связь между

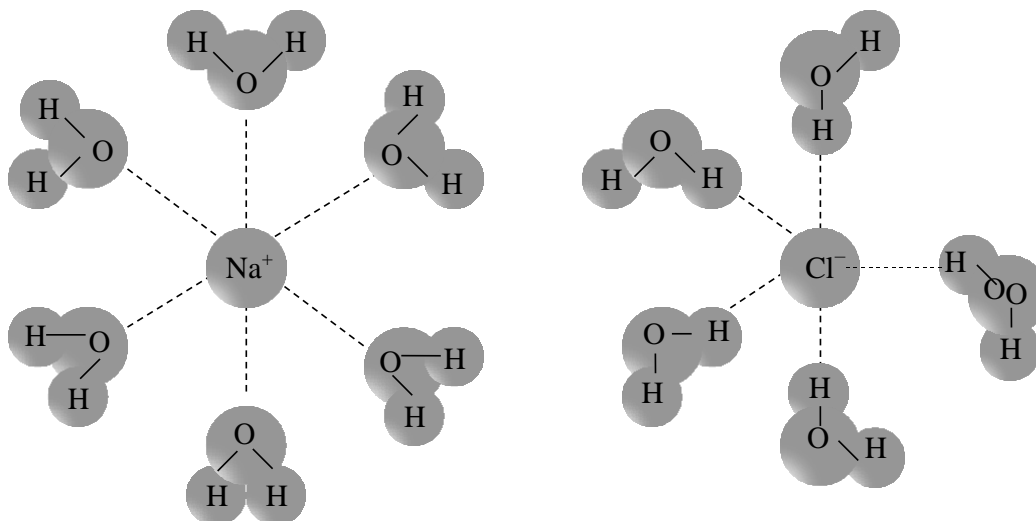


Рис. 6.2. Гидратированные ионы в растворе NaCl

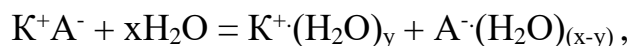
катионами и анионами в 1 моле, например, NaCl, надо затратить 800 кДж. Откуда же берутся эти 800 кДж при растворении NaCl в воде?

Теплота гидратации иона Na^+ равна приблизительно 425 кДж/ моль, а иона Cl^- - приблизительно 350 кДж/моль. В сумме это составляет 775 кДж/моль - немногим меньше энергии кристаллической решетки NaCl (800 кДж/моль). Поэтому при растворении хлористого натрия в воде происходит охлаждение на 5 - 6 градусов по сравнению с ее исходной температурой.

Есть вещества, образование водных растворов которых наоборот, сопровождается выделением тепла. Например, растворение хлористого водорода в воде сопровождается довольно сильным разогреванием образующегося раствора. Действительно, энергия связи водорода и хлора в молекуле HCl равна 1360 кДж/моль. Теплота гидратации протона равна 1100 кДж/моль, что в сумме с теплотой гидратации иона Cl^- дает общую теплоту гидратации HCl 1450 кДж/моль, а это заметно больше энергии связи H - Cl. Вот почему при образовании раствора соляной кислоты и происходит заметное разогревание.

Для процесса растворения в воде соединений с ионной связью, в узлах кристаллической решетки которых находятся ионы, в общем виде можно за-

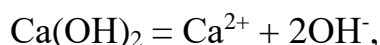
писать:



где $K^+(H_2O)_y$ и $A^-(H_2O)_{(x-y)}$ - гидратированные катионы и анионы.

Распаду на ионы подвергаются также и вещества, состоящие из молекул с полярной ковалентной связью. В этом случае под действием полярных молекул воды происходит гетеролитический разрыв ковалентной связи: электронная пара, осуществляющая связь, целиком остается у одного из атомов. Таким образом полярная связь превращается в ионную, и молекула диссоциирует на гидратированные ионы.

На практике уравнения электролитической диссоциации обычно записывают без гидратирующих молекул воды, например:



6.2. СТЕПЕНЬ И КОНСТАНТА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Согласно теории электролитической диссоциации, в растворах распадается на ионы только часть молекул электролита. Отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул называется **степенью электролитической диссоциации** α . Например, если в 1 л раствора содержится 0,05 моль азотистой кислоты и из них 0,001 моль диссоциирует на ионы, то степень диссоциации при этом составит: $\alpha = 0,001/0,05 = 0,02$ или 2 %.

Степень электролитической диссоциации электролита может быть

определена различными методами: по электропроводности раствора, по понижению температуры замерзания раствора и т. д. При одинаковых условиях (одни и те же растворитель, концентрация раствора, температура, присутствие или отсутствие электролита с одноименным ионом) разные электролиты имеют различную степень диссоциации, зависящую от природы самого электролита.

По способности к диссоциации все электролиты делят на слабые и сильные. **Слабые электролиты** в растворах содержатся как в виде ионов, так и в виде недиссоциированных молекул. **Сильные электролиты** в растворе диссоциируют практически полностью. Принимают, что для слабых электролитов $\alpha < 2\%$, для сильных электролитов $\alpha > 30\%$.

С разбавлением раствора степень электролитической диссоциации слабого электролита увеличивается и, наоборот, при повышении концентрации - уменьшается. Степень диссоциации электролита зависит от температуры: с повышением температуры она увеличивается для электролитов, диссоциация которых сопровождается поглощением теплоты, и уменьшается для электролитов, процесс диссоциации которых сопровождается выделением теплоты.

На степень диссоциации электролита существенное влияние оказывает прибавление к его раствору сильного электролита с одноименным ионом. Например, к водному раствору плавиковой кислоты, в незначительной степени диссоциирующей по уравнению $\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$, прильем соляную кислоту HCl . Концентрация ионов водорода, являющихся одним из продуктов диссоциации HCl , сильно увеличится. Вследствие этого равновесие обратимого процесса диссоциации плавиковой кислоты сместится в сторону образования недиссоциированных молекул HF , степень ее диссоциации при этом понизится. Подобным же образом будут действовать и растворимые в воде соли плавиковой кислоты. При добавлении последних в растворе значительно возрастает концентрация анионов F^- , что также уменьшает степень диссоци-

ации HF.

Таким образом, **степень электролитической диссоциации слабого электролита значительно понижается при добавлении к его раствору сильного электролита с одноименным ионом.**

Диссоциация молекул слабых электролитов на ионы в растворах протекает как обратимый процесс. Например, диссоциация уксусной кислоты выражается уравнением: $\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$.

Как и во всяком обратимом процессе, в данном случае устанавливается равновесие между недиссоциированными молекулами кислоты CH_3COOH и ионами H^+ , CH_3COO^- . Выразим в общем виде константу данного химического равновесия, обозначив ее K_d :

$$K_d = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{C(\text{CH}_3\text{COOH})}. \quad (6.1)$$

K_d в выражении (6.1) называется константой электролитической диссоциации.

Величина константы характеризует силу кислот и оснований. Чем она больше, тем сильнее электролит. Например, азотистая кислота ($K_d = 4,5 \cdot 10^{-4}$) сильнее уксусной ($K_d = 1,82 \cdot 10^{-5}$).

6.2.1. Закон разбавления Оствальда

Основываясь на законе действия масс, можно вывести уравнение, связывающее константу диссоциации слабого электролита со степенью его диссоциации.

Так, если молярная концентрация уксусной кислоты равна C , а степень диссоциации составляет величину α , то концентрация каждого из ионов, об-

разующихся при диссоциации, будет равна αC , а концентрация недиссоциированных молекул $\text{CH}_3\text{COOH} - (1 - \alpha)C$. Тогда выражение для константы диссоциации можно записать в следующем виде:

$$K_{\text{д}} = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1 - \alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} . \quad (6.2)$$

Уравнение (6.2) выражает **закон разбавления Оствальда**, справедливый для растворов слабых бинарных электролитов, из одной молекулы которых при диссоциации образуется два иона. Это уравнение связывает между собой константу диссоциации электролита, степень диссоциации и концентрацию электролита. В несильно разбавленных растворах слабых электролитов степень диссоциации очень мала, поэтому величину $(1 - \alpha)$ можно принять равной единице. В этом случае предыдущая формула принимает более простой вид:

$$K_{\text{д}} = C\alpha^2, \text{ откуда } \alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{д}}}{C}} . \quad (6.3)$$

В соответствии с полученным выражением (6.3) закон разбавления Оствальда формулируется так: **степень электролитической диссоциации слабых бинарных электролитов обратно пропорциональна корню квадратному из их концентрации**. Закон разбавления позволяет вычислять степень диссоциации при различных концентрациях, если известна константа диссоциации электролита. Наоборот, определив степень диссоциации при какой-нибудь концентрации, несложно рассчитать константу диссоциации.

Константа диссоциации слабого электролита - величина постоянная и практически не зависит от концентрации раствора, а зависит только от температуры. Степень же диссоциации зависит от концентрации. С разбавлением раствора слабого электролита степень диссоциации увеличивается. Константа

электролитической диссоциации дает более общую характеристику электролита, чем степень диссоциации. Сильные электролиты не подчиняются этому закону. Для них K_d с увеличением концентрации непрерывно возрастает.

6.3. АКТИВНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ

Даже в умеренно концентрированном растворе сильного электролита ионы находятся на таких достаточно близких расстояниях, что электростатическое взаимодействие оказывает заметное влияние на характер их движения. Одноименно заряженные ионы взаимно отталкиваются, а разноименно заряженные - взаимно притягиваются. В результате в растворе вокруг ионов создается определенное распределение ионов – «атмосфера» из частиц с противоположным зарядом. Эта атмосфера замедляет движение ионов в растворе, что ведет к уменьшению электропроводности раствора и создает впечатление неполной диссоциации электролита. Чем больше концентрация раствора, тем сильнее электростатическое взаимодействие ионов, тем меньше скорость передвижения их в электрическом поле и тем меньше будет электропроводность раствора.

Аналогичным образом межйонные силы влияют и на другие свойства раствора электролита, зависящие от концентрации ионов. Повышение концентрации раствора приводит к изменению свойств раствора в том же направлении, как действовало бы частичное соединение ионов в молекулы, т. е. уменьшает степень диссоциации. Поэтому, измеряя электропроводность, определяют лишь кажущуюся степень диссоциации. Так, например, степень диссоциации в 0,1 н. растворе HCl, вычисленная по электропроводности, составляет 84 % от действительной, которая наблюдалась бы в этом растворе при отсутствии взаимодействия ионов друг с другом.

Для учета влияния электростатического взаимодействия ионов на химические и физические свойства растворов сильных электролитов, истинную

концентрацию ионов C заменяют активностью a – условной эффективной концентрацией. **Активность выражает концентрацию ионов в растворе данного электролита с учетом влияния взаимодействия ионов, гидратации и других эффектов.** Между активностью и действительной концентрацией ионов существует зависимость:

$$a = fC,$$

где f – коэффициент активности, учитывающий взаимодействие ионов в растворе электролита.

Коэффициент активности обычно меньше единицы. В очень разбавленных растворах сильных электролитов ($C < 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) коэффициент активности принимают равным единице. В этом случае $a = C$.

Коэффициент активности данного иона в растворе, содержащем несколько различных видов ионов, зависит от концентраций и зарядов всех ионов. Мерой межионного взаимодействия между всеми ионами является **ионная сила раствора**. Ионной силой раствора называется величина μ , численно равная полусумме произведений концентрации каждого иона на квадрат его заряда:

$$\mu = \frac{1}{2}(z_1^2 C_1 + z_2^2 C_2 + z_3^2 C_3 + \dots),$$

где z – заряд иона.

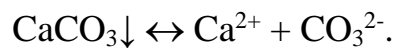
Например, для раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль CaCl_2 и 0,1 моль Na_2SO_4 , ионная сила равна: $\mu = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2 + 0,2 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,33$.

По величине ионной силы раствора можно рассчитать коэффициент активности иона: $\lg f = -0,5z^2 \sqrt{\mu}$. Коэффициент активности с увеличением ионной силы раствора уменьшается. В растворах с одинаковой ионной силой коэффициенты активности ионов равны между собой.

6.4. СОЛЕВОЙ ЭФФЕКТ

Выше отмечено, если в растворе электролита коэффициент активности $f < 1$, то на движение ионов оказывает влияние их электростатическое взаимодействие. В этом случае во все уравнения на основе закона действующих масс, включая выражение произведения растворимости, вместо концентрации надо подставлять меньшую по величине активность.

Произведем соответствующую замену на примере минерала кальцита, состав которого соответствует химической формуле малорастворимого карбоната кальция CaCO_3 :



$$\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-}) = f(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

Преобразуем полученное выражение произведения растворимости кальцита:

$$C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\text{ПР}(\text{CaCO}_3)}{f(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-})}. \quad (6.4)$$

Числитель дроби в правой части выражения (6.4) является постоянной величиной, зависящей только от температуры. Знаменатель же этого отношения уменьшается с ростом ионной силы раствора. В свою очередь, ионная сила раствора растет при добавлении любого сильного электролита. С уменьшением знаменателя будет расти правая часть анализируемого выражения, и, соответственно, вырастет произведение молярных концентраций ионов, образующихся при диссоциации кальцита в насыщенном растворе. Последнее означает рост растворимости труднорастворимого вещества при введении в его раствор каких-либо сильных электролитов. Явление носит название «**солевой эффект**».

Одним из наиболее важных природных равновесий с участием кальцита является образование твердого CaCO_3 в морской воде. Равновесие между твердым CaCO_3 и ионами Ca^{2+} и CO_3^{2-} , находящимися в океанической воде, имеет важное значение для развития многих морских организмов и формирования отложений на морском дне. Произведение растворимости CaCO_3 в морской воде при 20°C имеет величину $6,0 \cdot 10^{-7}$, тогда как в пресной воде при этой температуре оно составляет $2,8 \cdot 10^{-9}$. Равновесие растворения CaCO_3 в морской воде смещено в сторону большей растворимости из-за влияния других ионов (солевой эффект), присутствующих в воде. Более чем 100-кратное увеличение растворимости CaCO_3 в морской воде обусловлено межйонным взаимодействием в водной среде с высокой концентрацией ионов.

На глубинах, не превышающих 1 км, океан пересыщен карбонатом кальция CaCO_3 . Это означает, что ионное произведение $\text{C}(\text{Ca}^{2+}) \cdot \text{C}(\text{CO}_3^{2-})$ больше произведения растворимости CaCO_3 . Однако скорость удаления CaCO_3 в результате осаждения или образования раковин моллюсков и скелетных тканей морских организмов очень невелика. На больших глубинах, где концентрация Ca^{2+} снижается, океаническая вода оказывается ненасыщенной в отношении CaCO_3 . После гибели морских организмов их карбонатные скелеты, образовавшиеся вблизи поверхности, опускаются на большую глубину и растворяются там. На глубинах, превышающих 3 - 4 км, в отложениях морского дна содержится очень мало CaCO_3 .

6.5. ЖЕСТКОСТЬ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

В земной коре распространены минералы, содержащие кальций и магний. Поэтому соответствующие ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} практически всегда присутствуют в природной воде.

Отметим, что минералы отмеченных металлов, как правило, малорастворимы. Однако вода содержит диоксид углерода, поглощенный из атмо-

сферного воздуха. Это служит причиной образования хорошо растворимых кислых солей (преимущественно гидрокарбонатов) кальция и магния: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Природная вода, содержащая растворенные соли, называется жесткой водой, в противоположность мягкой воде, не содержащей этих солей или содержащей их мало.

Количественной мерой содержания в воде солей является жесткость воды (Ж). Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость.

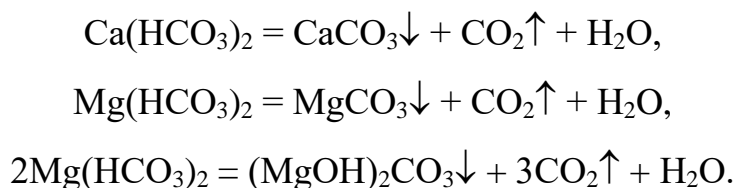
Карбонатная жесткость J_k обусловлена содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

Некарбонатная жесткость J_n связана с содержанием в воде хлоридов, сульфатов и других (кроме гидрокарбонатов) солей кальция и магния.

Общая жесткость $J_{\text{общ}}$ определяется общим содержанием солей:

$$J_{\text{общ}} = J_k + J_n.$$

При длительном кипячении воды выделяется диоксид углерода и выпадает осадок, включающий ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , вследствие чего жесткость уменьшается:



Карбонатную жесткость полностью устранить кипячением нельзя, т. к. растворимость CaCO_3 составляет 0,01 г/л, а $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ - 0,04 г/л. Поэтому дополнительно употребляют термин «**устраняемая или временная жесткость**». Временная жесткость определяется количеством гидрокарбонатов, удаляемых из воды при кипячении в течение 1 ч. Оставшаяся после кипячения

воды жесткость называется постоянной жесткостью.

Жесткость воды выражают суммарным количеством эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды (размерность миллимоль эквивалентов/литр [ммоль экв./л]). Например, один миллимоль эквивалентов жесткости отвечает содержанию в 1 л воды 20,04 мг ионов Ca^{2+} :

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}^{2+}) &= M(\text{Э}(\text{Ca}^{2+})) \cdot n(\text{Ca}^{2+}) \cdot 10^{-3} = M(\text{Ca}^{2+}) \cdot f_{\text{э}}(\text{Ca}^{2+}) \cdot n(\text{Ca}^{2+}) \cdot 10^{-3} = \\ &= 40,08 \cdot 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20,04 \text{ мг} \end{aligned}$$

или 12,16 мг ионов Mg^{2+} :

$$\begin{aligned} m(\text{Mg}^{2+}) &= M(\text{Э}(\text{Mg}^{2+})) \cdot n(\text{Mg}^{2+}) \cdot 10^{-3} = M(\text{Mg}^{2+}) \cdot f_{\text{э}}(\text{Mg}^{2+}) \cdot n(\text{Mg}^{2+}) \cdot 10^{-3} = \\ &= 24,31 \cdot 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 12,16 \text{ мг.} \end{aligned}$$

Вода с жесткостью менее 4 ммоль экв./л характеризуется как мягкая, от 4 ммоль экв./л до 8 ммоль экв./л - средней жесткости, от 8 ммоль экв./л до 12 ммоль экв./л - жесткая и выше 12 ммоль экв./л - очень жесткая.

6.6. УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ

Часто воду приходится подвергать дополнительной обработке, чтобы снизить в ней концентрацию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , вызывающих жесткость воды. Обычно это необходимо для воды из подземных источников, где она достаточно долго соприкасается с известняком CaCO_3 , доломитом $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ и другими минералами.

При нагревании воды, содержащей Ca^{2+} и HCO_3^- - ионы, из нее выделяется часть диоксида углерода. В результате этого происходит образование нерастворимого карбоната кальция и в водонагревательных устройствах накапливаются его отложения (накипь). Твердый CaCO_3 покрывает поверх-

ность водонагревательных систем, что снижает их теплопроводность. Особенно много накипи откладывается на стенках бойлеров, где вода нагревается под давлением в трубках, обвивающих печь. Образование накипи снижает эффективность теплопередачи и может привести к плавлению трубок.

Также ионы Ca^{2+} реагируют с мылами, образуя нерастворимые вещества. Хотя при их взаимодействии с синтетическими моющими средствами не образуется нерастворимых осадков, указанные ионы неблагоприятно влияют на эффективность действия синтетических моющих средств.

Для умягчения воды применяют методы осаждения и ионного обмена. Путем осаждения катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} переводят в малорастворимые соединения, выпадающие в осадок. Это достигается либо кипячением воды, либо химическим путем - введением в воду соответствующих реагентов. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния превращаются в нерастворимые карбонаты, в результате чего устраняется только карбонатная жесткость.

При химическом методе осаждения чаще всего в качестве осадителя пользуются известью или содой. При этом в осадок переводятся все соли кальция и магния.

Для устранения жесткости используют специальные ионнообменные материалы - неорганические и органические вещества, способные к обмену ионов и называемые ионитами. Эти вещества делят на катиониты и аниониты, предназначенные для обмена катионов и анионов. Иониты не растворимы в воде. Их пространственная структура представляет собой трехмерный каркас, содержащий потенциалопределяющие ионы. С ними электростатическими силами связаны противоионы, способные к обмену на другие ионы.

Для обработки воду пропускают через слой катионита. При этом катионы кальция и магния, находящиеся в воде, обмениваются на катионы натрия, содержащиеся в применяемом катионите. В некоторых случаях требуется удалить из воды не только катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , но и другие катионы и анионы. В таких случаях воду пропускают последовательно через катионит, содержащий в обменной форме водородные ионы, и анионит, содержащий гид-

роксид - ионы. В итоге вода освобождается как от катионов, так и от анионов солей. Такая обработка воды называется обессоливанием.

6.6.1. Задачи для самостоятельного решения

1. Чему равна жесткость 1 % - ного раствора сульфата магния? ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$). Ответ: 166,2 ммоль экв./л.
2. При упаривании одного литра воды из подземного источника было получено 13,6 мг гипса (CaSO_4). Чему равна жесткость этой воды? Ответ: 0,2 ммоль экв./л.
3. Чему равна жесткость раствора, содержащего в 10 л 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния? Ответ: 0,46 ммоль экв./л.
4. Сколько граммов MgCl_2 содержится в 5 л раствора, имеющего жесткость 7,14 ммоль экв./л. Какова эквивалентная концентрация (нормальность) этого раствора? Ответ: 1,7 г ; 0,00714 н.
5. Чему равна жесткость природной воды, содержащей Ca^{2+} - 41,65 мг/л; Mg^{2+} - 23,60 мг/л; Na^+ - 2,2 мг/л? Ответ: 4,02 ммоль экв./л.
6. Чему равна жесткость 0,1 н. раствора хлористого кальция? Ответ: 100 ммоль экв./л.
7. Какова постоянная и карбонатная жесткость воды, если в ней содержится: Ca^{2+} - 0,112 г/л; Mg^{2+} - 0,0632 г/л; SO_4^{2-} - 0,236 г/л; Cl^- - 0,1653 г/л и ионы HCO_3^- ? Ответ: 9,57 ммольэкв/л; 1,23 ммоль экв./л.
8. Какова общая и карбонатная жесткость воды, если при анализе одного литра данной воды установлено следующее содержание ионов: Ca^{2+} - 0,1111 г; Mg^{2+} - 0,0605 г; SO_4^{2-} - 0,0985 г; Cl^- - 0,1418 г? Ответ: 10,52 ммоль экв./л; 4,48 ммоль экв./л.

Глава 7

РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Протекающие в растворах электролитов реакции ионного обмена подчиняются общему правилу, сформулированному ниже:

реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают в направлении образования наименее диссоциирующих соединений, труднорастворимых и газообразных веществ, т. е. в направлении образования:

- слабых кислот,
- слабых оснований,
- воды,
- осадков,
- газообразных (летучих) веществ.

*Молекулы этих веществ в
реакциях ионного обмена на
ионы не расписывают*

Рассмотрим соответствующие реакции более подробно с учетом классификации электролитов (таблица 7.1).

7.1. РЕАКЦИЯ СОЛИ С СОЛЮ

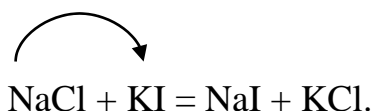
Реакция соли с солью протекает, когда исходные соли растворимы, а одна из вновь образующихся выпадает в осадок. Реакция возможна и в том случае, если одна из исходных солей является труднорастворимой, но при этом вновь образующаяся соль характеризуется еще меньшей растворимостью.

Методика составления уравнений реакций ионного обмена может быть следующей. Например, рассмотрим взаимодействие растворов двух солей – хлорида натрия и бромида калия. Учитывая, что на первом месте в формулах

Классификация электролитов

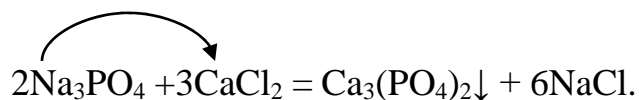
Электролиты			
сильные		слабые	
Кислоты	Основания	Кислоты	Основания
H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HCl, HBr, HI, HClO ₃ , HMnO ₄	LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH) ₂ , Sr(OH) ₂ , Ba(OH) ₂	H ₂ SO ₃ , HNO ₂ , HF, HCN, H ₂ CO ₃ , H ₃ AsO ₃ , CH ₃ COOH	Все трудно- растворимые и NH ₄ OH
Все соли		H ₂ O	

химических соединений записываются положительно заряженные частицы, после соответствующего ионного обмена могут быть получены формулы продуктов предполагаемого взаимодействия:

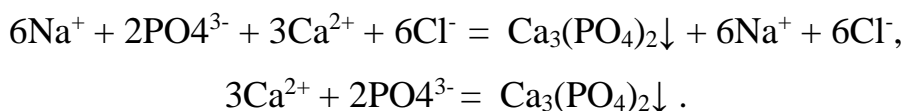


Для того чтобы определить, будет ли в действительности протекать это взаимодействие, по таблице растворимости необходимо проверить, есть ли в правой части уравнения реакции труднорастворимые вещества. Другими словами, необходимо уточнить, выполняется ли основное правило, определяющее возможность протекания реакций ионного обмена. В случае данной реакции обе соли NaI и KCl растворимы. Следовательно, реакция между растворами солей NaCl и KI не протекает, т. к. не ведет к образованию новых веществ: $\text{NaCl} + \text{KI} \neq$.

Возьмем для проведения реакции растворы двух других растворимых солей и запишем химические формулы продуктов предполагаемого взаимодействия:

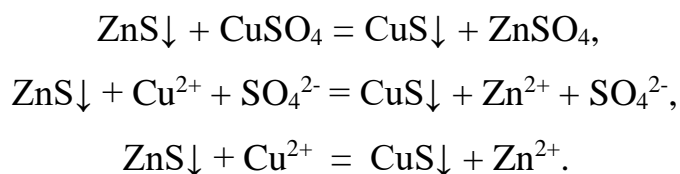


Образующийся фосфат кальция является труднорастворимым соединением, следовательно, данная реакция протекает. После расстановки коэффициентов в молекулярном уравнении реакции, запишем это взаимодействие в виде полного и краткого ионных уравнений:



Краткое ионное уравнение выражает суть реакции образования фосфата кальция. Следует обратить внимание, что химическая формула последнего записана в молекулярном виде. Если вещество труднорастворимо, оно находится в твердой фазе и не переходит в раствор. Соответственно полагают, что ионы труднорастворимого вещества в растворе отсутствуют.

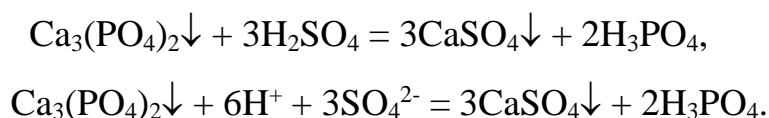
Рассмотрим процесс взаимодействия раствора медного купороса с труднорастворимым ZnS (минерал сфалерит). Соответствующая реакция будет протекать, так как продуктом взаимодействия является еще менее растворимый в воде CuS (минерал ковеллин):



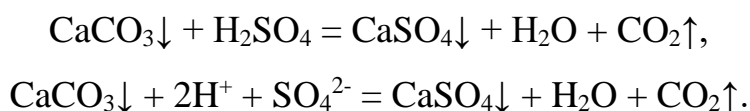
7.2. РЕАКЦИЯ СОЛИ С КИСЛОТОЙ

Реакция соли с кислотой возможна, если сильная кислота вытесняет более слабую, если образуется новая нерастворимая соль.

Так, серная кислота в водном растворе является более сильным электролитом, чем большинство других кислот и поэтому вытесняет их из солей:

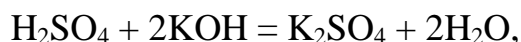


Рассмотрим реакцию раствора серной кислоты с кальцитом CaCO_3 . Серная кислота сильнее угольной, поэтому в результате данного взаимодействия из исходной соли вытесняется слабая угольная кислота. Также в данной реакции выполняется и второе условие сформулированного выше правила – образуется сульфат кальция CaSO_4 , малорастворимое соединение. Угольная кислота H_2CO_3 является не вполне стойкой и распадается на воду и углекислый газ:



7.3. РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ОСНОВНЫХ И КИСЛЫХ СОЛЕЙ

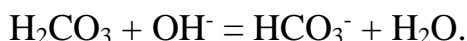
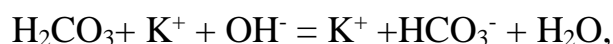
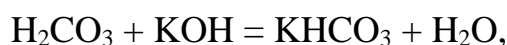
При взаимодействии кислоты и основания образуются соль и вода. Причем тип образующейся соли зависит от количественного соотношения исходных реагентов:



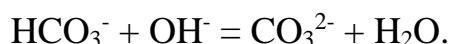
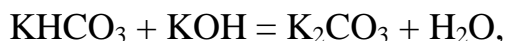


В данной реакции при полной взаимной нейтрализации кислоты и основания образуется средняя соль K_2SO_4 .

При недостаточном количестве основания и, соответственно, неполной нейтрализации кислоты, образуется кислая соль, содержащая ион водорода в кислотном остатке:

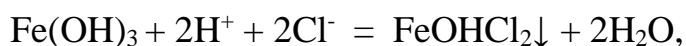
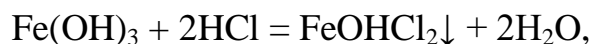


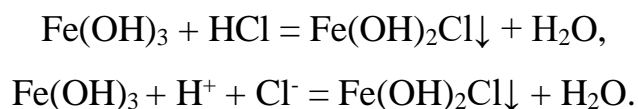
При добавлении к кислой соли какого-либо основания происходит ее нейтрализация и образуется средняя соль:



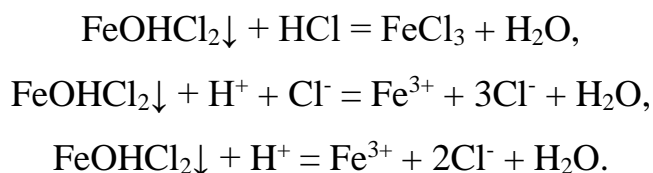
Кислые соли обычно не представлены в справочной таблице растворимости, поэтому при составлении ионных уравнений необходимо помнить, что эти соли, как правило, растворимы.

В таблице растворимости отсутствуют и нерастворимые основные соли. Они содержат в основном остатке одну или более гидроксильных групп и, соответственно, образуются при неполной нейтрализации основания кислотой:



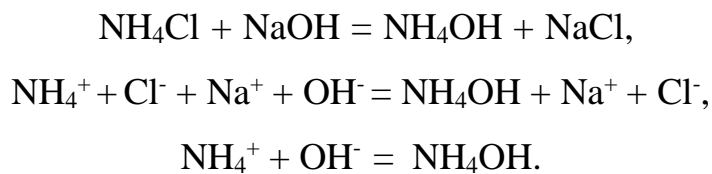
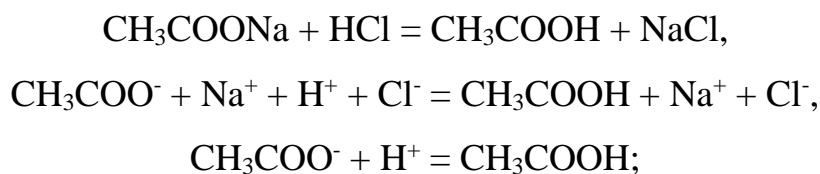


При добавлении кислоты к основной соли происходит образование средней соли:



7.4. РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ СЛАБЫХ КИСЛОТ И СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ

Примерами реакций образования малодиссоциирующих соединений служат реакции образования слабых кислот и слабых оснований:



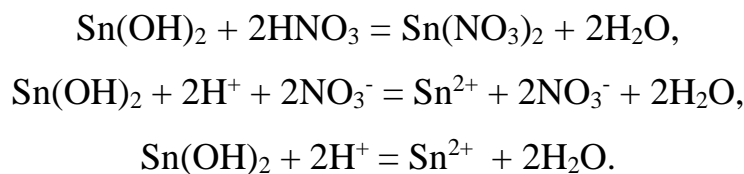
В отмеченных реакциях взаимодействие протекает в направлении образования слабого электролита - либо слабой кислоты, либо слабого основания.

7.5. РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ АМФОТЕРНЫХ ГИДРОКСИДОВ

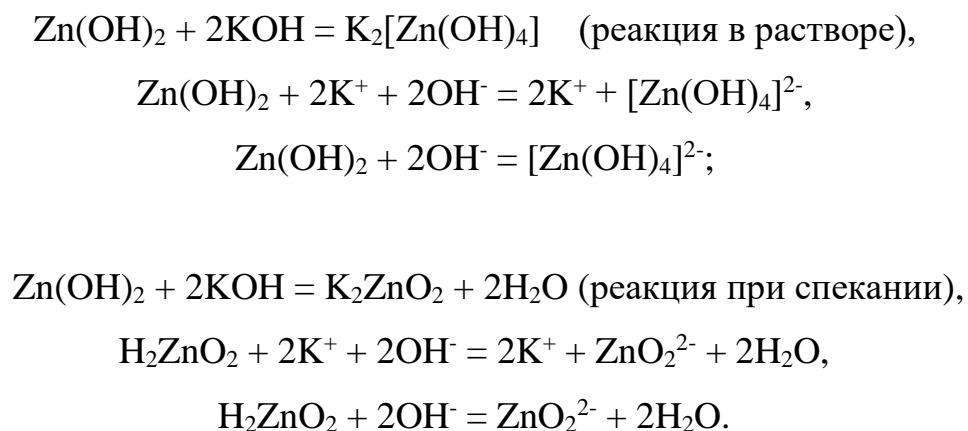
Ряд гидроксидов в реакциях ионного обмена проявляет как основные, так и кислотные свойства. Характер проявляемых свойств зависит от второго реагента, с которым такой гидроксид вступает в реакцию. Подобные гидроксиды называют амфотерными. К амфотерным гидроксидам относят: Zn(OH)_2 , Sn(OH)_2 , Pb(OH)_2 , Al(OH)_3 , Cr(OH)_3 , Sb(OH)_3 и некоторые другие.

Рассмотрим примеры реакций с участием амфотерных гидроксидов.

В реакции с кислотой амфотерный гидроксид проявляет свойства слабого основания:

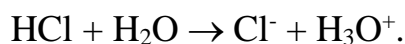


При взаимодействии с основанием амфотерный гидроксид проявляет свойства слабой кислоты. Для удобства составления уравнения соответствующей реакции нейтрализации можно представить формулу амфотерного гидроксида в виде кислоты. Например: $\text{Zn(OH)}_2 = \text{H}_2\text{ZnO}_2$, $\text{Al(OH)}_3 = \text{H}_3\text{AlO}_3$. Следует помнить, что соли, образованные этими кислотами и сильными основаниями, как правило, растворимы:



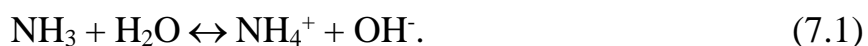
7.6. ТЕОРИЯ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ БРЕНСТЕДА - ЛАУРИ

В 1923 г. Бренстед и Лаури независимо друг от друга предложили рассматривать кислоты как вещества, способные отдавать протон, а основания как вещества, способные его присоединять. Следовательно, поведение кислот и оснований можно описывать с учетом способности этих веществ к переносу протонов. Например, при растворении в воде HCl действует как кислота, отдавая протон растворителю. В то же время растворитель (H₂O) действует как основание, присоединяя протон:



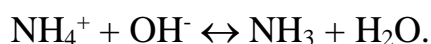
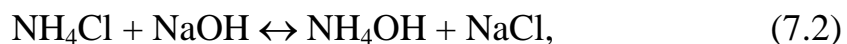
Термин «основание» применяют к веществам, образующим в водном растворе избыток ионов OH⁻. Отметим, что ион OH⁻ представляет собой акцептор протонов; он легко реагирует с гидратированным протоном, образуя воду: H₃O⁺ + OH⁻ ↔ 2H₂O.

Аналогично водные растворы аммиака обладают основными свойствами, потому что NH₃ реагирует с H₂O, образуя NH₄⁺ и OH⁻:



В этой реакции H₂O отдает протон молекуле аммиака; следовательно, H₂O играет роль кислоты, а NH₃ - основания.

Реакции, приведенные выше в качестве примера реакций с переносом протона, являются обратимыми. Так, при смешении NH₄Cl и NaOH образуются H₂O и NH₃:



Ионное уравнение (7.2) представляет собой процесс, обратный реакции между NH_3 и H_2O (7.1). В реакции (7.2) ион NH_4^+ играет роль донора протона, а ион OH^- - роль акцептора протона. Таким образом, если реакция протекает в одном направлении, H_2O играет роль кислоты, а NH_3 - роль основания. В обратной же реакции NH_4^+ играет роль кислоты, а OH^- - роль основания.

Рассмотренный пример показывает, что каждая кислота связана с сопряженным основанием, которое образуется из этой кислоты в результате отщепления от нее протона. Например, сопряженным основанием для NH_4^+ является NH_3 , а сопряженным основанием для H_2O является OH^- . Точно так же каждое основание имеет сопряженную кислоту, которая образуется из этого основания в результате присоединения к нему протона. Например, H_2O является сопряженной кислотой основания OH^- . **Кислота и основание, которые, подобно H_2O и OH^- , отличаются только наличием или отсутствием протона, называются сопряженной кислотно - основной парой.**

Чем легче какая - либо кислота отдает протон, тем труднее сопряженное ей основание присоединяет к себе протон. Другими словами, чем сильнее кислота, тем слабее сопряженное ей основание, а чем слабее кислота, тем сильнее сопряженное ей основание. Например, HCl является хорошим донором протона, потому что сопряженное этой кислоте основание Cl^- притягивает протоны слабее, чем вода. Вследствие этого протон переносится к H_2O с образованием H_3O^+ .

На рис. 7.1 приведен ряд распространенных кислот и сопряженных им оснований. Ион H_3O^+ является самым сильным донором протона, который может существовать в равновесии с водным раствором. Поэтому кислоты, расположенные на рис. 7.1 выше H_3O^+ , полностью отдают протоны воде с образованием H_3O^+ . Точно так же, OH^- представляет собой самое сильное основание, которое может находиться в равновесии с водным раствором. Всякий более сильный акцептор протона должен полностью реагировать с водой, отнимая у нее протоны и переводя ее молекулы в ионы OH^- .

		Кислота		Основание		
↑ Возрастание силы кислоты	Сильная	HCl	100 %-ная диссоциация в H ₂ O	NO ₃ ⁻	Очень слабое	
		H ₂ SO ₄		H ₂ O		
		HNO ₃		SO ₄ ²⁻		
	Средняя	HSO ₄ ⁻		H ₂ PO ₄ ²⁻	Слабое	
		H ₃ PO ₄		F ⁻		
		HF		C ₂ H ₃ O ₂ ⁻		
	Слабая	H ₂ C ₂ H ₃ O ₂		HCO ₃ ⁻	Среднее	
		H ₂ CO ₃		HS ⁻		
		H ₂ S		HPO ₄ ²⁻		
		H ₂ PO ₄ ⁻		NH ₃		
		NH ₄ ⁺		CO ₃ ²⁻		
	Очень слабая	HCO ₃ ⁻		PO ₄ ³⁻	Сильное	
		HPO ₄ ²⁻		OH ⁻		
		H ₂ O		S ²⁻		
		HS ⁻	100 %-ное протонирование в H ₂ O	O ²⁻		
		OH ⁻				
				↓ Возрастание силы основания		

Рис. 7.1. Относительная сила сопряженных пар кислота – основание.

Сильным кислотам соответствуют слабые сопряженные основания, а слабым кислотам – сильные сопряженные основания

7.7. ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH

Вода - наиболее распространенный растворитель различных веществ. Поэтому физико-химические свойства воды имеют большое значение во многих областях экспериментальной и прикладной химии. Так, например, от содержания ионов H⁺ в воде сильно зависят растворимость различных ми-

нералов, разложение химических загрязнителей в сточных водах, скорость коррозии металлических материалов, а также пригодность воды для использования в технологических процессах. Обычно вода, не содержащая растворенных веществ, рассматривается как очень слабый электролит. Тем не менее, ее молекулы, хотя и в очень малой степени, диссоциируют, проявляя способность к самоионизации: $2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$.

В этом процессе одна молекула воды действует как донор протона, т. е. как соединение, отдающее протон, а другая – как акцептор, т. е. как соединение, присоединяющее протон. Обычно вместо ионов гидроксония H_3O^+ говорят об ионах водорода, и состояние динамического равновесия электролитической диссоциации воды упрощенно выражают уравнением:



Применив закон действия масс к диссоциации воды, можно записать общий вид соответствующей константы диссоциации:

$$K = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)}{C(\text{H}_2\text{O})}.$$

Концентрация ионов H^+ (H_3O^+) и OH^- в воде крайне ничтожна. Установлено, что при комнатной температуре на ионы распадается только $1 \cdot 10^{-7}$ моль H_2O . Так как из одной молекулы воды получается один ион H^+ и один ион OH^- , то концентрация водородных, а следовательно, и гидроксильных ионов в чистой воде равна $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Число молей в 1 л воды $1000 : 18 = 55,5$, где 1000 г – масса 1 л H_2O ; 18 г/моль – молярная масса H_2O . Тогда концентрация недиссоциированных молекул воды составит $(55,5 - 1 \cdot 10^{-7})$ моль/л. $1 \cdot 10^{-7}$ весьма малая величина по сравнению с 55,5. Поэтому концентрация недиссоциированных молекул воды может быть принята равной

55,5 моль/л. Тогда:

$$C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-) = K \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = K_{\text{H}_2\text{O}} .$$

Константа $K_{\text{H}_2\text{O}}$ называется ионным произведением воды. Для фиксированной температуры она строго постоянна и при 22 °С $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-14}$.

Поскольку величина $K_{\text{H}_2\text{O}}$ постоянна, то $C(\text{H}^+)$ и $C(\text{OH}^-)$ в водных растворах обратно пропорциональны друг другу. Любое повышение концентрации одного из этих ионов вызывает соответствующее уменьшение концентрации другого, и наоборот.

Хотя концентрации ионов водорода или гидроксильных групп могут быть очень малыми, в водных растворах они не бывают равными нулю, так как произведение их всегда постоянно и не равно нулю. Следовательно, в водных растворах кислот присутствуют не только ионы H^+ , но и ионы OH^- , а в щелочной среде вместе с ионами OH^- содержатся и ионы H^+ .

Ионное произведение воды позволяет по заданной концентрации H^+ найти концентрацию OH^- , и наоборот.

Пример. Определить концентрацию водородных ионов в 0,01 М растворе КОН.

Решение. КОН – сильный электролит. При полной диссоциации из каждой молекулы КОН образуется один ион OH^- . В 1 л раствора из 0,01 моль КОН образуется 0,01 моль ионов OH^- . Следовательно:

$$C(\text{H}^+) = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{C(\text{OH}^-)} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л} .$$

На практике принято реакцию водных растворов характеризовать концентрацией ионов водорода. Раствор имеет нейтральную реакцию, если в нем $C(\text{H}^+) = C(\text{OH}^-) = 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Если $C(\text{H}^+) > 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, раствор имеет

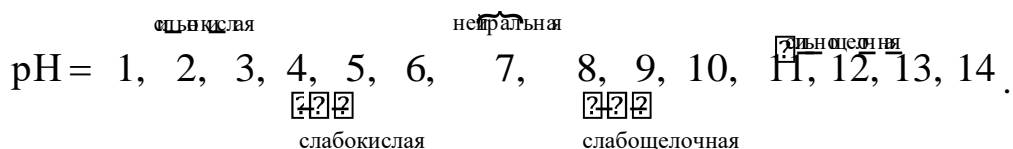
кислую реакцию. Кислотность раствора тем выше, чем больше концентрация ионов водорода. Раствор, в котором $C(H^+) < 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, имеет щелочную реакцию.

Концентрацию ионов H^+ в водных растворах удобно выражать при помощи **водородного показателя рН**, который определяется как отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода: $pH = - \lg C(H^+)$.

Соответственно отрицательный десятичный логарифм концентрации гидроксильных ионов называется гидроксильным показателем и обозначается рОН: $pOH = - \lg C(OH^-)$.

Из уравнения $C(H^+) \cdot C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-14}$ следует, что $pH + pOH = 14$.

В нейтральном растворе рН = 7; в кислом рН < 7; в щелочном рН > 7. Причем выделяют сильно- и слабокислую среду, а также сильно- и слабощелочную:



Для количественного определения рН существуют различные способы. Например, с этой целью используются специальные приборы, называемые рН – метрами. Однако простейшим способом оценки рН является использование кислотно - основных индикаторов. Индикатор представляет собой вещество органического происхождения, способное менять окраску в зависимости от рН среды. Если известно значение рН, при котором индикатор переходит из одной окрашенной формы в другую, то по наблюдаемой окраске раствора можно судить о том, выше или ниже его рН, чем рН перехода окраски данного индикатора.

Например, лакмус, один из наиболее распространенных индикаторов, изменяет окраску при рН, близком к 7. Однако изменение окраски лакмуса

происходит не очень резко. Красный цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 5 или ниже, а синий цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 8,2 или выше.

Существуют другие индикаторы, изменяющие окраску при значениях рН между 1 и 14. Наиболее распространенные из них представлены в табл. 7.2. Из этой таблицы следует, что, например, метиловый оранжевый изменяет

Таблица 7.2

Цвет распространенных кислотно-основных индикаторов в различной среде

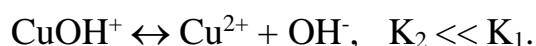
Индикатор	Цвет индикатора в зависимости от рН среды
Лакмус	рН<5,0 (красный) [фиолетовый] рН>8,0 (синий)
Фенолфталеин	рН<8,0 (бесцветный) [бледно-малиновый] рН>9,8 (малиновый)
Метиловый оранжевый	рН<3,1 (красный) [оранжевый] рН>4,4 (желтый)

окраску в интервале рН от 3,1 до 4,4. При рН ниже 3,1 он имеет красную окраску. В растворах с рН в интервале от 3,1 до 4,4 метиловый оранжевый постепенно переходит в свою основную форму, имеющую желтую окраску. Когда рН достигает 4,4, переход в основную форму полностью завершается и раствор приобретает желтую окраску. Для приблизительной оценки рН растворов часто пользуются полосками бумаги, пропитанными различными индикаторами, к которым прилагается цветная шкала сравнения.

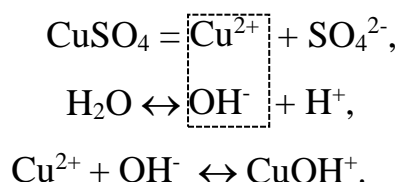
7.8. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Природная вода, морская и пресная, как правило не является нейтральной средой и характеризуется значением рН, отличным от 7. Дело в том, что во многих случаях вода может выступать в отношении различных веществ и минералов не только как растворитель, но и как активный реагент, вызывающий химическое взаимодействие обменного характера. Такое взаимодействие имеет место, если ионы, образующиеся при диссоциации растворенного в воде вещества, являются остатками слабых электролитов.

Поясним механизм соответствующего явления, рассмотрев процесс ступенчатой диссоциации какого-либо слабого электролита, например, $\text{Cu}(\text{OH})_2$:



Первое из двух записанных равновесий характеризуется константой равновесия K_1 . Величина этой константы намного меньше единицы, так как речь идет о слабом электролите. Следовательно, концентрация образующихся ионов CuOH^+ и OH^- очень мала. Еще меньше ионов образуется за счет второй ступени диссоциации слабого электролита, так как $K_2 \ll K_1$ (отщепление иона OH^- от положительно заряженного иона CuOH^+ требует больших энергетических затрат, чем отщепление от нейтральной молекулы $\text{Cu}(\text{OH})_2$). Поэтому, если в воде растворить сильный электролит, образующий при диссоциации ионы Cu^{2+} , в соответствии с принципом Ле Шателье произойдет смещение анализируемых равновесий в левую сторону. При этом связывание ионов OH^- вызовет и смещение равновесия диссоциации воды, что приведет к накоплению ионов H^+ и изменению характера среды в растворе:



Процессы, рассмотренные выше, объединяют под названием «гидролиз». В общем случае гидролизом называют взаимодействие ионов растворенного вещества с ионами H^+ или OH^- молекул воды, ведущее к образованию малодиссоциирующих соединений и изменению pH раствора.

Явление гидролиза, вызывающее изменение характера среды, распространено в природе (табл. 7.3).

Необходимо помнить, что гидролизу подвергаются только те соли, которые содержат хотя бы один ион – остаток слабого электролита. Только в этом случае при растворении в воде возможно образование малодиссоциированных ионов (молекул) кислоты или основания, или того и другого вместе. Рассмотрим различные случаи гидролиза.

7.8.1. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой

После растворения и диссоциации соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой, например, медного купороса CuSO_4 , в водном растворе устанавливается равновесие с участием ионов Cu^{2+} (остаток слабого электролита $\text{Cu}(\text{OH})_2$) и молекул H_2O :



или в молекулярной форме:



Таблица 7.3

Гидролиз в природных водных системах

Водная система	Среднее значение pH
Рудничные воды колчеданных месторождений	1 - 2
Воды кратерных озер	1 - 3
Воды торфяных болот	4
Воды, насыщенные CO ₂	5
Грунтовые воды (питьевые)	6,5 – 8,0
Морская вода	8,2 – 8,5
Содовые озера	10,0
Насыщенный раствор известняка, мела (CaCO ₃)	10,0

В результате гидролиза ионы OH⁻ частично связываются, а ионы H⁺ накапливаются. Поэтому в растворе становится больше ионов водорода, чем гидроксильных групп. Среда приобретает кислый характер: pH < 7.

Отметим последовательность действий при анализе процесса гидролиза той или иной соли.

Сначала следует определить, содержит ли соль ион – остаток слабого электролита. Например, при растворении NaCl образуются ионы Na⁺ и Cl⁻, соответствующие сильным электролитам – основанию NaOH и кислоте HCl. Подобные соли гидролизу не подвергаются: NaCl + H₂O ≠.

В том случае, если соль содержит ион – остаток слабого электролита, гидролиз протекать будет. Причем суть процесса выражают составлением молекулярного и ионного уравнений гидролиза. Удобнее, сделав заготовку

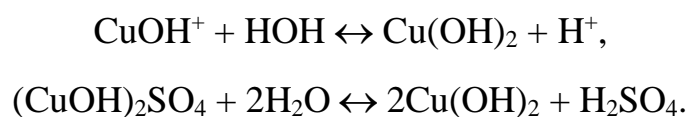
молекулярного уравнения, начать с ионной формы взаимодействия. При этом можно воспользоваться соответствующими правилами.

Для составления ионного уравнения гидролиза по катиону необходимо (смотри уравнение 7.3):

1. Выписать катион слабого основания.
2. Прибавить одну молекулу воды.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулу соединения, образованного катионом слабого основания и группой OH^- из воды.
5. Прибавить оставшийся от воды ион H^+ .

Комментарии к данному правилу.

При составлении ионного уравнения гидролиза к одному катиону слабого основания прибавляем только одну молекулу воды. Это связано с тем, что при обычных условиях гидролиз протекает только по первой ступени: один ион – остаток слабого электролита взаимодействует с одной молекулой воды. При повышении температуры или сильном разведении раствора возможны следующие ступени гидролиза до образования нейтральных молекул слабого электролита:



В уравнениях гидролиза ставится знак равновесия, так как гидролиз солей обратим. Например, если в результате гидролиза накапливаются ионы H^+ , добавление к раствору соли какой-либо сильной кислоты вызовет смещение равновесия в сторону исходных негидролизированных ионов соли.

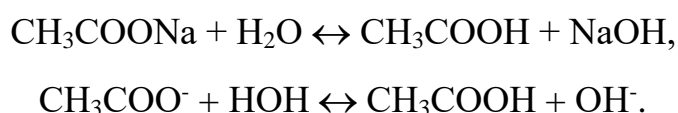
Для составления молекулярного уравнения гидролиза необходимо (смотри уравнение 7.4):

1. Выписать формулу соли.

2. Прибавить воду.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулы веществ, образованных катионами в правой части ионного уравнения и анионом исходной соли.
5. В случае необходимости – уравнять.

7.8.2. Гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой

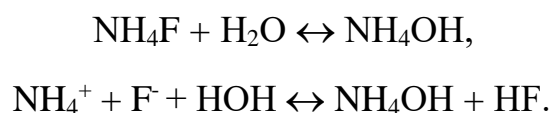
Примером соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, является ацетат натрия CH_3COONa . При растворении в воде эта соль диссоциирует на ионы Na^+ и CH_3COO^- . Ацетат – ион является остатком слабой уксусной кислоты, следовательно, исходная соль будет подвергаться гидролизу. Для составления молекулярного и ионного уравнений гидролиза можно воспользоваться правилами, подобными тем, что были рассмотрены выше для гидролиза соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой:



Ионы CH_3COO^- , взаимодействуя с ионами H^+ воды, образуют молекулы слабодиссоциированной уксусной кислоты. Ионы же Na^+ не связываются ионами OH^- , так как NaOH – сильный электролит. Уменьшение в растворе числа ионов H^+ нарушает равновесие между молекулами воды и ее ионами, вызывая диссоциацию дополнительного количества молекул воды. Вновь образующиеся ионы H^+ в свою очередь связываются ионами CH_3COO^- в молекулы CH_3COOH , а свободные ионы OH^- накапливаются в растворе. Избыток ионов гидроксила создает щелочную среду: $\text{pH} > 7$.

7.8.3. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой

Примером соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой, служит фторид аммония NH_4F , гидролизующийся следующим образом:

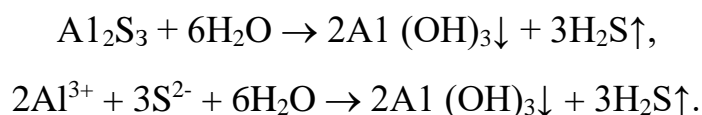


При гидролизе фторида аммония одновременно связываются ионы H^+ и OH^- , т. е. образуются два слабых электролита - слабая кислота и слабое основание. Характер среды в подобных случаях зависит от относительной силы образующихся кислоты и основания. При численном равенстве констант диссоциации основания и кислоты, среда будет нейтральной. Если константа диссоциации кислоты превышает константу диссоциации основания, то раствор соли будет слабокислым и, наоборот, раствор будет иметь слабощелочную реакцию, если константа диссоциации основания больше константы диссоциации кислоты.

7.8.4. Полный гидролиз

Возможен случай протекания гидролиза по всем возможным ступеням до полного разложения соли. Это происходит при гидролизе солей, образованных слабым основанием и слабой кислотой, когда получающиеся кислота и основание очень слабые, к тому же летучие или труднорастворимые. Такие соли отмечены прочерком в таблице растворимости. Они могут быть получены только сухим путем. При контакте с водой эти соли необратимо разлагаются, т. к. протекает полный гидролиз. В результате полного гидролиза образуются осадок слабого основания и молекулы слабой кислоты. Например,

взаимодействие Al_2S_3 (в таблице растворимости данная соль отмечена прочерком) с водой протекает следующим образом:



7.8.5. Количественные аспекты гидролиза

Для количественной характеристики процесса гидролиза используют две величины – **степень гидролиза** и константу гидролиза.

Отношение концентрации гидролизованной части молекул к общей концентрации соли в растворе называют степенью гидролиза:

$$h = C(\text{гидр.}) / C(\text{общ.}),$$

где h – степень гидролиза; $C(\text{гидр.})$ – концентрация гидролизированных молекул соли; $C(\text{общ.})$ – общая концентрация соли в растворе.

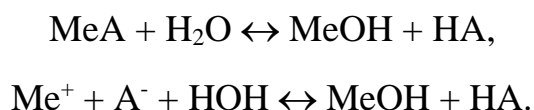
Степень гидролиза соли зависит от нескольких факторов:

1) от константы диссоциации кислоты или основания, образующихся в процессе гидролиза. Чем меньше константа диссоциации, тем больше степень гидролиза;

2) от температуры. При нагревании раствора гидролиз усиливается, так как увеличивается степень диссоциации воды;

3) для солей, образованных сильными кислотами и слабыми основаниями, а также сильными основаниями и слабыми кислотами, степень гидролиза также возрастает при разбавлении раствора.

Запишем в общем виде уравнение реакции гидролиза соли MeA , образованной слабым основанием $MeOH$ и слабой кислотой HA :



Константа равновесия для гидролиза рассматриваемой соли имеет вид:

$$K = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-) \cdot C(\text{H}_2\text{O})}. \quad (7.5)$$

Для разбавленного раствора можно принять, что молярная концентрация воды в результате реакции гидролиза практически не меняется и имеет почти то же значение, что и для чистой воды, а именно 55,5 моль/л. Объединяя в уравнении (7.5) две постоянные величины K и $C(\text{H}_2\text{O})$ в одну – константу гидролиза $K_{\text{гидр.}}$, получим:

$$K_{\text{гидр.}} = K \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-)}. \quad (7.6)$$

Константа гидролиза зависит от температуры и природы растворенной соли, но в области больших разбавлений практически не зависит от концентрации. Константа гидролиза показывает, насколько велика концентрация молекул слабого основания и молекул слабой кислоты в сравнении с концентрацией соответствующих катионов и анионов после установления равновесия гидролиза.

Умножим в равенстве (7.6) числитель и знаменатель дроби на величину $C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)$:

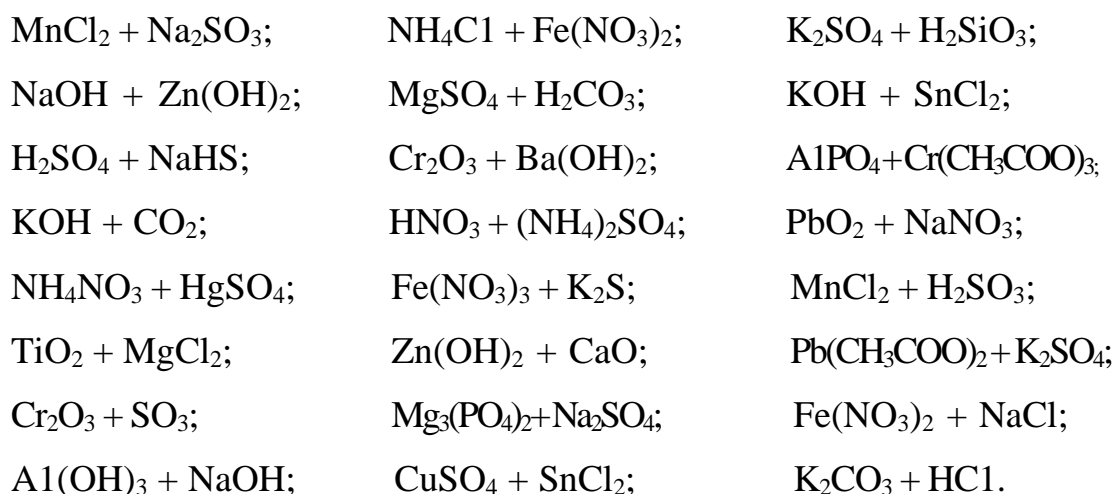
$$K_{\text{гидр.}} = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA}) \cdot C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-) \cdot C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{MeOH}} \cdot K_{\text{HA}}}.$$

Следовательно, константа гидролиза соли, образованной катионом

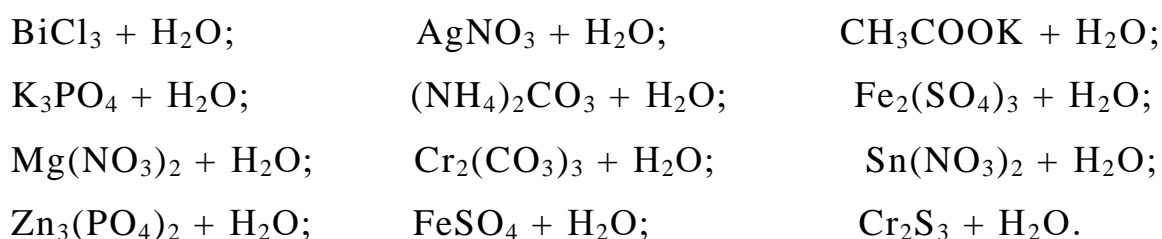
слабого основания и анионом слабой кислоты, равна ионному произведению воды, деленному на произведение констант диссоциации кислоты и основания. Чем слабее основание или кислота, катион и анион которых входят в состав соли, тем в большей степени соль будет подвергаться гидролизу, тем больше будет значение соответствующей константы гидролиза.

7.9. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислить pH 0,005 н. раствора гидроксида калия.
2. Определить pH 0,01 н. раствора уксусной кислоты. Константа диссоциации CH_3COOH составляет $1,75 \cdot 10^{-5}$.
3. Чему равна концентрация ионов водорода в 0,1 н. растворе NaOH ?
4. Составить молекулярные и ионные уравнения возможных реакций:



5. Составить молекулярные и ионные уравнения возможных реакций гидролиза:



Глава 8
СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН
Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

8.1. СТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМОВ

Для того чтобы понять закономерности распределения и содержания химических элементов в земной коре, необходимо знать электронную структуру атомов. Расположение электронов в атоме определяет его электронное строение и химические свойства.

Так, в геохимии явления распределения элементов в различных природных объектах связывают с конфигурацией электронных оболочек соответствующих атомов. По В.М. Гольдшмидту «геохимия изучает распределение и содержание химических элементов в минералах, рудах, породах, почвах, водах и атмосфере и циркуляцию элементов в природе на основе свойств атомов и ионов».

Современные представления об электронном строении атомов сформировались на основе классических положений **квантовой механики**. Квантовая (волновая) механика - раздел теоретической физики, изучающий законы движения микрочастиц, характеризующихся размерами 10^{-8} - 10^{-15} м.

Луи де Бройль предположил, что движение любой материальной частицы сопровождается распространением фазовых волн:

$$\lambda = \frac{h}{mV} , \quad (8.1)$$

где λ - длина волны, связанная с движущейся частицей вещества; h - постоянная Планка; m – масса движущейся частицы; V – скорость частицы.

У макроскопических тел волновые свойства не проявляются, так как

длины волн оказываются очень малыми. Однако формула (соотношение) де Бройля (8.1) позволила перенести представления о двойственной, корпускулярно - волновой природе на частицы вещества. Причем корпускулярно - волновой дуализм частиц микромира подтверждается опытами по отражению и прохождению электронов через кристаллы. В этих опытах проявляется дифракционная картина, наличие которой служит признаком волнового процесса. Соответствующий эффект наблюдается, когда длина волны, создаваемой электронами, имеет порядок величины, сопоставимый с межатомным расстоянием в кристалле.

Согласно статистической интерпретации волны де Бройля имеют особый физический смысл «волн вероятности». Интенсивность волны вероятности служит мерой вероятности обнаружения частицы в данном месте пространства. С позиций квантовой механики существование электрона в атоме связывается с вероятностью нахождения электрона в определенном объеме $dV(x,y,z)$ атомного пространства. Пространство вокруг ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, принято называть **атомной орбиталью**.

Возможность нахождения частицы в фиксированной области трехмерного пространства (x, y, z) в данный момент времени (t) характеризуется волновой функцией $\psi(x,y,z,t)$. Вероятность $W(x,y,z,t)$ обнаружить частицу в объеме $dV = dx \cdot dy \cdot dz$ в момент времени t определяется квадратом волновой функции:

$$W(x,y,z,t) = |\psi(x,y,z,t)|^2 dV.$$

Основное уравнение квантовой механики, определяющее вид функции ψ для различных случаев движения и взаимодействия микрочастиц, называется уравнением Шредингера. **Уравнение Шредингера** является постулатом и представляет собой дифференциальное уравнение высокого порядка. Для

одного электрона в отсутствие внешнего магнитного поля оно имеет вид:

$$\frac{i\hbar}{2\pi} \frac{\partial \psi}{\partial t} = - \frac{\hbar^2}{8\pi^2 m} \Delta \psi + U(x, y, z, t) \psi,$$

где Δ - оператор Лапласа; $U(x, y, z, t)$ - потенциальная энергия электрона; m - масса электрона; $i = \sqrt{-1}$.

Решение уравнения Шредингера получается в виде набора целых чисел. Эти числа определяют наиболее вероятное положение электрона (его «адрес») в атоме. Электрон существует в трехмерном пространстве, поэтому такой набор включает три числа, которые называют квантовыми числами. **Квантовые числа** можно сравнить с почтовым индексом, содержащим в сжатом числовом коде информацию о местоположении интересующего объекта. Причем среди этих чисел есть главные (основные), без которых положение объекта не определяется в принципе, и вспомогательные, позволяющие детализировать его пространственную локализацию.

8.1.1. Квантовые числа

Первое число в решении уравнения Шредингера называют главным квантовым числом (обозначают буквой n). **Главное квантовое число** определяет энергию электрона в атоме, связанную с расстоянием, на которое электрон удален от ядра. Чем больше значение n , тем слабее связан электрон с ядром, тем на большем удалении от ядра атома он находится. Причем энергия электрона принимает не любые, а лишь определенные дискретные (квантовые) значения.

Главное квантовое число может принимать целочисленные значения. Реально для электронов в невозбужденных атомах химических элементов оно

изменяется от 1 до 7. Совокупность электронов в атоме, характеризующихся одним и тем же значением главного квантового числа, называют **энергетическим уровнем или электронным слоем** (с соответствующим значением n номером). Энергетические уровни, для которых $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, также называют, соответственно, K, L, M, N, O, P, Q - уровнями. Если, например, $n = 4$, то говорят, что электрон находится на четвертом (считая от ядра) уровне или на N - уровне.

Второе число в решении уравнения Шредингера - **орбитальное, или побочное, квантовое число l** характеризует различие в энергетическом состоянии электронов в пределах данного уровня. Значение орбитального квантового числа определяет число подуровней, составляющих данный энергетический уровень. Для электронов, находящихся на энергетическом уровне с главным квантовым числом n , орбитальное квантовое число l может принимать значения 0, 1, 2, 3, ... до $(n - 1)$. Поэтому возможное число подуровней в каждом энергетическом уровне равно значению главного квантового числа.

Численные значения l принято заменять буквенными обозначениями. Подуровни, которым отвечают значения побочного квантового числа $l = 0, 1, 2$ и 3 , называются, соответственно, s, p, d и f - подуровнями.

В состав энергетических уровней входят следующие подуровни:

1-й уровень – s - подуровень ($l = 0$);

2-й уровень – s - подуровень ($l = 0$) и p - подуровень ($l = 1$);

3-й уровень – s - подуровень ($l = 0$), p - подуровень ($l = 1$) и d - подуровень ($l = 2$);

4-й уровень – s - подуровень ($l = 0$), p - подуровень ($l = 1$), d - подуровень ($l = 2$) и f - подуровень ($l = 3$).

В атомах известных химических элементов более четырех подуровней электронами не заполняется.

С точки зрения волновых представлений орбитальное квантовое число

характеризует форму электронного облака, пространственную область его наиболее вероятного нахождения. Для атомной орбитали s - электронов характерна форма шара, для p - электронов – форма гантели, для d - электронов – форма четырехлопастного винта, для f - электронов эта форма еще сложнее.

Третье число в решении уравнения Шредингера - **магнитное квантовое число m_l** характеризует магнитный момент электрона, обусловленный его движением в поле ядра. Магнитное квантовое число принимает целочисленные значения от $-l$ до $+l$, включая нуль, т. е. всего $(2l+1)$ значений. Например, для d - электрона, для которого $l=2$, магнитное квантовое число может иметь $(2\cdot 2+1)$ значений, а именно $m_l = -2, -1, 0, +1, +2$. Этим значениям отвечают $(2l+1)$ энергетических состояний - так называемых квантовых или энергетических ячеек, возможных для электронов данного подуровня. Эти ячейки принято обозначать квадратами, а находящиеся в них электроны - стрелками.

Электрон обладает способностью вращаться вокруг собственной оси. Поэтому дополнительно к трем рассмотренным квантовым числам добавляется еще одно, не связанное с решением уравнения Шредингера. Соответствующее квантовое число S называют спиновым квантовым числом или спином электрона. Спиновое квантовое число принимает два значения $+\frac{1}{2}$ или $-\frac{1}{2}$ в зависимости от направления вращения электрона вокруг своей оси.

8.1.2. Распределение электронов в атомах. Принципы запрета и наименьшей энергии

Распределение электронов в атомах химических элементов определяется тремя основными положениями: принципом запрета Паули, принципом наименьшей энергии, а также правилом Гунда.

Согласно принципу запрета, установленному швейцарским физиком

В. Паули, в атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырех квантовых чисел. Максимальное количество электронов, которое может находиться на n -ом энергетическом уровне, так, чтобы не нарушалось это условие, соответствует формуле $x = 2n^2$. Следовательно, на первом уровне может находиться не более двух электронов, на втором - 8, на третьем - 18, на четвертом - 32 и т. д. Наибольшее количество электронов, которое может разместиться на s -подуровне любого уровня равно 2, на p -подуровне их может разместиться не более 6, на d -подуровне - 10 и на f -подуровне - 14.

При описании электронных структур отдельных атомов для условной записи принята определенная символика. Вначале арабскими цифрами указывают номер уровня, а далее буквенным символом s , p , d или f - подуровень, к которому относятся электроны, и, наконец, верхним цифровым индексом справа от этого символа - количество электронов на рассматриваемом подуровне. Так, например, запись $4p^6$ означает, что на p -подуровне четвертого энергетического уровня располагается 6 электронов; а запись $4f^3$, что на f -подуровне четвертого уровня находится 3 электрона.

Согласно другому принципу – принципу наименьшей энергии, распределение электронов должно отвечать наибольшей прочности их связи с ядром атома, т.е. электрон прежде всего занимает такие положения, при которых он будет обладать наименьшим собственным запасом энергии. Так как энергия электрона в основном определяется значениями квантовых чисел n и l ,

Клечковский В. М. предложил следующие два правила:

1. По мере увеличения заряда ядра атома последовательное заполнение электронами энергетических уровней и подуровней осуществляется в направлении возрастания суммы главного n и орбитального l квантовых чисел $(n+l)$.

2. Если сумма $(n+l)$ оказывается одинаковой для нескольких подуровней, то последовательное заполнение электронами энергетических уровней и подуровней происходит в порядке уменьшения l и увеличения n . Например,

при $n+l = 6$ сначала заполняется $4d$ - подуровень ($n = 4, l = 2$), а затем $5p$ - подуровень ($n = 5, l = 1$).

8.1.3. Квантовые ячейки. Правило Гунда

Количеством значений магнитного квантового числа для электронов одного подуровня определяется число квантовых (энергетических) ячеек этого подуровня. Квантовые ячейки для электронов обычно располагают ступенями, что соответствует повышению энергии электронов при переходе от s к p подуровню. Внутри каждой ячейки может размещаться не более двух электронов, которые при этом должны различаться значением спинового квантового числа (иметь антипараллельные спины). В противном случае для двух электронов одного атома все четыре квантовые числа будут иметь одинаковые значения, что противоречит принципу запрета Паули.

Понятием квантовая ячейка охватывается энергетическое состояние электрона, характеризуемое определенными значениями квантовых чисел n , l и m_l . Для s - электронов при значении орбитального квантового числа $l = 0$ возможно только одно значение магнитного числа: $m_l = 0$, и, таким образом, в s - подуровне может быть только одна энергетическая ячейка.

Для p - электронов ($l = 1$) возможны три варианта магнитного квантового числа ($-1, 0, +1$) и, соответственно, три квантовые ячейки в p - подуровне. Для d - электронов ($l = 2$) возможны 5 значений m_l ($-2, -1, 0, +1, +2$), соответственно, в d - подуровне имеется 5 ячеек. В случае f - подуровня ($l = 3$) m_l принимает значения $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ (7 ячеек).

Значениями орбитального квантового числа l определяется форма электронного облака (атомной орбитали). В свою очередь, магнитное квантовое число определяет взаимную ориентацию в пространстве этих орбиталей. Для s - электронов при $l = 0$ и $m_l = 0$ это соответствует тому, что для электрон-

ного облака шаровидной формы не существует различных вариантов его ориентации в пространстве, все направления равнозначны (рис. 8.1). Для p - электронов, имеющих форму гантели, $l = 1$ и m_l может принимать 3 значения, чему отвечают 3 варианта взаимной ориентации этих орбиталей: вдоль осей x , y , z (рис. 8.2). У более сложных по своей конфигурации d и f - электронов существует 5 и 7 вариантов соответственно их взаимного расположения в пространстве. Знание такой взаимной ориентации атомных орбиталей p , d и f - электронов позволяет объяснить направленный характер химической связи, расположение химических связей в пространстве под вполне определенными углами.

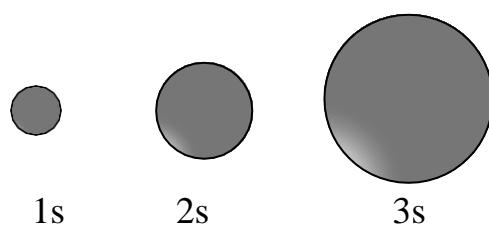


Рис. 8.1. Изображения контуров 1s-, 2s- и 3s – орбиталей

Для определения конфигурации электронных оболочек атомов используют еще одно теоретическое положение - **правило Ф. Гунда**:

электроны в пределах данного подуровня (s-, p-, d- или f-) располагаются сначала по одному в свободных квантовых ячейках, ориентируя при этом свои спины параллельно.

Например, по правилу Гунда, пять электронов на d - подуровне размещаются по одному в каждой из пяти энергетических ячеек подуровня. При этом спины электронов должны быть направлены в одну сторону.

В зависимости от того, на какой подуровень приходится последний электрон при застройке электронной оболочки атома, различают s , p , d и

f - элементы.

Символы s - элементов отмечены в таблице Менделеева красным цветом. Для s - элементов характерны ярко выраженные металлические свойства; их атомы легко отдают внешние электроны. Атомы данных элементов способны окисляться ионами водорода воды и разбавленных кислот, причем для большинства из них (кроме бериллия и магния) даже с водой реакция протекает довольно бурно.

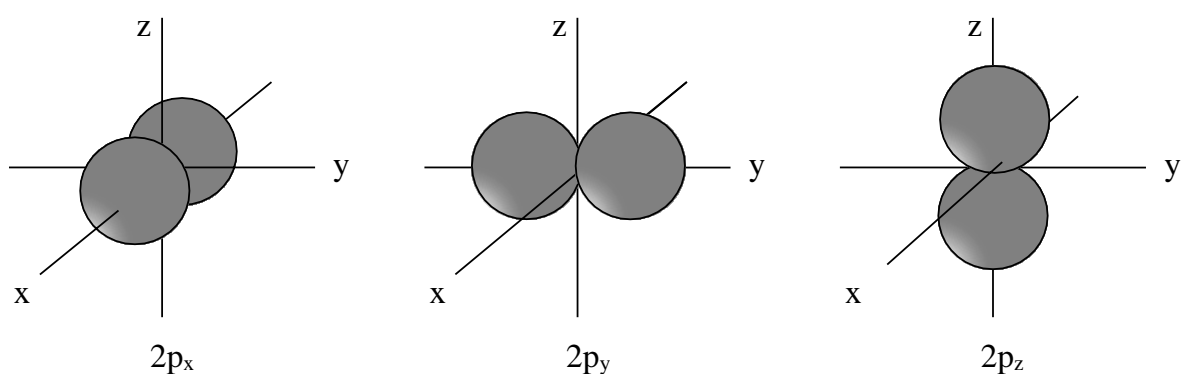


Рис. 8.2. Изображения контуров 2p – орбиталей. Три орбитали с различной ориентацией в пространстве соответствуют различным значениям магнитного квантового числа

Водород также способен терять электрон и образовывать соединения, в которых его степень окисления +1. Однако наряду с этим известны соединения (гидриды щелочных и щелочноземельных металлов), в которых водород заряжен отрицательно.

Символы p - элементов отмечены в таблице Менделеева желтым цветом. Часть p - элементов обнаруживает неметаллические свойства, проявляя способность как к окислению, так и к восстановлению, например, N, P, S. Для таких p - элементов как, например, Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb более характерны

металлические свойства и положительные степени окисления в соединениях. Атомы инертных газов, относящихся к р - элементам, окисляются трудно, т.к. имеют устойчивую электронную конфигурацию с завершенным р - подуровнем внешнего энергетического уровня.

К числу d - элементов принадлежат представители переходных элементов. Переходные элементы, расположенные в периодической системе Д. И. Менделеева друг под другом, обнаруживают большое сходство в свойствах и составляют побочные подгруппы I - VIII групп. Все d - элементы - типичные металлы, образуемые ими простые вещества способны выступать в окислительно - восстановительных реакциях только в качестве восстановителей.

К числу f - элементов относят два семейства элементов - лантаноиды и актиноиды. Все f - элементы являются типичными металлами, практически для всех них характерна степень окисления +3 и близкие химические свойства в пределах семейства.

8.2. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ

8.2.1. Размеры атомов

Ряд свойств атомов зависит от их электронной конфигурации. Такими свойствами, определяющими важные характеристики химического поведения атомов различных элементов являются размер атома, энергия ионизации, энергия сродства к электрону.

Согласно квантовомеханической модели, атом не имеет четко определенных границ, позволяющих однозначно установить его размеры. С увеличением расстояния от ядра вероятность обнаружения электрона в соответствующей области атомного пространства уменьшается, приближаясь к нулевому значению на больших расстояниях. Тем не менее, существуют методики, позволяющие рассчитывать расстояния между атомами, находящимися

в химических соединениях. С помощью этих методик определены атомные радиусы, которые служат мерой относительных размеров атомов. Например, расстояние между центрами атомов Br в молекуле Br₂ равно 2,28 Å⁰, что позволяет приписать атому Br радиус 1,14 Å⁰.

При перемещении слева направо вдоль любого периода таблицы Менделеева отмечается увеличение эффективного заряда ядра атомов и числа электронов на их внешнем энергетическом уровне. Общее число энергетических уровней для атомов химических элементов в пределах одного периода при этом неизменно. В результате с увеличением порядкового номера элемента происходит рост энергии взаимодействия электронов с ядром и заметное сжатие внешних орбиталей.

Перемещение сверху вниз в любой группе, наоборот, приводит к возрастанию размера атомов, что соответствует увеличению их главного квантового числа, определяющего число энергетических уровней.

В изменении атомных радиусов обнаруживается периодическая закономерность. При перемещении вдоль каждого периода от щелочного металла (1 группа) к галогену (7 группа) наблюдается уменьшение размеров атомов. В пределах каждого семейства (группы) периодической таблицы, например, среди щелочных металлов, по мере увеличения атомного номера радиус атома возрастает.

8.2.2. Энергия ионизации

Энергией ионизации I называется энергия, необходимая для отрыва и удаления электрона из сферы влияния ядра изолированного атома.

Более доступной для экспериментального определения величиной является **потенциал ионизации**. Это тот наименьший потенциал, при котором происходит отрыв электрона из атома и последующее его удаление из сферы притяжения ядра. Энергию ионизации I выражают в Джоулях или электрон -

вольтах (эВ); 1 эВ – энергия электрона в ускоряющем электрическом поле с разностью потенциалов 1 В (1 эВ = 96,49 кДж/моль). Оба эти понятия обычно используются как равнозначные. Чем больше энергия ионизации, тем прочнее связан электрон в атоме или ионе. Следовательно, чем меньше энергия ионизации данного атома, тем более выражены его восстановительные свойства.

При удалении из атома не одного, а двух и более электронов говорят о первом I_1 , втором I_2 и т. д. ионизационном потенциале. Удаление каждого последующего электрона из атома (иона) требует затраты все большего количества энергии. Причина этого заключается в том, что положительный заряд ядра, определяющий силу притяжения удаляемого электрона, остается все время постоянным, тогда как число электронов, нейтрализующих этот заряд, последовательно уменьшается.

В периодах величина энергии ионизации с возрастанием порядкового номера увеличивается (табл. 8.1), а восстановительная способность атомов, соответственно, уменьшается. Это связано с уменьшением радиусов атомов и увеличением положительных зарядов ядер.

Энергия ионизации в пределах главных подгрупп с увеличением порядкового номера уменьшается, а восстановительная способность атомов, соответственно, увеличивается. Объясняется это тем, что притяжение валентного электрона к ядру ослабляется с увеличением радиуса атома, причем это увеличение влияет на силу притяжения в большей мере, чем возрастание положительного заряда ядра.

Таким образом, в таблице Менделеева из s- и p - элементов наиболее сильные восстановители расположены слева внизу (самый сильный восстановитель - франций). Наиболее слабые восстановительные свойства проявляют химические элементы, расположенные в правом верхнем углу таблицы. Особенно это относится к фтору.

Для переходных элементов (d - элементы), а также для лантаноидов и актиноидов (f - элементы) значения энергии ионизации с возрастанием по-

рядкового номера постепенно увеличиваются, но незначительно, поскольку с возрастанием порядкового номера мало изменяются радиусы атомов и заряды ядер.

Таблица 8.1

Последовательные энергии ионизации I_n (кДж/моль) атомов химических элементов третьего периода

Элемент	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Na	490	4560					
Mg	735	1445	7730				
Al	580	1815	2740	11600			
Si	780	1575	3220	4350	16100		
P	1060	1890	2905	4950	6270	21200	
S	1005	2260	3375	4565	6950	8490	27000
Cl	1255	2295	3850	5160	6560	9360	11000
Ar	1525	2665	3945	5770	7230	8780	12000

8.2.3. Сродство к электрону и электроотрицательность

Характеристикой способности нейтральных атомов к присоединению электронов является **сродство к электрону E** - количество энергии, которая выделяется или которую необходимо затратить для присоединения электрона к атому. В случае большинства нейтральных атомов и всех положительно заряженных ионов присоединение электрона сопровождается выделением энергии и соответствует экзотермическому процессу. Следовательно, чем больше по абсолютной величине отрицательное значение E , тем больше способность атома притягивать электроны и, соответственно, выше его окислительная активность.

Сродство к электрону тесно связано с энергией ионизации: сродство к

электрону для однозарядного положительного иона противоположно по знаку, но совпадает по величине с энергией ионизации соответствующего нейтрального атома.

В изменении величины сродства к электрону в периодах и группах таблицы Менделеева нет столь же ярко выраженной закономерности, как в изменении энергии ионизации. Сродство к электрону зависит не только от радиуса атома и заряда ядра, но и от числа электронов на внешнем уровне атома и наличия свободных квантовых ячеек.

Для характеристики относительной способности атома смещать к себе участвующие в образовании химической связи электроны и приобретать отрицательный заряд служит еще одна условная величина - электроотрицательность. Мерой электроотрицательности (χ) является полусумма первого потенциала ионизации I_1 и сродства к электрону E :

$$\chi = (I_1 + E)/2.$$

Удобнее пользоваться не абсолютными значениями электроотрицательности, а относительными. При оценке значений электроотрицательности одному из элементов приписывают условно выбранное значение параметра. Например, в качестве точки отсчета выбирают значение 2,5, которое принимается за электроотрицательность углерода. Понятие электроотрицательности ввел Л. Полинг, который и выбрал для углерода это значение. Конкретное значение точки отсчета не играет важной роли, так как сравнивают относительные значения электроотрицательности элементов. По Полингу наиболее электроотрицательным элементом является фтор, имеющий электроотрицательность, равную 4,0. Наименьшую электроотрицательность, равную 0,79, имеет цезий. Электроотрицательности всех остальных элементов находятся в отмеченных пределах. Чем выше значение электроотрицательности для данного элемента, тем более выражены его неметаллические свойства, тем

сильнее его атомы в молекулах химических соединений притягивают электроны, приобретая отрицательный эффективный заряд.

С увеличением порядкового номера электроотрицательность s- и p- элементов в периодах увеличивается (от щелочного металла к галогену), а в подгруппах, как правило, снижается. В целом, при перемещении слева направо вдоль одного периода сродство к электрону возрастает, что соответствует увеличению способности атома притягивать электрон.

Самые большие значения сродства к электрону характерны для галогенов. Это объясняется тем, что атомы галогенов имеют конфигурацию внешних электронов вида s^2p^5 . Добавление всего одного электрона от атома другого элемента приводит к образованию устойчивой конфигурации, характерной для атомов благородных газов. Полной противоположностью галогенам являются химически инертные благородные газы – гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон. Атомы благородных газов, имеющие заполненные s- и p- подуровни, не притягивают к себе дополнительного электрона; чтобы присоединить к ним электрон, нужно затратить энергию. Точно так же присоединение электрона к атомам щелочноземельных металлов требует затраты энергии, т.к. в каждом из них имеется заполненный внешний s - подуровень.

8.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Укажите, какие экспериментальные данные свидетельствуют о наличии волновых свойств у частиц вещества.

2. Формально ион Li^{2+} имеет всего один электрон. Как вы думаете: большую или меньшую величину составит энергия ионизации данного иона в сравнении с энергией ионизации атома водорода H? Объясните ответ.

3. Какие из перечисленных ниже обозначений атомных орбиталей не имеют смысла: 4f, 2d, 2s, 5p, 1p, 3f, 3d?

4. Укажите значения квантовых чисел n , l , m_l для всех орбиталей, входящих в $4f$ - подуровень; для всех орбиталей, входящих в электронную оболочку с $n = 2$.

5. Чем отличаются $2p$ - и $3p$ - орбитали?

6. Какие характеристики орбиталей определяются значением: а) главного квантового числа; б) орбитального квантового числа; в) магнитного квантового числа?

7. Укажите, в чем различие между следующими терминами: а) орбита и орбиталь; б) длина волны и частота; в) s - орбиталь и p - орбиталь; г) основное и возбужденное состояние; д) непрерывный спектр и линейчатый спектр; е) главное квантовое число и орбитальное квантовое число.

8. Запишите наборы квантовых чисел, разрешенных для каждой из следующих орбиталей: а) $1s$; б) $2p$; в) $3d$.

9. Какая из орбиталей каждой указанной пары имеет более низкую энергию в многоэлектронном атоме: а) $3p$, $5s$; б) $2s$, $2p$; в) $3d$, $3s$; г) $3d$, $4f$?

10. Объясните, почему $2s$ -электрон в атоме бериллия испытывает действие большего эффективного заряда ядра, чем $2s$ -электрон в атоме лития?

11. Напишите электронные конфигурации следующих атомов: а) K ; б) Si ; в) Se ; г) Mn ; д) La .

12. Как изменяются перечисленные ниже свойства при перемещении слева направо в любом периоде таблицы Менделеева: а) размер атома; б) энергия ионизации; в) сродство к электрону. Как изменяется каждое из этих свойств при перемещении сверху вниз в произвольной группе таблицы?

13. Исходя из положения элементов в периодической таблице, укажите, какой из атомов в каждой паре имеет большее значение радиуса: а) Na , Li ; б) Li , Be ; в) O , P ; г) N , Si .

14. Исходя из положения элементов в периодической таблице, укажите, какой из атомов в каждой паре имеет большее значение энергии ионизации: а) N , F ; б) Na , Mg ; в) O , S ; г) Al , Si .

15. Объясните низкую реакционную способность благородных газов с учетом их энергий ионизации и сродства к электрону.

Глава 9

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вода – одно из самых распространенных на Земле веществ. Это вещество и в жидком и в твердом состоянии состоит из молекул H_2O .

Миллионы лет назад при высыхании обширных морей образовались крупные залежи другого распространенного вещества - минерала галита. Химический состав данного минерала соответствует хлориду натрия $NaCl$. Как в растворе, так и в твердом состоянии хлорид натрия состоит из ионов Na^+ и Cl^- .

Почему вещества состоят из разных частиц, одни из заряженных ионов, а другие из электронейтральных молекул?

Объяснение природы сил, ответственных за химическую связь атомов, стало возможным после установления электронного строения атомов. Все современные теории химической связи сходятся в одном: образование химической связи сопровождается существенной перестройкой электронных оболочек взаимодействующих атомов. При этом важно, что перестройка электронных оболочек затрагивает в основном наиболее подвижные валентные электроны внешнего, а в некоторых случаях и более глубоких уровней.

У s - и p -элементов валентными являются электроны внешнего уровня. У d -элементов валентными являются не только s -электроны внешнего, но и d -электроны предпоследнего уровня. У f -элементов (лантаноидов и актиноидов) валентными являются s -электроны внешнего уровня, обычно один d -электрон предпоследнего уровня и f -электроны третьего извне уровня. Например, для урана, проявляющего в химических соединениях степени окисления $+3$, $+4$, $+5$ и $+6$, валентную группу электронов образуют два $7s$, один $6d$

и три 5f - электрона: ${}_{92}\text{U} = \dots 5f^3 6d^1 7s^2$.

Образование молекул из отдельных атомов, между которыми возникает химическая связь, всегда сопровождается выделением значительного количества энергии. Эта энергия образования химической связи, так же, как и обратная ей по знаку энергия разрыва (или диссоциации) связи, может служить мерой прочности химической связи.

В зависимости от характера перераспределения валентных электронов между взаимодействующими атомами различают два основных типа химической связи:

1) ионную (гетерополярную), когда электроны практически полностью переходят от одного взаимодействующего атома к другому;

2) ковалентную (гомеополярную), когда электроны лишь частично смещаются к одному из взаимодействующих атомов.

Теория химической связи основывается на том, что атомы или ионы, имеющие на внешнем уровне 8 (или 2 для легких атомов) электронов, т.е. подобные по своей электронной конфигурации атомам инертных газов, отличаются большой устойчивостью. Поэтому атомы, переходя в состояние ионов, либо теряют электроны до тех пор, пока не будет образована устойчивая восьми- или двухэлектронная оболочка, либо приобретают электроны до тех пор, пока их внешний электронный уровень не будет дополнен до восьмиэлектронной оболочки. Между образовавшимися противоположно заряженными ионами возникает химическая связь.

Основы теории ковалентной (гомеополярной) химической связи разработал **Г. Н. Льюис**. Он считал, что устойчивые электронные конфигурации возникают не за счет полного перехода части внешних электронов от одного атома к другому, а за счет образования одной или нескольких общих для обоих взаимодействующих атомов пар электронов. Эти пары электронов принадлежат одновременно одному и другому атому. Льюис предложил в формулах молекул химических соединений указывать только наиболее подвижные валентные электроны, обозначая их точками вокруг символов ато-

мов. Одной паре общих электронов соответствует одинарная связь, двум парам - двойная, трем парам - тройная и т. д. (рис. 9.1).

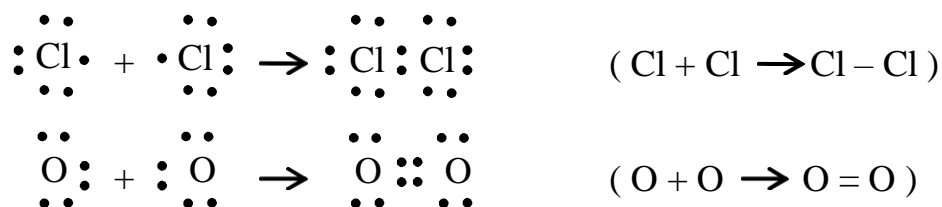


Рис. 9.1. Схема химической связи по Г.Н. Льюису.

Связь образуется за счет общих электронных пар. Одной паре общих электронов соответствует одинарная связь, двум парам – двойная и т.д.

Теория Льюиса позволила объяснить структуру большого количества соединений как неорганических, так и органических, ионных и ковалентных, полярных и неполярных. Но оставалось неясным, почему именно пары электронов обладают свойством образовывать химическую связь. Ответ на этот вопрос был получен лишь после того, как к объяснению и количественной трактовке химической связи была приложена квантовая теория.

Используя уравнения квантовой механики, расчетным путем удалось определить, как изменяется потенциальная энергия системы из двух атомов водорода по мере их сближения (рис. 9.2). Было установлено, что если электроны двух взаимодействующих атомов водорода имеют параллельные спины, то сближение этих атомов приводит к постепенному увеличению потенциальной энергии системы и росту сил отталкивания; химическая связь в этом случае не возникает. Если же электроны взаимодействующих атомов имеют разноименные спины (нижняя кривая), то по мере уменьшения расстояния между атомами и нарастании сил химической связи потенциальная энергия убывает, на некотором расстоянии она достигает минимума, что далее приводит к образованию молекулы H_2 . Дальнейшее сближение атомов связано с

преодолением электростатических сил отталкивания между одноименно заряженными ядрами и требует больших затрат энергии.

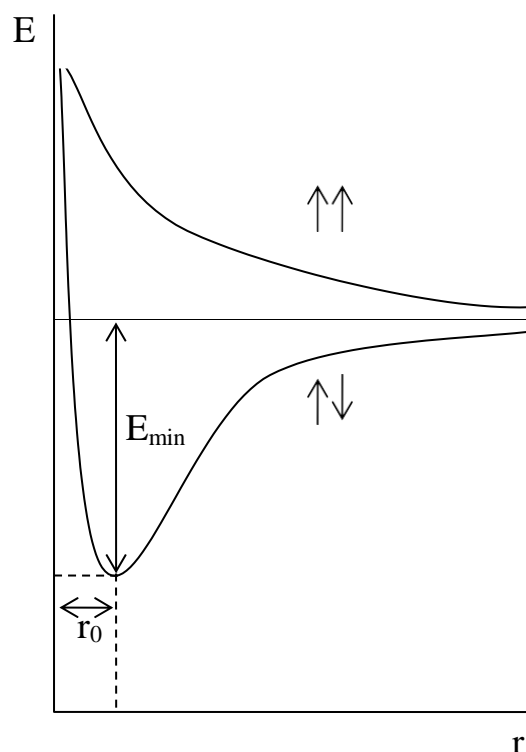


Рис. 9.2. Зависимость потенциальной энергии системы из двух атомов водорода от расстояния между ними

С точки зрения волновых представлений электронные облака взаимодействующих атомов как бы втягиваются друг в друга и в пространстве между ядрами возникает повышенная плотность электронного облака, количественно определяемая квадратом волновой функции ψ . Таким образом, положительно заряженные ядра связываются этим плотным облаком отрицательно заряженных электронов.

Если к системе из двух атомов водорода, образовавших молекулу H_2 , присоединять третий, то химической связи не возникнет, поскольку спин у электрона этого атома будет параллелен спину какого-либо из уже имеющих в молекуле водорода электронов.

Используя рассмотренный подход, квантовая механика пришла к теоретическому обоснованию особой роли пар электронов в образовании химической связи и к объяснению причин ее насыщенности.

В 30-х годах XX в. для описания и квантово-механической трактовки химических связей в молекулах было предложено два упрощенных полуэмпирических метода: метод валентных связей (ВС), предложенный Л. Полингом и Д. Слэйтером, и метод молекулярных орбиталей (МО), разработанный Ф. Гундом, Э. Хюккелем и Р. Малликеном.

9.2. МЕТОД ВАЛЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ

В основе метода ВС, называемого иногда также методом электронных пар, лежат следующие исходные положения.

1. Химическую связь образуют два электрона с антипараллельными спинами, принадлежащие двум атомам. При этом происходит перекрывание электронных облаков, между атомами возникает зона с повышенной электронной плотностью, что и приводит к образованию химической связи. Возникшая таким образом химическая связь называется ковалентной.

2. Валентность элемента равна числу неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне атома этого элемента в нормальном и возбужденном состояниях.

3. Ковалентная связь тем прочнее, чем больше перекрываются облака связующих электронов. Из двух орбиталей атома наиболее прочную связь образует та, которая сильнее перекрывается с орбиталью другого атома.

4. Химическая связь располагается в том направлении, в котором достигается наибольшее перекрывание валентных орбиталей.

Более подробно рассмотрим второе положение, с помощью которого можно прогнозировать валентность различных элементов. С точки зрения этого положения в свободных атомах элементов не все электроны, обычно

считающиеся валентными (в простейшем случае - электроны внешнего уровня), являются неспаренными: часть из них образует неподеленные пары электронов, каждая из которых целиком заполняет энергетическую ячейку. Склонность таких электронов к образованию химической связи невелика.

Рассмотрим, например, атом углерода. На внешнем уровне у него 4 электрона, из которых два ($2s^2$) в нормальном невозбужденном состоянии атома являются спаренными, а два других ($2p^2$) в соответствии с правилом Гунда занимают отдельные свободные ячейки $2p$ - подуровня и являются неспаренными, способными к взаимодействию с неспаренными электронами других атомов. Таким образом, валентность атома углерода, находящегося в невозбужденном состоянии, равна двум.

При получении атомом углерода небольшого количества дополнительной энергии он переходит в возбужденное состояние, при котором все электроны внешнего уровня стремятся разместиться в свободных энергетических ячейках этого уровня по одному:



Такой возбужденный атом углерода может образовать 4 химические связи (по числу неспаренных электронов) и проявить наиболее характерную для него валентность, равную четырем.

Относительно небольшое количество энергии, затраченное на возбуждение атома углерода, разъединение его двух $2s$ - электронов и перемещение одного из них в свободную ячейку $2p$ - подуровня с избытком покрывается энергией, которая выделяется при образовании четырех ковалентных связей.

Следовательно, анализируя возможную валентность какого-либо эле-

мента, необходимо учитывать как число неспаренных электронов в невозбужденном состоянии, так и число неспаренных электронов, которое будет иметь атом в возбужденном состоянии после распределения электронов внешнего уровня по свободным энергетическим ячейкам этого уровня.

Однако вначале необходимо определить пределы возбуждения атома. Обычно под возбужденным состоянием атома подразумевают такое состояние, в которое он переходит при получении энергии, достаточной для перераспределения внешних электронов по энергетическим ячейкам всех подуровней данного внешнего уровня, без их перехода на более высокие энергетические уровни. Переход электрона с одного энергетического уровня на другой, более высокий, требует больших затрат энергии, чем те, которые обычно имеют в виду, когда говорят об энергии возбуждения атома.

Попробуем на основании метода валентных связей (ВС) предсказать, какой валентностью будут обладать элементы второго и третьего периодов периодической системы Д. М. Менделеева в нормальном и возбужденном состояниях.

На внешнем уровне атомов элементов второго периода по четыре энергетические ячейки: одна $2s$ и три $2p$ ячейки. Так, один внешний электрон невозбужденного атома лития находится в $2s$ ячейке. При возбуждении он может перейти в какую - либо из трех ячеек $2p$ - подуровня, но валентность атома при этом не изменится: он и в нормальном, и в возбужденном состояниях будет оставаться одновалентным по количеству неспаренных электронов на внешнем уровне.

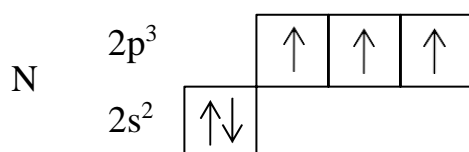
Два внешних электрона невозбужденного атома бериллия образуют на $2s$ - подуровне неподеленную пару электронов. При возбуждении эта пара распадается и каждый из электронов занимает отдельную энергетическую ячейку $2s$ - и $2p$ - подуровня. Валентность возбужденного атома соответственно числу неспаренных электронов становится равной 2. Эту валентность обычно и проявляет бериллий в соединениях.

Атом бора в невозбужденном состоянии имеет неподеленную пару

электронов на $2s$ - подуровне и неспаренный электрон на $2p$ - подуровне, т.е. бор должен быть одновалентен; B_4C – пример соединения, в котором бор проявляет такую валентность. После возбуждения атома бора на его внешнем уровне появляется 3 неспаренных электрона, определяющие его валентность, равную трем.

Атом углерода в процессе возбуждения переходит в конфигурацию с четырьмя неспаренными электронами во внешнем уровне. Заметим, что на внешнем энергетическом уровне этого атома как раз столько ячеек, сколько необходимо для распределения по одному четырех внешних электронов. Больше свободных ячеек на этом уровне нет. Эти обстоятельства ставят атом азота (порядковый номер 7) в иные условия, чем атомы предшествующих ему элементов второго периода.

У атома азота в невозбужденном состоянии имеется неподделенная пара электронов на $2s$ - подуровне и три неспаренных электрона в трех ячейках $2p$ - подуровня:



В этом состоянии он трехвалентен, например, NH_3 , NCl_3 и др. Возбуждение атома азота с разделением неподделенных пар невозможно: на втором энергетическом уровне нет для этого свободных ячеек. При любых переходах внешних электронов в процессе возбуждения из одной энергетической ячейки в другую число неспаренных электронов будет оставаться одним и тем же, равным трем.

Атом кислорода в невозбужденном состоянии на внешнем уровне имеет две неподделенные пары электронов и два неспаренных электрона. Возбудить атом так, чтобы спаренные электроны оказались неспаренными и заняли отдельные энергетические ячейки, не представляется возможным. Поэтому

кислород практически во всех случаях двухвалентен. По этим же причинам неизвестно ни одного соединения фтора, в котором последний имел бы валентность выше единицы. У атома неона все энергетические ячейки внешнего уровня полностью укомплектованы неподеленными парами электронов и неспаренных электронов у него нет ни в нормальном состоянии, ни в случае поглощения небольших количеств энергии. Этим и объясняется свойственная неону химическая инертность.

Обратимся к атомам элементов третьего периода. Атомы этих элементов имеют на внешнем уровне, помимо одной s - ячейки и трех p - ячеек, еще 5 энергетических ячеек d - подуровня. Для четырех первых представителей (Na, Mg, Al, Si) на основании метода валентных связей можно прогнозировать те же самые валентности в нормальном и возбужденном состояниях атома, как и для соответствующих элементов 2-го периода (Li, Be, B, C). Однако далее картина существенно изменяется.

У атома фосфора в нормальном состоянии три неспаренных электрона и он, как и азот, обнаруживает валентность, равную трем, во многих соединениях (PH_3 , PCl_3 , P_2O_3 и др.). Но, благодаря наличию на внешнем уровне свободных энергетических ячеек $3d$ - подуровня, становится возможным возбуждение. В результате на внешнем уровне появляется пять неспаренных электронов, и становится возможным образование соединений типа PF_5 , PCl_5 , P_2O_5 , H_3PO_4 и др.

В невозбужденном атоме серы на внешнем уровне 2 неспаренных электрона и в таком состоянии сера двухвалентна (H_2S , SCl_2 , CS_2 и т. д.). При ступенчатом возбуждении атом серы может образовать конфигурацию из 4 и 6 неспаренных электронов. Известны соединения, в которых сера четырехвалентна (SCl_4 , SO_2 , H_2SO_3 и др.) и шестивалентна (SF_6 , SO_3 , H_2SO_4 и др.).

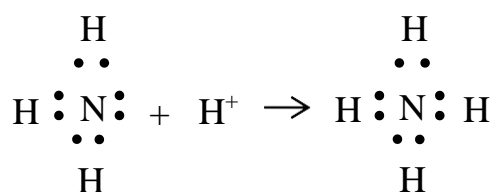
В нормальном состоянии на внешнем уровне атома аргона 4 неподеленные пары электронов и нет ни одного неспаренного. Этому соответствует значительная химическая инертность аргона. Теоретически не исключена возможность образования аргоном соединений, в которых он обнаруживал бы

валентность II, IV, VI и даже VIII. Отметим, что для инертных газов с большим порядковым номером - криптона, ксенона и радона такие соединения синтезированы.

9.3. ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Выше рассматривался механизм образования ковалентной химической связи, при котором две атомные орбитали, принадлежащие различным атомам, перекрывают друг друга и за счет этого достигается выигрыш энергии. Такой механизм образования связи обычно называют обменным. Но возможен и механизм, при котором связующая пара электронов поставляется только одним из взаимодействующих атомов, называемым донором, в то время как второй атом - акцептор, воспринимает эту пару, предоставляя для ее размещения свободную орбиталь. Эта неподеленная пара электронов создает в промежутке между ядрами атомов зону повышенной плотности электронного облака, что и вызывает возникновение химической связи.

Например, свободная неподеленная пара электронов молекулы аммиака (донор), взаимодействуя со свободной орбиталью H^+ иона (акцептор), образует ион аммония NH_4^+ :



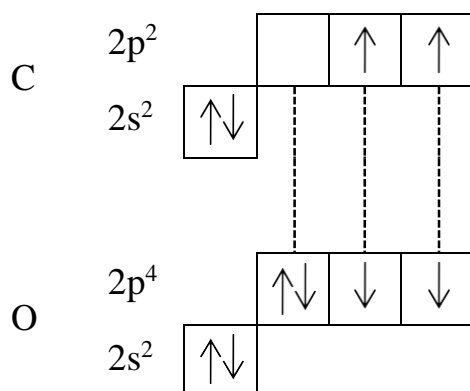
Механизм образования ковалентной химической связи, при котором пара связующих электронов поставляется только одним из взаимодействующих атомов (донором) и воспринимается вторым атомом (акцептором), имеющим свободную орбиталь, называется донорно - акцепторным, а сама

химическая связь – донорно - акцепторной.

Обычно смещение связующей пары электронов от атома - донора к атому - акцептору приводит к образованию полярной молекулы, у которой положительный полюс находится у атома - донора, а отрицательный - у атома - акцептора. В связи с этим донорно - акцепторную связь обозначают стрелкой соответствующего направления, хотя какой-либо разницы между ковалентной связью, возникшей по донорно - акцепторному механизму и ковалентной связью, образовавшейся по обменному механизму, нет.

Так, в молекуле оксида углерода (II) не две химические связи, как это можно было бы предположить, исходя из того, что кислород двухвалентен, а три. Третья связь возникает по донорно - акцепторному механизму: $C \equiv O$.

В невозбужденном атоме углерода два неспаренных электрона ($2p^2$) могут дать две обычные ковалентные связи (по обменному механизму) с атомом кислорода, у которого также два неспаренных электрона. В атоме кислорода на $2p$ - подуровне есть неподеленная пара электронов, а в атоме углерода на таком же $2p$ - подуровне - свободная орбиталь. Таким образом, имеется возможность для образования еще одной химической связи по донорно - акцепторному механизму:



9.4. СВОЙСТВА КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Важнейшими свойствами ковалентной связи являются **насыщаемость, направленность и поляризуемость.**

Под насыщенностью ковалентной связи подразумевают, что атом данного химического элемента может образовать не произвольное, а строго определенное количество химических связей, ограниченное его максимальной валентностью. В простейшем случае, например, при образовании молекулы H_2 из двух атомов водорода, насыщенность химической связи обусловлена тем, что связь возникает, когда электроны взаимодействующих атомов имеют антипараллельные спины. Добавление третьего атома уже невозможно, так как спин его электрона будет параллелен спину одного из электронов молекулы H_2 .

Максимальная валентность лимитируется также количеством валентных атомных орбиталей. Это количество, в свою очередь, зависит от количества квантовых ячеек на внешнем энергетическом уровне атома.

Так, у элементов второго периода валентность не превышает 4, хотя количество электронов на внешнем уровне атомов данных элементов варьирует от 1 до 8. Объясняется это тем, что число квантовых ячеек на внешнем уровне, в которых могли бы разместиться неспаренные электроны, т. е. число валентных орбиталей у элементов второго периода, не превышает 4 (одна s - орбиталь и три p - орбитали).

У атомов элементов третьего периода на внешнем уровне 9 квантовых ячеек (одна s -, три p -, пять d - орбиталей) и в них могут разместиться по одному все внешние электроны, даже у атома аргона. Валентность для элементов этого периода варьирует от 1 до 8.

Направленность ковалентной химической связи обусловлена сложной конфигурацией атомных p , d и f - орбиталей, степень перекрытия которых атомными орбиталями других атомов существенно зависит от того, по какому направлению идет присоединение каждого нового атома.

Взаимное расположение p - орбиталей, имеющих форму гантели, вдоль условных осей x , y и z определяется тремя возможными для p - электронов

значениями магнитного квантового числа m_l (-1, 0, 1). Наибольшее перекрытие электронных облаков при образовании химических связей за счет p - электронов достигается вдоль осей орбиталей и, если у атома было образовано три связи, то в идеальном случае они должны располагаться под углом 90° . Однако из-за электростатического взаимодействия угол несколько иной.

Для d- электронов возможны 5 значений магнитного квантового числа и этому соответствуют 5 вариантов взаимного расположения d- орбиталей и образуемых ими химических связей. Типичные формы f- орбиталей, допускающие 7 вариантов их взаимного расположения, в пространстве еще сложнее.

Таким образом, направленность химической связи обусловлена тем, что для p-, d- и f- орбиталей существуют строго ограниченные квантовыми условиями (значениями m_l) варианты их взаимного расположения в пространстве. Ситуация упрощается, если ковалентная связь данного атома с другими осуществляется за счет его валентной s - орбитали, форма которой отвечает шаровой симметрии. Такой атом может образовывать одинаково прочные химические связи в любом направлении, поскольку все направления равнозначны.

Ковалентную связь, образованную за счет взаимного перекрывания атомных орбиталей вдоль линии, соединяющих центры взаимодействующих атомов называют σ (сигма) – **связью** (рис. 9.3).

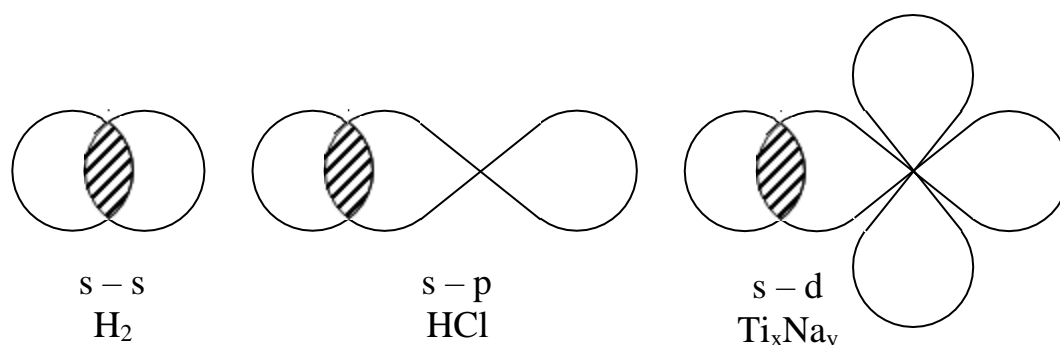


Рис. 9.3. Схема образования σ - связи

Ковалентную связь, образованную за счет двукратного взаимного перекрывания атомных орбиталей перпендикулярно линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов, называется π (пи) - **связью** (рис. 9.4).

Более прочные σ - связи, т.к. выделение энергии при их образовании больше, чем при образовании π - связей.

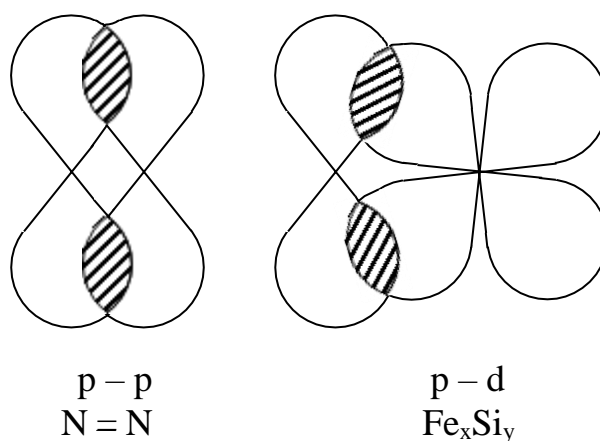


Рис. 9.4. Схема образования π - связи

Гибридизация и гибридные связи. Рассмотрим в качестве примера образование молекул $BeCl_2$, BCl_3 и CCl_4 при взаимодействии атомов трех первых элементов второго периода с атомами хлора.

Атом бериллия двухвалентен, так как в возбужденном состоянии он имеет на внешнем уровне два неспаренных электрона. Несмотря на различную энергию $2s$ и $2p$ - орбиталей, установлено, что обе связи $Be-Cl$ в молекуле $BeCl_2$ совершенно равноценны, а атомы хлора расположены строго симметрично относительно атома бериллия. Объяснение этого факта заключается в том, что когда атом образует химические связи за счет разных электронов, отличающихся по энергетическому состоянию, между ними происходит перераспределение электронной плотности. В результате образуются новые по форме, но одинаковые для всех валентных электронов электронные орбитали.

Соответствующие атому в его исходном невозбужденном состоянии атомные орбитали вырождаются. При этом, например, из шаровидной s - орбитали и гантелевидной p - орбитали получается гибрид, представляющий более плотную и вытянутую орбиталь (рис. 9.5).

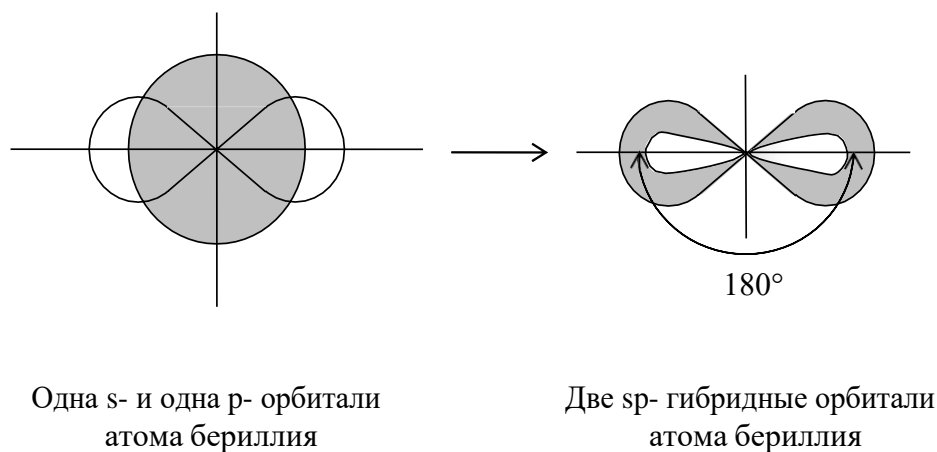


Рис. 9.5. Схема гибридизации s - и p - орбиталей атома бериллия

Процесс образования новых по форме и распределению электронной плотности орбиталей называется **гибридизацией**. Гибридизация сама по себе требует затрат энергии. Однако последующее химическое взаимодействие приводит к выигрышу энергии. Это обусловлено тем, что более плотная и растянутая гибридная орбиталь данного атома будет больше перекрываться валентными орбиталями взаимодействующих с ним атомов и образующаяся связь будет прочнее.

Молекула BeCl_2 симметрична потому, что две связи атома бериллия с атомами хлора образованы двумя совершенно одинаковыми гибридными орбиталями. В этом случае речь идет о sp - гибридизации и образовании двух гибридных sp - орбиталей (рис. 9.6).

Атом бора трехвалентен, так как в возбужденном состоянии на его внешнем уровне три неспаренных электрона, из которых один - $2s$ - электрон, а

два - 2p- электроны.

Как и в случае с BeCl_2 , в молекуле BCl_3 все образуемые связи B-Cl одинаковы по длине и прочности, а сама молекула имеет правильную треугольную форму. Правильная треугольная форма молекулы BCl_3 объясняется возникновением у атома бора трех одинаковых гибридных sp^2 - орбиталей, образованных из одной 2s - орбитали и двух 2p – орбиталей (рис. 9.7).

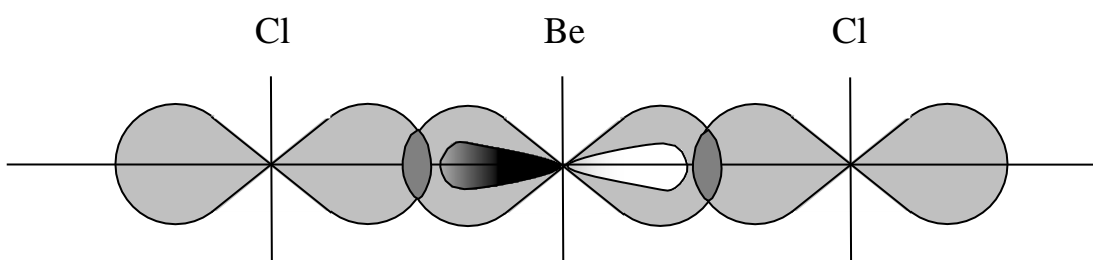


Рис. 9.6. Схема образования химических связей в молекуле BeCl_2

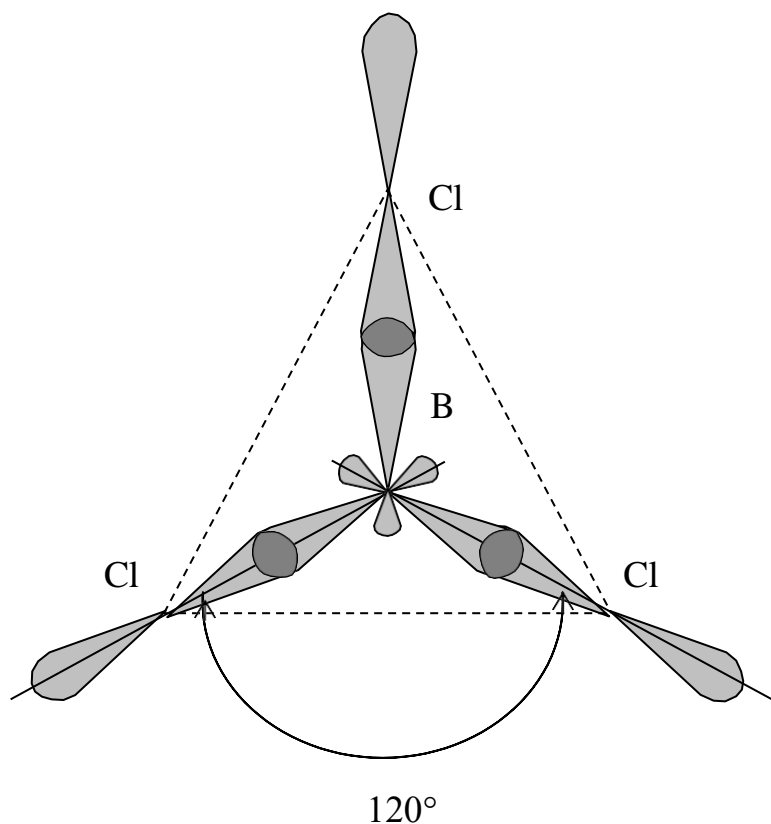


Рис. 9.7. Схема образования химических связей в молекуле BCl_3

У атома углерода в возбужденном состоянии 4 валентные орбитали, из которых одна - $2s$ - и три другие - $2p$ - орбитали (см. схему выше). В молекуле CCl_4 все связи $\text{C}-\text{Cl}$ также совершенно равноценны, и она имеет симметричную тетраэдрическую структуру.

В случае sp^2 - гибридизации угол между гибридными орбиталями составляет 120° . Четыре совершенно равноценные связи в молекуле CCl_4 , расположенные под углом $109^\circ 28'$ (тетраэдрический угол), - следствие sp^3 - гибридизации в атоме углерода при взаимодействии с атомами хлора. Из одной $2s$ - орбитали и трех $2p$ - орбиталей образовалось четыре идентичные sp^3 - орбитали, взаимно ориентированные под углом $109^\circ 28'$.

Следует подчеркнуть, что не всегда все гибридные орбитали, возникшие в результате sp , sp^2 , sp^3 и других более сложных видов гибридизации, участвуют в образовании химической связи. О том, что гибридизация того или иного типа произошла, судят прежде всего по величине угла между образованными химическими связями. Если угол близок к 120° , это свидетельствует о sp^2 - гибридизации; если он близок к тетраэдрическому ($109^\circ 28'$), имеет место sp^3 - гибридизация и т. д.

Так, при образовании молекулы воды происходит sp^3 - гибридизация, поскольку угол между двумя связями $\text{O}-\text{H}$ ($104^\circ 28'$) ближе всего к тетраэдрическому. Атом кислорода может образовать 4 химические связи: две из них - за счет двух неспаренных $2p$ - электронов и две - за счет готовых электронных пар, расположенных в $2s$ - и $2p$ - ячейках, по донорно - акцепторному механизму. Гибридизация четырех орбиталей по sp^3 типу является причиной взаимной ориентировки связей $\text{O}-\text{H}$ в молекуле H_2O под углом, близким к тетраэдрическому.

Очевидно, sp^3 - гибридизация имеет место и при образовании молекулы NH_3 , поскольку угол $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ ($107^\circ 20'$) ближе всего к тетраэдрическому. В молекуле аммиака три образовавшиеся гибридные связи оказались занятыми, а

одна осталась свободной.

При взаимодействии двух одинаковых атомов связующая пара электронов (область перекрытия валентных орбиталей) располагается между этими двумя атомами посередине.

В общем случае, когда взаимодействуют два различных атома, связующая пара всегда смещена в сторону атома более электроотрицательного элемента. Это приводит к несовпадению центров положительных и отрицательных зарядов, молекула поляризуется, приобретает структуру диполя.

Полярность молекулы оценивают величиной дипольного момента, представляющего собой произведение расстояния между центрами зарядов на величину электрического заряда. Количественной мерой поляризуемости ковалентной химической связи наряду с дипольным моментом является также эффективный заряд атома.

Рассмотрим случай, когда оба взаимодействующих атома равноценны по своей электроотрицательности. Очевидно, что связующая пара электронов установится точно посередине между атомами. Центры положительных и отрицательных зарядов будут совпадать и оба атома не приобретут никакого заряда. Моделью этого случая могут быть неполярные молекулы H_2 , O_2 и т. д.

Рассмотрим другой случай, когда электроотрицательность одного из взаимодействующих атомов больше, чем электроотрицательность другого. Тогда последний будет иметь положительный эффективный заряд.

Чем больше значение эффективного заряда атома приближается к целочисленному (1, 2, 3 и т. д.), т.е. чем более выражено смещение валентных электронов к ядру одного из взаимодействующих атомов, тем больше связь в молекуле данного соединения приближается к чисто ионной.

Чем меньше это значение, тем более ковалентна химическая связь. В соответствии со значениями эффективных зарядов атомов можно сказать, что, например, в молекуле HI связь на 5 % ионная и на 95 % ковалентная.

Полного смещения связующих пар электронов от более электроположительного к более отрицательному элементу и образования чисто ионной

связи практически никогда не наблюдается. Даже при взаимодействии атома франция (самого электроположительного из известных элементов) с атомом фтора (самым электроотрицательным из элементов) эффективные заряды атомов в образованной молекуле равны не +1 и -1, а лишь +0,94 и -0,94, т. е. и в этом случае связь на 6 % остается ковалентной.

Ионная связь должна рассматриваться как предельный случай ковалентной связи, что практически полностью никогда не реализуется.

9.5. МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

Далеко не все факты образования химической связи могут быть объяснены с позиций метода ВС, в котором решающая роль в образовании химической связи отводится паре электронов с антипараллельными спинами. Например, в молекулярном ионе водорода H_2^+ только один электрон, и нет никаких условий для образования неподеленной пары электронов и возникновения химической связи. Между тем связь между ядрами водорода в молекулярном ионе H_2^+ довольно прочна и составляет около 259 кДж/моль. Для сравнения: энергия связи атомов в молекуле H_2 равна 435 кДж/моль.

Можно было бы ожидать, что существует прочная молекула гелия He_2 . В действительности двухатомной молекулы He_2 не существует. Эти факты, не находящие объяснения в рамках метода валентных связей (ВС), удалось объяснить, опираясь на метод молекулярных орбиталей (МО). Метод МО более универсален и позволяет объяснить более широкий круг явлений, чем метод ВС.

В методе МО вся молекула рассматривается как единый ядерный каркас, пронизанный орбиталями, общими для всей молекулы электронами. Когда из двух или нескольких атомов образуется молекула, атомные орбитали связующих электронов перекрывают друг друга и вырождаются в молекулярные орбитали, охватывающие ядра всех атомов, входящих в состав молекулы. В

отношении молекулярных орбиталей применимы понятия квантовых чисел, принципы наименьшей энергии и запрета Паули, правило Гунда.

При сближении двух или нескольких взаимодействующих атомов орбитали их связующих электронов взаимодействуют друг с другом и с силовыми полями ядер. В результате взаимодействия орбитали деформируются и вырождаются в совершенно иную по конфигурации молекулярную орбиталь. Волновая функция Ψ , характеризующая распределение электронной плотности молекулярной орбитали, может быть рассчитана как линейная комбинация волновых функций соответствующих атомных орбиталей. В зависимости от квантовых характеристик электронов, образующих связь, волновые функции двух взаимодействующих атомов могут либо складываться, либо вычитаться. Молекулярная орбиталь, полученная сложением волновых функций электронов взаимодействующих атомов, называется связывающей, а находящиеся на ней электроны - связывающими. Молекулярная орбиталь, полученная вычитанием волновых функций электронов взаимодействующих атомов, называется разрыхляющей, а находящиеся на ней электроны - разрыхляющими. Связывающие электроны непосредственно участвуют в образовании химической связи, в то время как разрыхляющие электроны дестабилизируют ее.

Все это может быть выражено следующей энергетической схемой, в которой атомные и молекулярные орбитали представлены как энергетические ячейки (клетки) с соответствующими обозначениями.

Клетки, обозначающие связывающие молекулярные орбитали, располагаются ниже, чем клетки, обозначающие исходные атомные орбитали, а разрыхляющие молекулярные орбитали, отвечающие более высокому уровню энергии системы, выше.

В методе ВС кратность химической связи определяется числом пар электронов, участвующих в ее образовании. В методе МО кратность связи равна полусумме числа электронов, поступивших на связывающие орбитали,

минус полусумма числа электронов, поступивших на разрыхляющие орбитали. Величина этой разности и, соответственно, кратность связи может выражаться как целым, так и дробным числом. Чем больше избыток связывающих электронов в сравнении с числом разрыхляющих, тем выше кратность и прочность химической связи, тем меньше межатомное расстояние в молекуле. Если число связывающих электронов равно числу разрыхляющих, химической связи в данной системе атомов не возникает.

Рассмотрим энергетическую схему образования молекулы водорода, представленную на рис. 9.8. При образовании молекулы водорода из двух изолированных атомов оба s -электрона этих атомов поступают на связывающую молекулярную орбиталь, отвечающую σ -связи, и на разрыхляющей орбитали не оказывается ни одного электрона. Кратность связи равна единице.

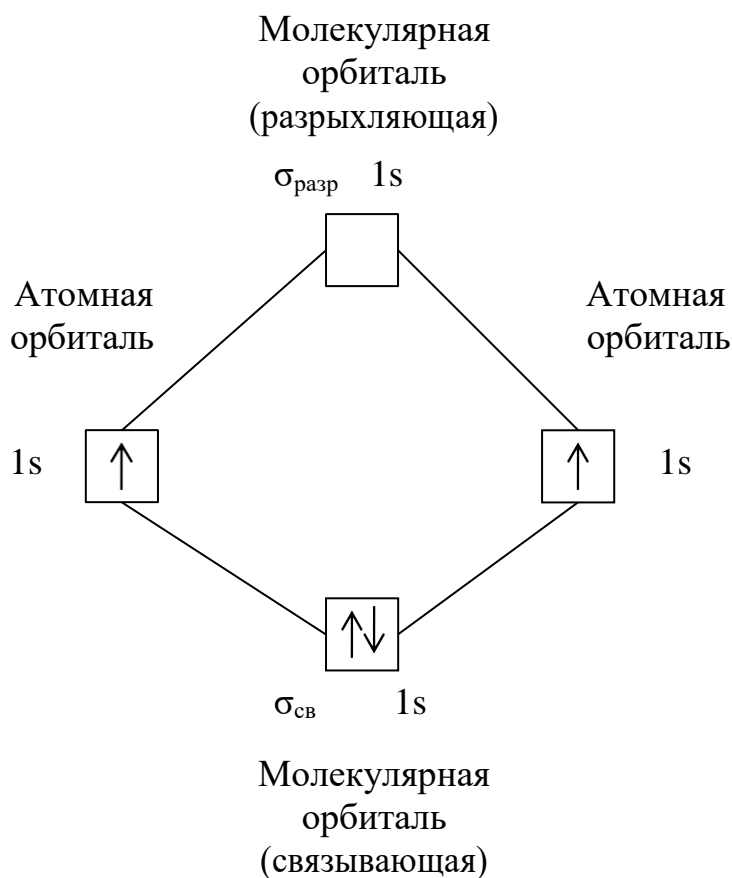


Рис. 9.8. Энергетическая схема образования молекулы водорода

В случае молекулярного кислорода, каждый из атомов кислорода, образующих молекулу O_2 , вносит по 4 электрона внешнего p - подуровня, которые могут образовать две π - связи и одну σ - связь. Шесть из этих восьми электронов поступают прежде всего на связывающие орбитали, а оставшиеся два - на разрыхляющие. С точки зрения принципа запрета Паули возможно размещение этих двух электронов на одной разрыхляющей орбитали, если они обладают антипараллельными спинами. Здесь необходимо учесть еще и правило Гунда: поскольку свободны все три разрыхляющие молекулярные орбитали, энергетически более выгодно разместить каждый из этих электронов в отдельной энергетической ячейке - на отдельной разрыхляющей орбитали. Поэтому в молекуле O_2 оказывается два неспаренных электрона.

9.6. МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ

Свойства веществ определяются не только природой атомов и характером химической связи между ними. Имеет важное значение и величина межмолекулярного взаимодействия, называемого также силами Ван-дер-Ваальса. Этими силами определяется, в каком агрегатном состоянии (твердом, жидком или газообразном) находится данное вещество, как велики расстояния между образующими его частицами (молекулами, атомами, ионами), какова степень свободы этих частиц, в каких соотношениях находится средняя потенциальная энергия частиц, характеризующая их связь, и средняя кинетическая энергия этих же частиц. Различают три вида межмолекулярного взаимодействия: ориентационное (дипольное), индукционное (деформационное) и дисперсионное.

Ориентационное (дипольное) взаимодействие вызывает притяжение

полярных молекул, которое проявляется тем больше, чем больше дипольный момент молекул μ . Сущность его заключается в том, что две полярные молекулы А и В ориентируются таким образом, что возникает притяжение между разноименно заряженными полюсами. Так как тепловое движение нарушает взаимную ориентацию полярных молекул, повышение температуры ослабляет ориентационное взаимодействие. Если взаимодействуют неполярные молекулы ($\mu = 0$), ориентационный эффект отсутствует.

Индукционное (деформационное) взаимодействие проявляется особенно заметно, когда одна из взаимодействующих молекул полярна, а вторая неполярна, но легко поляризуема (деформируемая). В этом случае электрическое поле полярной молекулы может вызывать смещение зарядов в неполярной молекуле и индуцировать новый диполь, ориентированный своим положительным полюсом к отрицательному полюсу полярной молекулы. Индукционное взаимодействие мало меняется с температурой, оно нередко сопутствует ориентационному и дополняет его. Электрические поля ориентированных полярных молекул могут вызывать дополнительное смещение центров тяжести зарядов и тем самым усиливать дипольное взаимодействие.

При взаимодействии неполярных молекул или атомов с трудно деформируемой электронной оболочкой не может возникнуть ни ориентационного, ни индукционного взаимодействия. В том случае, если бы силы Ван-дер-Ваальса были обусловлены только этими двумя эффектами, такие газы, как водород, кислород, азот, а тем более благородные газы практически было бы невозможно сжижать. Однако на практике это удается сделать.

Межмолекулярное взаимодействие между совершенно неполярными молекулами обусловлено главным образом дисперсионным эффектом. Сущность эффекта состоит в том, что в процессе движения электронов в молекулах или атомах могут происходить быстрые смещения центров тяжести положительных и отрицательных зарядов с образованием мгновенных диполей. Дипольный момент, возникающий у одной молекулы, может индуцировать

поляризацию другой молекулы. В итоге между поляризованными молекулами возникает притяжение, как и в случае деформационного взаимодействия.

Дисперсионное взаимодействие обычно является существенной составляющей в общей величине межмолекулярного взаимодействия. Ориентационный эффект играет большую роль при взаимодействии полярных молекул с большими дипольными моментами (H_2O , NH_3 , HCl); индукционный эффект чаще всего лишь незначительно влияет на суммарную величину сил Ван-дер-Ваальса.

Межмолекулярные силы играют большую роль при переходе вещества из одного агрегатного состояния в другое, например, при сжижении газов. С ними в большей или меньшей мере связаны такие физико-химические свойства вещества как плотность, температура кипения (конденсации), температура плавления (кристаллизации), вязкость, поверхностное натяжение, коэффициент диффузии и т. д.

Водородная связь представляет особый тип взаимодействия, ведущий к образованию как межмолекулярных связей, так и связей между атомами в молекулах. Она занимает промежуточное положение между чисто химической связью и физической межмолекулярной.

В качестве связующего мостика при осуществлении водородной связи выступает атом водорода, находящийся в соединении с атомом какого-либо более электроотрицательного элемента (фтора, кислорода, азота, хлора, серы). Малый по размерам ион водорода, вокруг которого отсутствуют отрицательные электрические поля электронов, может легко вторгаться в электронные оболочки других ионов или атомов, не испытывая с их стороны заметного отталкивания. Оказавшись между атомами сильно электроотрицательных элементов, он может выполнять роль связующего звена. Эта дополнительная химическая связь, обозначаемая обычно пунктиром, получила название водородной связи.

Энергия водородной связи сравнительно невелика (от 8 до 40 кДж/моль). Тем не менее, эта связь играет важную роль при образовании

водных и многих неводных растворов, в процессах электролитической диссоциации кислот и оснований, в построении сложных структур белковых веществ и во многих других случаях.

Наличие водородной связи в молекулах того или иного вещества может быть установлено многими физическими методами (рентгеноструктурный анализ, инфракрасная спектроскопия, ядерный магнитный резонанс и др.), а также на основе сравнения свойств данного вещества со свойствами химически подобных ему веществ.

Так, экстраполируя изменения в ряду галогеноводородов $\text{HI} - \text{HBr} - \text{HCl}$ температур плавления ($-50,8$; $-86,9$ и $-114,2$ °С), температур кипения ($-35,4$; $-66,8$ и $-85,08$ °С) и теплот испарения ($19,76$; $17,61$ и $16,15$ кДж/моль), можно было бы установить соответствующие значения для HF , во всяком случае ниже $-114,2$ °С; $-85,08$ °С и $16,15$ кДж/моль. Однако в действительности это $-83,36$ °С ; $+19,52$ °С и $32,6$ кДж/моль. В дополнение к типичной ковалентной связи здесь действует еще и водородная связь, вызывающая ассоциацию молекул HF .

В структуре льда каждый атом кислорода имеет 4 направленные к атомам водорода связи, расположенные почти точно под тетраэдрическим углом ($109,5$ °С). Две из этих связей - обычные полярные ковалентные связи с длиной $0,099$ нм, а две другие - водородные с длиной $0,176$ нм. При плавлении льда происходит частичное разрушение водородных связей, в связи с чем вместо увеличения объема вначале происходит его уменьшение. Этим же объясняются и другие аномалии в изменении свойств воды при переходе ее из твердого состояния в жидкое (аномально высокие значения теплоты плавления и теплоемкости и др.).

9.7. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

9.7.1. Составление формул комплексных соединений

В химии известны сложные по составу вещества, образование которых происходит при взаимодействии более простых частиц – молекул, атомов и ионов. Такие сложные соединения, состоящие из более простых, часто относят к комплексным соединениям. Согласно современным воззрениям в структуре молекул комплексных соединений (называемых также координационными соединениями) различают:

1) **комплексообразователь** – центральная частица (атом, ион) вокруг которой расположены тесно связанные с ней **лиганды** - электронейтральные молекулы или несущие определенный заряд ионы. Комплексообразователь и лиганды составляют **внутреннюю координационную сферу** комплексного соединения. Количество лигандов во внутренней сфере определяет **координационное число** комплексного соединения. В том случае, если суммарный заряд внутренней сферы не равен нулю, при составлении химической формулы ее заключают в квадратные скобки;

2) **внешнюю координационную сферу** - совокупность частиц, непосредственно не связанных с центральным атомом и находящихся за пределами внутренней координационной сферы.

Например: $K_4[Fe(CN)_6]$. В данном комплексном соединении комплексообразователем является ион Fe^{2+} , лигандами – ионы CN^- , координационное число равно 6. Комплексообразователь и лиганды образуют комплексный ион $[Fe(CN)_6]^{4-}$, вокруг которого размещены ионы внешней сферы – ионы K^+ .

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$. В этом соединении комплексообразователем является ион Co^{3+} , лигандами – молекулы NH_3 , координационное число равно 6. Комплексообразователь и лиганды образуют комплексный ион $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, вокруг которого размещены ионы внешней сферы – ионы Cl^- .

Известны комплексные соединения без внешней координационной сферы, состоящие только из центрального атома - комплексообразователя и окружающих его лигандов. Таковы, например, карбонилы никеля $Ni(CO)_4$ и

железа $\text{Fe}(\text{CO})_5$.

Установлено, что наибольшей способностью к комплексообразованию обладают следующие частицы:

1) атомы с малым радиусом в высшей положительной степени окисления (например, B^{3+} , Al^{3+} , Si^{4+});

2) ионы металлов, имеющие внешнюю 18-ти электронную оболочку (например, Ag^+ , Zn^{2+} , Hg^{2+});

3) нейтральные атомы d - элементов (например, Fe^0 , Co^0 , Ni^0).

Отметим, что ионы металлов большого размера с внешней 8-ми электронной оболочкой и малым зарядом обладают слабыми комплексообразующими свойствами. Это ионы щелочных и щелочноземельных металлов. Как правило, они располагаются во внешней сфере комплексного соединения.

В качестве лигандов в комплексных соединениях чаще всего присутствуют отрицательно заряженные ионы (F^- , Cl^- , I^- , OH^- , NO_2^- , CN^- , SCN^-) либо полярные или легко поляризуемые молекулы (NH_3 , H_2O , CO).

Комплексообразователь обычно имеет свободные орбитали, а лиганды - неподеленные пары электронов. Если вакантные орбитали комплексообразователя и заполненные орбитали лигандов могут перекрываться, то между ними образуется ковалентная связь за счет неподеленной пары электронов лиганда. При этом наиболее распространенными значениями координационных чисел являются 2 (для комплексообразователя с зарядом +1), 4 или 6 (для комплексообразователя с зарядом +2) и 6 (для комплексообразователя с зарядом +3).

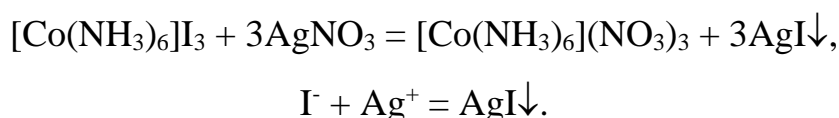
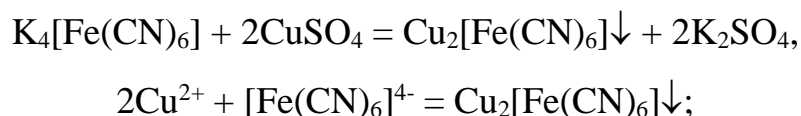
Зная частицы, образующие комплексное соединение, можно составить его химическую формулу. Например, запишем формулу комплексного соединения, состоящего из ионов K^+ , Cr^{3+} и NO_2^- . Первый шаг - выбор комплексообразователя. В данном случае комплексообразователем будет служить ион d - металла Cr^{3+} (ионы щелочных металлов, к которым относится ион K^+ , располагаются во внешней сфере). Второй шаг - определение лигандов

и координационного числа. В качестве лигандов в комплексном соединении чаще всего выступают отрицательно заряженные ионы, в нашем случае - NO_2^- . Заряд комплексообразователя равен 3, следовательно, наиболее вероятное значение координационного числа будет равно 6. С учетом электронейтральности образуемого соединения формула комплексного соединения запишется следующим образом $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{NO}_2)_6]$.

9.7.2. Поведение комплексных соединений в водных растворах

Химическая связь между внутренней и внешней сферами комплексного соединения является электростатической, а между комплексообразователем и лигандами, как правило, донорно - акцепторной, причем лиганды являются донорами электронных пар, а центральные атомы - акцепторами этих пар.

Ионы внешней сферы комплексного соединения подвижны и вступают в обменные реакции:



Следует иметь в виду, что хотя лиганды, входящие в состав внутренней координационной сферы, связаны с комплексообразователем гораздо более прочными связями, чем ионы внешней сферы, все же прочность этих связей ограничена.

Количественно способность комплексного иона к диссоциации в растворе (устойчивость комплекса) характеризуется величиной **константы**

нестойкости. Ее можно получить, применив закон действующих масс к равновесию диссоциации комплексного иона.

Рассмотрим, например, раствор, содержащий комплексные ионы $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, которые создают некоторую равновесную концентрацию ионов меди и молекул аммиака:



Константа нестойкости в этом случае приобретает вид:

$$K_{\text{н}} = \frac{C(\text{Cu}^{2+}) \cdot C^4(\text{NH}_3)}{C([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+})}.$$

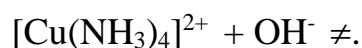
Константа нестойкости характеризует устойчивость комплекса, зависящую от прочности связи между нейтральным атомом и лигандами. Чем меньше значение константы нестойкости комплексного иона, тем он более прочен и устойчив в водном растворе.

Так, приливание щелочи к растворам солей $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ приведет к образованию осадка гидроксида меди только в одном случае.

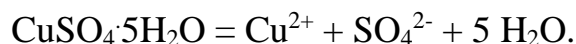
Комплексная соль $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ диссоциирует в водном растворе на комплексный ион и внешнюю сферу:



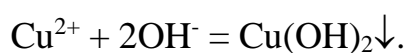
Комплексный ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ достаточно прочен, равновесной концентрации ионов Cu^{2+} , образующихся при его частичной диссоциации, недостаточно для протекания реакции образования осадка гидроксида меди:



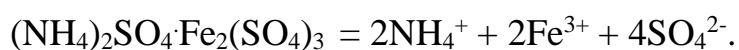
Соль $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ не является комплексной и в водном растворе диссоциирует на все составляющие ее частицы:



Наличие в растворе несвязанных ионов Cu^{2+} обеспечивает образование осадка при добавлении щелочи:



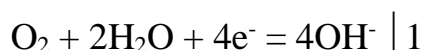
Существуют комплексные соединения, константа нестойкости для которых так велика, что они практически полностью распадаются в водных растворах на все составляющие их частицы. Например, железоаммониевые квасцы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ не образуют устойчивый комплексный ион. В разбавленном водном растворе это соединение полностью диссоциирует на все составляющие его ионы:



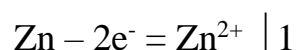
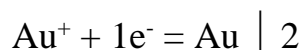
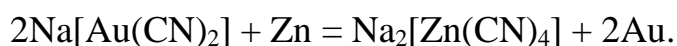
Подобные соединения с малоустойчивой внутренней сферой получили название двойных солей. В концентрированных водных растворах двойные соли наряду с простыми ионами содержат и комплексные ионы. Это свидетельствует о том, что резкой границы между комплексными и двойными солями нет. Двойная соль отличается от комплексной лишь степенью диссоциации комплексного иона: у двойной она практически полная, у комплексной - незначительная.

Отметим важное практическое значение комплексообразования для

промышленного извлечения золота из отвалов обогатительных фабрик. Соответствующий процесс реализуется при выщелачивании золота цианидными растворами. Золото – химически инертный металл, перевести его в водный раствор достаточно трудно. Однако это удается осуществить при орошении золотосодержащих отвалов цианидным раствором. Происходящий процесс комплексообразования уменьшает окислительно-восстановительный потенциал золота и металл окисляется кислородом воздуха, переходя при этом в растворимое соединение:



Из цианидного раствора золото вытесняют более активным металлом:



9.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Обозначая электроны точками, приведите льюисовы символы атомов следующих элементов: Ca, Se, Br, B.
2. Предскажите химическую формулу соединения, образуемого следующими парами элементов: а) Zn и O, б) K и Se, в) Al и S, г) Zn и F, д) Sr и Br.
3. Приведите валентную структуру следующих молекул: SiH₄, H₂S, CO, N₂, H₂O, CS₂.
4. Укажите, к какому типу (ионному или ковалентному) принадлежат

следующие вещества: NH_3 , Br_2 , Cl_2O , BaCl_2 , FeO .

5. Определите, какие гибридные орбитали используются атомом углерода для образования химических связей в следующих соединениях: а) CH_4 , б) C_2H_6 , в) C_2H_2 , г) H_2CO_3 .

6. Поясните, что понимают под термином «перекрывание» атомных орбиталей.

7. Как могут перекрываться две атомарные p – орбитали при образовании молекулярной орбитали σ - или π - типа? Приведите соответствующий рисунок.

8. Почему связывающая молекулярная орбиталь, образованная атомными орбиталями двух взаимодействующих атомов, имеет более низкую энергию, чем исходные атомные орбитали?

9. Объясните, почему удаление электрона из молекулы O_2 делает связь в ней более прочной, тогда как удаление электрона из молекулы N_2 ослабляет в ней связь.

10. Назовите различия между следующими понятиями: а) локализованные и делокализованные связи, б) гибридные и негибридные орбитали, в) σ - и π - молекулярные орбитали.

11. Напишите уравнение диссоциации комплексной соли, заключив внутреннюю сферу в квадратные скобки: $\text{Cr}(\text{SCN})_3 \cdot 5\text{NH}_3$.

12. Запишите выражение для константы нестойкости следующего комплексного соединения: $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_2$.

13. В растворе какой соли образуется осадок при добавлении щелочи: $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ или $\text{HgF}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$?

14. Напишите уравнения реакций ионного обмена, в результате которых образуются нерастворимые комплексные соединения: $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{CuSO}_4$; $\text{CoCl}_2 + (\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$.

Глава 10

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

10.1. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Во многих химических реакциях происходит изменение степени окисления атомов или ионов, образующих молекулы взаимодействующих веществ. Такие реакции относят к окислительно – восстановительным.

Степень окисления атома в химическом соединении - это условный заряд, которым обладал бы этот атом при полном смещении электронов, образующих химическую связь, к более электроотрицательному из взаимодействующих атомов.

Степень окисления атомов одного элемента в разных соединениях может быть различной. Когда химическая связь образована одинаковыми атомами, как, например, в молекуле H_2 , электроны распределяются между ними без преимущественного смещения к одному из них. Поэтому степень окисления каждого атома водорода в молекуле H_2 равна нулю.

Для определения степени окисления необходимо исходить из следующих положений:

1. Степень окисления атомов простых веществ равна нулю. Так, в H_2 , Cl_2 , N_2 , Al , Fe степень окисления атомов равна нулю, поскольку преимущественного смещения электронов, участвующих в образовании связи, не происходит.

2. В химических соединениях более электроотрицательным элементам приписывают отрицательные степени окисления, а менее электроотрицательным - положительные. Абсолютная величина степени окисления при-

близительно соответствует валентности элемента, или числу электронных пар, обобществляемых в связях, которые образует атом.

Например, водород в химических соединениях имеет степень окисления +1. Так, в HCl водороду приписывается степень окисления +1, а хлору степень окисления -1. Для водорода возможна отрицательная степень окисления -1, когда он связан с менее электроотрицательным элементом, как, например, в гидридах щелочных металлов NaH, LiH и т.п.

3. В любой молекуле сумма положительных и отрицательных степеней окисления всех атомов равна нулю. Например, в CO₂ кислороду приписывается степень окисления -2, поскольку он более электроотрицательный элемент. Следовательно, углероду нужно приписать степень окисления +4.

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева позволяет найти закономерности, с помощью которых можно определять степени окисления элементов. Степени окисления элементов испытывают периодические изменения. Все щелочные металлы (главная подгруппа первой группы элементов) имеют в соединениях степень окисления +1. Эти металлы образуют химические связи с другими элементами, теряя один электрон. Элементы второй группы в химических соединениях находятся в состоянии окисления +2. В третьей группе наиболее часто встречающийся в природе элемент алюминий в соединениях всегда проявляет степень окисления +3.

Наиболее электроотрицательный элемент фтор проявляет степень окисления -1. Другие неметаллы имеют отрицательные степени окисления во всех случаях, когда они связаны с менее электроотрицательным элементом. Кислород всегда встречается в состоянии окисления -2 (исключения - фторид кислорода OF₂ и перекись водорода H₂O₂. В первом из этих соединений степень окисления кислорода +2, во втором, как и в других пероксидах, -1).

При обсуждении окислительно - восстановительных реакций принято считать вещество, понижающее степень окисления образующих его частиц, окислителем. Окислитель обладает повышенным сродством к электрону. Поскольку окислитель присоединяет электроны, он восстанавливается, т.е.

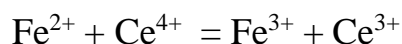
уменьшает свою степень окисления.

Аналогично вещество, которое отдает электроны, т.е. повышает степень окисления образующих его атомов или ионов, называется восстановителем.

10.1.1. Составление уравнений методом окислительно - восстановительных полуреакций

В окислительно - восстановительных реакциях процессы окисления и восстановления происходят совместно: если одно вещество присоединяет электроны и тем самым восстанавливается, то другое вещество должно отдавать электроны и, следовательно, окисляться. Окисление и восстановление идут одновременно, один из этих процессов не может происходить без другого. Тем не менее удобно рассматривать каждый из них отдельно.

Например, реакцию окисления иона Fe^{2+} ионом Ce^{4+} :



можно представить как совокупность двух процессов. Один из них – окисление Fe^{2+} , другой - восстановление Ce^{4+} :

(окисление) $Fe^{2+} - 1e^- = Fe^{3+}$, Fe^{2+} - восстановитель;

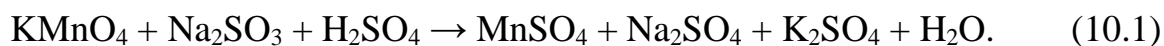
(восстановление) $Ce^{4+} + 1e^- = Ce^{3+}$, Ce^{4+} - окислитель.

Такие уравнения, описывающие только окисление или только восстановление, называются полуреакциями. Число электронов, теряемое в процессе окисления, т. е. в полуреакции окисления, должно быть равно числу электронов, приобретаемых в полуреакции восстановления. Если это условие выполнено, при суммировании полуреакций может быть получено стехиометрически сбалансированное уравнение окислительно - восстановительной

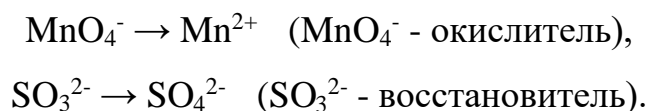
реакции.

На практике для уравнивания окислительно - восстановительных реакций применяется несколько методов, различающихся уровнем сложности и количеством дополнительно подбираемых стехиометрических коэффициентов. Более часто применяется так называемый ионно - электронный метод или метод полуреакций. Суть метода заключается в том, что окислитель, восстановитель, среду реакции и продукты взаимодействия записывают в виде ионов, если они - сильные электролиты. Процессы окисления и восстановления при этом рассматривают в виде полуреакций.

В качестве примера составим уравнение реакции между перманганатом калия и сульфитом натрия, протекающей в кислой среде:



Для расстановки коэффициентов в уравнении реакции (10.1), выполним следующие действия. Сначала запишем в виде схемы две полуреакции, в одной из которых участвует окислитель, а в другой - восстановитель:



Затем уравниваем по отдельности каждую полуреакцию. При этом сначала уравниваем число атомов, подвергающихся окислению или восстановлению, затем остальные элементы и, наконец, заряды. Если реакция проводится в кислом водном растворе, к реагентам добавляют ионы H^+ и молекулы H_2O , чтобы уравнивать число атомов водорода и кислорода. Аналогично, для реакции в щелочной среде, при составлении полных полуреакций прибавляют OH^- и H_2O . Соответствующее правило отражено в таблице (10.1).

В полуреакции для перманганат – иона в обеих частях уравнения есть по одному атому марганца. Однако в левой части содержатся четыре атома

кислорода, тогда как в правой части нет ни одного. Чтобы уравнять четыре атома кислорода, содержащиеся в MnO_4^- , следует ввести в число продуктов четыре молекулы H_2O :

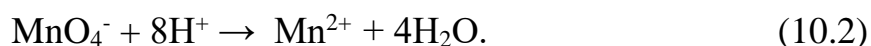


Таблица 10.1

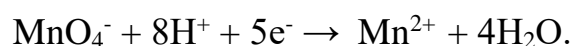
Добавление и связывание ионов кислорода при составлении полуреакций окисления – восстановления

Характер среды	Добавление ионов O^{2-}	Связывание ионов O^{2-}
кислая	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
нейтральная	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$
щелочная	$2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$

Для того чтобы уравнять восемь атомов водорода, которые появились после предыдущей операции среди продуктов, добавим к исходным реагентам 8H^+ :

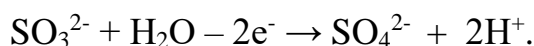


На этой стадии в обеих частях полуреакции (10.2) содержится равное число атомов каждого элемента, но необходимо уравнять и заряды. Суммарный заряд реагентов в левой части составляет $+8 + (-1) = +7$, заряд продуктов равен $+2 + 4(0) = +2$. Чтобы уравнять заряды, к левой части полуреакции (10.2) надо добавить пять электронов:



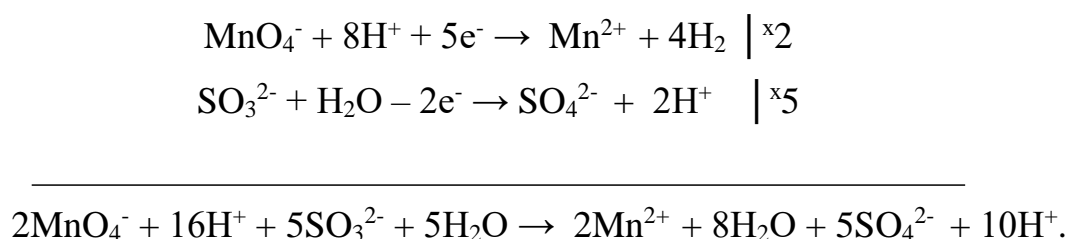
Выполнив аналогичные действия для сульфит - иона, придем к следу-

ющей полуреакции окисления:

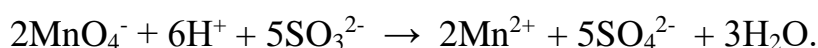


На последней стадии уравнение каждой полуреакции умножают на такой множитель, чтобы число электронов, присоединяемое в одной полуреакции, совпало с числом электронов, отдаваемых в другой полуреакции. Затем полуреакции суммируют и получают сбалансированное уравнение полной реакции.

В рассматриваемом примере полуреакцию с перманганат - ионом следует умножить на 2, а полуреакцию с сульфит - ионом умножить на 5. Полное сбалансированное уравнение представляет собой сумму полуреакций:



После сокращения в левой и правой части суммарного уравнения ионов водорода и молекул воды получим:



Теперь запишем полное уравнение окислительно-восстановительной реакции в молекулярной форме:



Отметим, что уравнение составлено верно, если число атомов каждого химического элемента в левой и правой части уравнения совпадает.

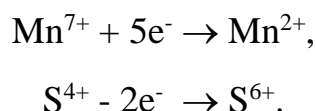
Метод полуреакций - не единственный метод уравнивания окисли-

тельно – восстановительных взаимодействий. Отметим другой распространенный метод, называемый методом электронного баланса. В качестве примера рассмотрим ту же реакцию перманганата калия с сульфитом натрия в кислой среде.

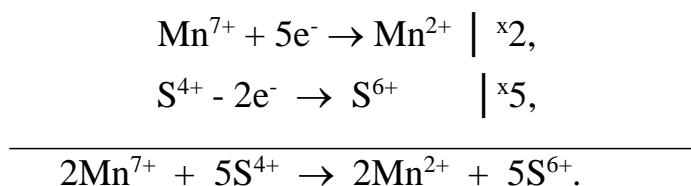
Для уравнивания реакции методом электронного баланса, поступают следующим образом:

1. Определяют степень окисления каждого элемента в обеих частях уравнения для выяснения, какие элементы подвергаются окислению и восстановлению. В рассматриваемом примере степень окисления марганца изменяется от +7 в MnO_4^- до +2 в Mn^{2+} , а степень окисления серы изменяется от +4 в SO_3^{2-} до +6 в SO_4^{2-} .

2. Определяют изменение степени окисления каждого элемента при окислении или восстановлении. Эти изменения представляют в виде схемы:



3. С учетом установленных изменений степеней окисления, уравнивают число электронов, отдаваемых ионом S^{4+} (восстановитель), и число электронов, присоединяемых ионом Mn^{7+} (окислитель):



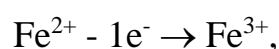
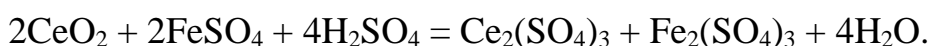
4. После определения коэффициентов для окислителя и восстановителя, методом подбора уравнивают число атомов остальных элементов.

В рассмотренном примере итоговое уравнение реакции идентично тому, что было получено методом полуреакций (ионно – электронным методом).

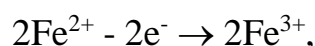
Однако метод полуреакций менее трудоемок в плане дополнительного уравнения ионов, сохраняющих степень окисления, и, кроме этого, позволяет подбирать среду реакции, если она заранее не известна.

Отметим, если в каждой из окислительно - восстановительных пар (в каждой из полуреакций) переносится одинаковое число электронов, то реакцию называют комплементарной, если неодинаковое - некомплементарной.

Комплементарная реакция:



Некомплементарная реакция:



Некомплементарные окислительно - восстановительные реакции обычно медленнее комплементарных, так как в случае некомплементарного взаимодействия механизм реакции более сложный, связанный с образованием промежуточных соединений.

Те реакции, в которых окисленная и восстановленная формы отличаются только числом электронов, проходят быстро. Медленно протекают окислительно - восстановительные реакции, в которых перенос электронов осуществляется атомами или группами атомов и сопровождается их перегруппировкой, например, реакции с участием перманганат (MnO_4^-) или бихромат ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) - ионов. Некоторые реакции по этой причине практически не идут, например, реакция с участием пары $\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-$, так как скорость ее чрез-

вычайно мала из - за необходимости разрушить устойчивую структуру иона ClO_4^- .

10.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Любой контакт поверхности металла с раствором электролита сопровождается распределением зарядов в виде двойного электрического слоя. При этом возникающая разность потенциалов на границе металл - электролит определяется следующими процессами:

1) ионизация металла с образованием положительных ионов и свободных электронов («электронный газ»):

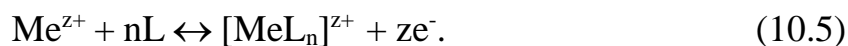


Данный процесс обусловлен особым строением кристаллической решетки металла, в узлах которой расположены катионы, находящиеся в равновесии со свободными электронами внешних электронных оболочек;

2) сольватация катионов при взаимодействии с молекулами L растворителя:



Суммарный процесс можно представить следующей реакцией:



Каждому из процессов (10.3) и (10.4) соответствует свой тепловой эффект. Так, диссоциация протекает с поглощением энергии U_d , а сольватация с выделением U_{solv} . Поэтому соотношение U_d / U_{solv} фактически определяет направление результирующего процесса (10.5). Например, когда $U_{\text{solv}} > U_d$,

происходит переход катионов металла в раствор.

Переход катионов в раствор характерен для активных металлов, например, для Zn, Cd, Fe. При этом раствор около поверхности металла приобретает избыточный положительный заряд, а поверхность металла - отрицательный; на границе металл – раствор возникает скачок потенциала. По мере увеличения концентрации катионов в растворе у поверхности металла выход ионов из металла уменьшается, а процесс их обратной адсорбции из раствора, наоборот, интенсифицируется. При равенстве скоростей этих процессов устанавливается динамическое равновесие.

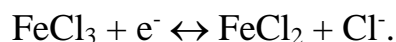
Сольватированные (гидратированные – в случае водных растворов) катионы металла в растворе и оставшиеся в кристаллической решетке электроны образуют двойной электрический слой. Изменение потенциала ϕ в этом слое суммарно складывается из скачка потенциала ψ в слое жестко ориентированных катионов у поверхности металла (так называемый адсорбционный слой) и скачка потенциала ψ' в менее упорядоченном размытом слое (так называемый диффузный слой): $\phi = \psi + \psi'$.

В противоположность рассмотренному случаю, из менее активных металлов, таких как Au, Ag, Cu катионы в раствор практически не переходят. Для этих металлов $U_{\text{solv}} < U_d$. Поэтому, если, например, металлическое серебро контактирует с раствором собственной соли, преобладает переход катионов серебра из раствора на поверхность металла. В результате поверхность металла заряжается положительно, а прилегающий к ней раствор – отрицательно.

Отметим существование еще одного механизма образования скачка потенциала. Двойной электрический слой также образуется при контакте инертного металла, например, Pt с раствором, содержащим окисленную или восстановленную форму какого - либо соединения.

Так, ион Fe^{3+} в растворе FeCl_3 в отсутствие восстановителей не может проявить окислительной способности. Однако, если в раствор поместить ме-

таллическую платину, то катион Fe^{3+} способен отнять от поверхности металла один электрон и восстановиться до состояния Fe^{2+} :



В результате поверхность платины приобретает положительный заряд, а прилегающий слой раствора – отрицательный за счет избытка ионов Cl^- . Возникающий положительный потенциал на платине будет тем выше, чем больше окислительная способность катиона металла в растворе. В общем случае этот потенциал определяется соотношением концентраций окисленной и восстановленной формы ионов в растворе и характеризует окислительно - восстановительную активность системы, например: Fe^{2+} , Fe^{3+}/Pt . Такой потенциал называют окислительно - восстановительным потенциалом.

Следует помнить, что во всех рассмотренных выше случаях причиной возникновения скачка потенциала является именно окислительно - восстановительный процесс на поверхности металла, погруженного в раствор электролита. Следовательно, значение этого потенциала также характеризует окислительно - восстановительные свойства системы.

Г. Нернст, изучая потенциалы различных электродных систем, установил, что величина этих потенциалов определяется следующими факторами:

- 1) природой веществ, составляющих окислительно - восстановительную систему (каждое вещество характеризуется своим значением потенциала);
- 2) соотношением между активностями (концентрациями) этих веществ;
- 3) температурой системы.

Соответствующая зависимость выражается уравнением, носящем имя автора - **Г. Нернста**:

$$E_{\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}, \quad (10.6)$$

где E^0 - стандартный электродный потенциал; n - число электронов, принимающих участие в электродном процессе; R - универсальная газовая постоянная; T - температура; F - постоянная Фарадея; a_{Ox} , a_{Red} - активности окисленной и восстановленной форм компонентов системы.

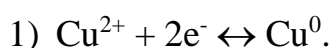
Физический смысл величины E^0 вытекает из уравнения (10.6): стандартный электродный потенциал – это потенциал системы при активности всех ее компонентов, равных единице. При выполнении данного условия $a_{\text{Ox}} = a_{\text{Red}} = 1$, получаем $\lg 1 = 0$ и $E = E^0$.

В том случае, если отдельные компоненты системы находятся в твердом состоянии или представляют собой газы, парциальное давление которых составляет одну атмосферу, их можно исключить из уравнения Нернста, т.к. их активности равны единице. Активности остальных компонентов следует возвести в степень, равную соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении окислительно - восстановительной реакции.

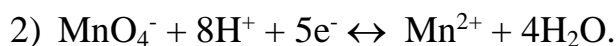
Отметим, что на практике для удобства в уравнение Нернста записывают молярные концентрации компонентов, а не их активности. Также часто постоянные величины объединяют в одну константу. Тогда для комнатной температуры (25 °C) уравнение Нернста принимает вид:

$$E_{\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{\text{Ox}}}{C_{\text{Red}}}.$$

Рассмотрим в качестве примера общий вид уравнения Нернста для различных систем:



$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0}^0 + \frac{0,059}{2} \lg C(\text{Cu}^{2+}).$$



$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C(\text{MnO}_4^-) \cdot C^8(\text{H}^+)}{C(\text{Mn}^{2+})}.$$

Часто на ход окислительно - восстановительного процесса оказывает большое влияние характер среды. Иногда влияние среды на ход окислительно - восстановительного процесса так велико, что некоторые реакции могут осуществляться только в кислой или щелочной среде.

От pH среды нередко зависит и количество электронов, присоединяемых молекулой (ионом) окислителя или отдаваемых молекулой (ионом) восстановителя. Так, например, перманганат калия KMnO_4 при диссоциации в водных растворах образует ионы MnO_4^- . Эти ионы, выступая в роли окислителя, в кислой среде восстанавливаются с образованием иона Mn^{2+} , в сильнощелочной - с образованием MnO_4^{2-} - иона, в слабощелочной и нейтральной - с образованием молекул MnO_2 .

Обычно при анализе окислительно - восстановительного процесса его разбивают на две полуреакции:

- 1) восстановительную, включающую ион (атом) - восстановитель, вместе со своей окисленной формой;
- 2) окислительную, включающую ион (атом) - окислитель, вместе со своей восстановленной формой.

Часто полуреакции включают не только атомы, изменяющие свою степень окисления, но и взаимодействующие с ними ионы H^+ и OH^- среды. Любая полуреакция, являющаяся в одной окислительно - восстановительной реакции окислительной, может выступить в другой реакции в роли восстановительной.

Для решения вопроса, может ли одна полуреакция по отношению к другой полуреакции выступить в качестве восстановительной или окисли-

тельной, используют таблицу стандартных электродных потенциалов (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Значения стандартных электродных потенциалов

Окислительно – восстановительная полуреакция	E^0 , В
$\text{Ag}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Ag}$	+0,799
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \leftrightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ba}$	-2,90
$\text{Br}_2 + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	+1,065
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Cd}$	-0,403
$\text{Ce}^{4+} + e^- \leftrightarrow \text{Ce}^{3+}$	+1,61
$\text{Cl}_2 + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$	+1,359
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Co}$	-0,277
$\text{Co}^{3+} + e^- \leftrightarrow \text{Co}^{2+}$	+1,842
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \leftrightarrow \text{Cr}$	-0,74
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Cu}$	+0,37
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Fe}$	-0,440
$\text{Fe}^{3+} + e^- \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$2\text{H}^+ + 2e^- \leftrightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Hg}$	+0,789
$2\text{Hg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+0,920
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Hg}$	+0,854
$\text{Li}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Mn}$	-1,18
$\text{Na}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Na}$	-2,71

$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ni}$	-0,28
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Pb}$	-0,126
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Sn}$	-0,136
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Zn}$	-0,763

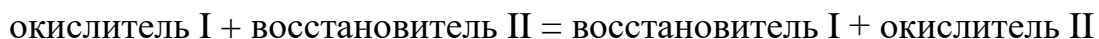
В таблице 10.2 каждая из окислительно - восстановительных полуреакций охарактеризована величиной стандартного электродного потенциала при 25 °С. Чем больше значение потенциала E° , тем выше окислительная способность. Окисленная форма иона (атома) в полуреакции, имеющей более высокое значение E° , может принимать электроны от восстановленной формы другого иона (атома) из полуреакции, имеющей меньшее значение E° . После перехода электронов окисленная форма иона (атома) в первой полуреакции (высшая степень окисления) превращается в восстановленную форму (низшая степень окисления), а восстановленная форма иона (атома) второй полуреакции - в окисленную. Например, ионы MnO_4^- в кислой среде ($E^\circ = 1,51 \text{ В}$) могут служить окислителями для хлорид - ионов Cl^- ($E^\circ = 1,36 \text{ В}$), превращая их в молекулы Cl_2 , переходя при этом в ионы Mn^{2+} .

Потенциалы полуреакций указывают, насколько легко окисляются или восстанавливаются соответствующие частицы. Чем более положительна величина E° для полуреакции, тем больше тенденция к протеканию этой полуреакции в том направлении, в котором она записана.

К наиболее распространенным окислителям относятся галогены, кислород и такие анионы, как, например, MnO_4^- , ClO_3^- и NO_3^- , в которых центральный атом имеет высокую положительную степень окисления. В качестве окислителей иногда также используются ионы металлов с высокими положительными степенями окисления, как, например, Ce^{4+} , который легко восстанавливается до Ce^{3+} .

В качестве восстановителей часто используются водород H_2 и многие металлы. Растворы восстановителей трудно хранить длительное время, поскольку они взаимодействуют с присутствующим в воздухе O_2 , являющимся хорошим окислителем.

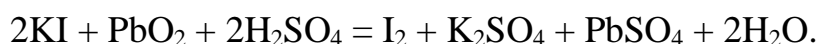
Разность между стандартными потенциалами полуреакций определяет возможность протекания интересующей реакции. Предположим, речь идет об осуществлении окислительно - восстановительного взаимодействия:



с известными потенциалами $E^0_{(\text{окислитель I/восстановитель I})}$ и $E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$.

Решить вопрос о возможности протекания данного взаимодействия можно путем сравнения величины потенциала полуреакции, используемой в качестве окислительной ($E^0_{(\text{окислитель I/восстановитель I})}$) и потенциала полуреакции, используемой в качестве восстановительной ($E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$). Реакция будет протекать в прямом направлении (слева направо) при большем потенциале первой полуреакции. Если же для первой полуреакции потенциал меньше, предполагаемая реакция не пойдет; принципиально возможной будет обратная реакция.

Например, выясним, в каком направлении будет протекать реакция между диоксидом свинца PbO_2 и иодидом калия KI в кислой среде:



Для ответа на поставленный вопрос сравним величины соответствующих окислительно – восстановительных потенциалов: $E^0(\text{PbO}_2/\text{Pb}) = + 1,68 \text{ В}$; $E^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = + 0,53 \text{ В}$. Первый потенциал больше, следовательно, окислителем будет выступать PbO_2 , а рассматриваемая реакция будет протекать слева направо.

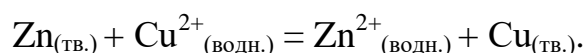
10.3. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В принципе энергию, выделяющуюся в любой самопроизвольной окислительно-восстановительной реакции, можно непосредственно исполь-

зовать для выполнения электрической работы. Это осуществлено в гальваническом элементе, представляющем собой устройство, в котором перенос электронов происходит по внешнему пути, а не непосредственно между реагентами.

Одна из таких самопроизвольных реакций происходит, если кусочек цинка поместить в раствор, содержащий ионы Cu^{2+} . При протекании этой реакции голубая окраска раствора, характерная для ионов Cu^{2+} , исчезает, и на поверхности цинка начинает осаждаться металлическая медь. Одновременно происходит растворение цинка.

Эти превращения описываются уравнением:



На рис. 10.1 показан гальванический элемент, в котором используется данная окислительно - восстановительная реакция между Zn и Cu^{2+} . На ри-

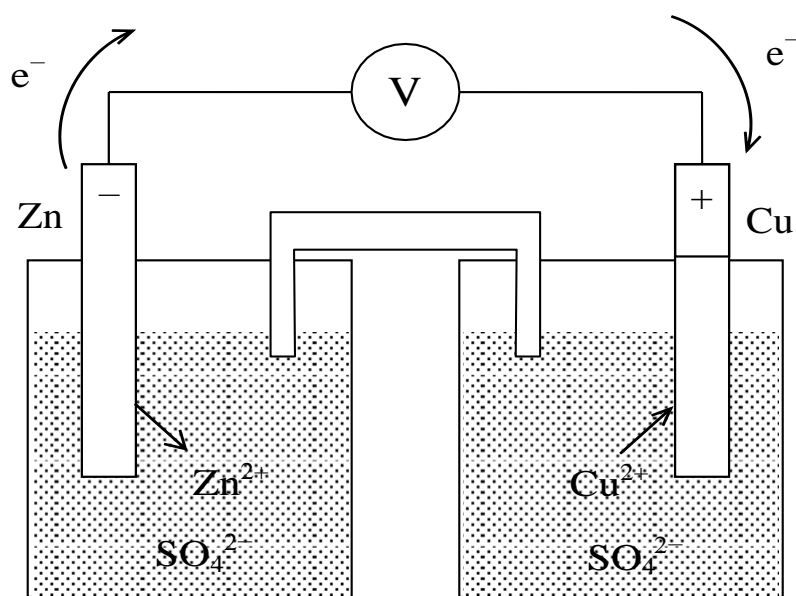
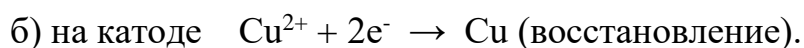
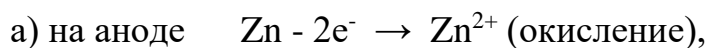


Рис. 10.1. Медно – цинковый гальванический элемент

сунке видно, что металлический цинк и $\text{Cu}_{\text{водн.}}^{2+}$ не находятся в непосредственном контакте друг с другом. Следовательно, Cu^{2+} может восстанавливаться только в результате перетекания электронов по проводнику, соединяющему цинковый и медный электроды (т. е. по внешней цепи).

По определению электрод, на котором происходит окисление, называется анодом, а электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом. Чтобы запомнить эти определения, полезно воспользоваться следующим мнемоническим правилом: слова «окисление» и «анод» начинаются с гласных букв, а «восстановление» и «катод» - с согласных.

В рассматриваемом примере Zn является анодом, а Cu - катодом:



Гальванический элемент можно рассматривать как устройство, состоящее из двух полуэлементов. Один из них соответствует процессу окисления, а другой - процессу восстановления. При окислении металлического цинка на аноде появляются свободные электроны. Они перемещаются по внешней цепи к катоду, где происходит их поглощение ионами Cu^{2+} . Электроны самопроизвольно перемещаются от отрицательного электрода к положительному, следовательно, анод является отрицательным электродом, а катод - положительным.

Во время работы гальванического элемента, изображенного на рис. 10.1, окисление Zn приводит к появлению дополнительных ионов Zn^{2+} в анодном пространстве элемента. Если не провести нейтрализацию их положительного заряда, дальнейшее окисление приостановится. Подобно этому восстановление Cu^{2+} вызывает появление избыточного отрицательного заряда в растворе в катодном пространстве. Избежать накопления избыточных зарядов в приэлектродном пространстве можно, используя «солевой мостик». Солевой мостик представляет собой U - образную трубку, содержащую раствор какого

- либо сильного электролита (NaNO_3 , NH_4Cl), ионы которого не реагируют с другими ионами в гальваническом элементе, а также с материалами, из которых сделаны электроды. Концы U - образной трубки закрывают фильтровальной бумагой, чтобы при перевертывании трубки электролит не вылился из нее.

При протекании на электродах процессов окисления и восстановления ионы из солевого мостика проникают в анодное и катодное пространство гальванического элемента и нейтрализуют избыточные заряды.

10.3.1. Электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента

Перемещение электронов по внешней цепи гальванического элемента обусловлено так называемой электродвижущей силой (сокращенно ЭДС) элемента. ЭДС измеряется в единицах электрического напряжения (вольтах) и иначе называется напряжением, или потенциалом, гальванического элемента. Один вольт представляет собой ЭДС, необходимую для того, чтобы заряд в 1 Кл приобрел энергию в 1 Дж: $1\text{В} = 1\text{ Дж/Кл}$.

Точное измерение ЭДС гальванического элемента требует применения специальных приборов. Эти измерения выполняют таким образом, чтобы через гальванический элемент протекал ничтожно малый ток. Если допустить протекание значительного тока, кажущееся напряжение гальванического элемента понижается, так как он обладает внутренним сопротивлением. Кроме этого, вокруг электродов произойдет изменение концентраций ионов, что вызовет изменение электродных потенциалов.

ЭДС, создаваемая гальваническим элементом, обозначается буквой E . Если гальванический элемент работает при стандартных условиях, то он создает стандартную ЭДС, обозначаемую символом E° . Напомним, что стандартным условиям соответствуют 1 моль/л концентрация реагентов и продуктов в растворах и давление в 1 атм для газообразных участников реакций.

Медно - цинковый гальванический элемент в стандартных условиях создает ЭДС величиной 1,10 В.

ЭДС любого гальванического элемента зависит от протекающей в нем реакции, от концентраций реагентов и продуктов, от температуры.

Непосредственное измерение потенциалов анода и катода по отдельности невозможно. Однако, если одной полуреакции условно приписать стандартный электродный потенциал, то стандартные потенциалы других полуреакций можно определять относительно этого условного эталона. В качестве такого условного эталона выбрана полуреакция, соответствующая восстановлению ионов H^+ с образованием молекул H_2 . Ей условно приписывается стандартный потенциал, равный 0 В:



Гальванический элемент, в котором протекает реакция, например, между Zn и H^+ , характеризуется окислительно – восстановительным процессом:



Окисление цинка происходит в анодном, а восстановление H^+ - в катодном отделении. В подобном гальваническом элементе работающий при стандартных условиях ($C(H^+) = 1$ моль/л и $P(H_2) = 1$ атм.) стандартный водородный электрод состоит из платиновой проволоки и платиновой фольги, покрытой тонко измельченной платиной – платиновой чернью. Электрод заключен в стеклянную трубку, в которой собирается газообразный водород, выделяющийся над поверхностью платины.

Описанный гальванический элемент создает стандартную ЭДС $E^0 = 0,76$ В. Принимая во внимание потенциал стандартного водородного

электрода ($E^0 = 0$), можно вычислить стандартный потенциал Zn:

$$E^0_{\text{элемента}} = E^0_{\text{катод}} - E^0_{\text{анод}}, \quad 0,76 \text{ В} = 0 - E^0_{\text{анод}}.$$

Таким образом, цинку приписывается стандартный потенциал, составляющий - 0,76 В.

Стандартные потенциалы других электродных полуреакций устанавливаются путем измерений ЭДС гальванических элементов аналогичным образом.

Данные об электродных потенциалах приведены в табл. 10.2. Комбинируя между собой соответствующие реакции, можно по их электродным потенциалам вычислять стандартные ЭДС самых разнообразных гальванических элементов.

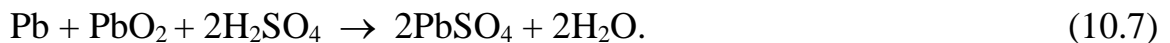
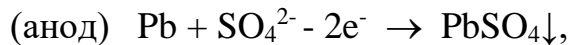
10.3.2. Гальванические элементы, применяемые на практике

Гальванические элементы получили широкое применение как удобные источники энергии, важным достоинством которых является компактность. Для создания гальванического элемента в принципе подходит любая самопроизвольная окислительно - восстановительная реакция. Лабораторные образцы гальванических элементов с солевым мостиком позволяют понять принцип действия электрохимического элемента. Однако они неудобны для практического использования.

Ниже рассмотрено устройство распространенных электрических батарей, применяемых на практике. Электрическая батарея, как правило, представляет собой несколько соединенных друг с другом гальванических элементов. При последовательном соединении нескольких гальванических элементов ЭДС батареи равна сумме ЭДС отдельных элементов.

Свинцовая аккумуляторная батарея

Одним из вариантов широко применяемых гальванических элементов является свинцовая аккумуляторная батарея. Свинцовая аккумуляторная батарея напряжением 12 В, используемая в автомобилях, состоит из шести гальванических элементов, каждый из которых дает напряжение 2 В. Анод такого элемента выполнен из свинца, а катод - из диоксида свинца PbO_2 , заполняющего металлическую решетку. Оба электрода погружены в серную кислоту. В процессе разрядки батареи в ней протекают электродные реакции:



Между Pb и PbO_2 не должно быть прямого физического контакта. Чтобы предотвратить соприкосновение электродов, между ними помещают перегородки из стекловолокна. Для повышения силы снимаемого тока в каждом элементе помещено несколько анодных и катодных пластин.

Из уравнения (10.7) видно, что в процессе разряда свинцовой аккумуляторной батареи расходуется серная кислота. Концентрированная серная кислота имеет высокую плотность, но в процессе разрядки батареи плотность электролита уменьшается.

Электролит в свежезаряженной батарее имеет плотность 1,25 - 1,30 г/см³. Если его плотность становится ниже 1,20 г/см³, батарея нуждается в перезарядке. Плотность электролита измеряют с помощью ареометра. Это устройство снабжено поплавком, глубина погружения в жидкость которого зависит от ее плотности.

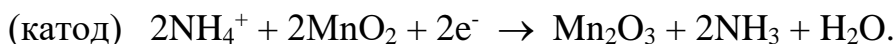
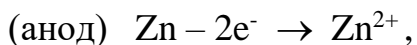
Для заряда свинцовой аккумуляторной батареи используется внешний источник энергии, позволяющий обращать направление самопроизвольной окислительно - восстановительной реакции (10.7).

Перезарядка возможна благодаря тому, что PbSO_4 , образующийся во время разряда батареи, не отделяется от электродов. Поэтому при подключении внешнего источника энергии электроны перетекают с одного электрода на другой, а PbSO_4 превращается в Pb на одном электроде и в PbO_2 на другом, т. е. вновь образуются вещества, имевшиеся в свежезаряженной батарее. При слишком быстрой зарядке батареи возможно разложение воды на H_2 и O_2 . Смесь H_2 и O_2 взрывоопасна, кроме того, эта вторичная реакция приводит к сокращению срока службы батареи. Выделение газообразных водорода и кислорода приводит к механическому удалению Pb , PbO_2 или PbSO_4 с поверхности электродов и их накоплению в виде шлама в нижней части батареи. Со временем это может вызвать короткое замыкание в батарее и вывести ее из строя.

Сухой элемент

Разновидность гальванических элементов, называемая сухим элементом, получила широкую известность благодаря тому, что этот элемент используется для питания компактных электрических фонарей, радиоприемников и другой бытовой электронной техники.

В одном из вариантов изготовления сухого элемента анод выполняется в виде цинковой оболочки, наполненной влажной пастой из MnO_2 , NH_4Cl и угольного порошка. В пасту погружен инертный катод - графитовый стержень. Снаружи сухой элемент имеет декоративную защитную оболочку из картона или полимерного материала. В этом гальваническом элементе протекают следующие электродные реакции:

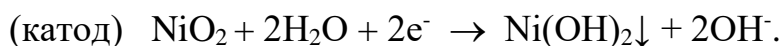
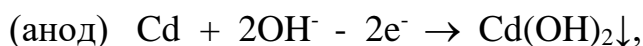


В другом варианте (щелочном) вместо NH_4Cl используется KOH . Анодная реакция и в этом случае включает окисление Zn , а катодная реакция - восстановление MnO_2 . Сухой элемент такого типа обладает большей работоспособностью, чем кислый, поскольку в нем не возникает коррозии цинкового анода, имеющей место при взаимодействии металла с NH_4Cl в присутствии влаги. Однако щелочные сухие элементы дороже. В любом варианте сухой элемент дает напряжение около 1,5 В.

Щелочной аккумулятор. Никель – кадмиевая батарея

Поскольку сухие элементы нельзя перезаряжать, их приходится заменять. Поэтому большое распространение получила никель - кадмиевая перезаряжаемая батарея, удобная для применения в различных бытовых приборах, питаемых аккумуляторами, и в переносных электронных устройствах. Анод этой батареи изготавливается из металлического кадмия, катод – из диоксида никеля. В качестве электролита используется щелочь (KOH , LiOH).

При работе батареи протекают следующие электродные реакции:



Как и в свинцовой аккумуляторной батарее, в никель - кадмиевой батарее продукты реакции не отделяются от электродов. Это позволяет легко проводить обратные реакции при перезарядке. Поскольку ни на стадии раз-

ряда, ни на стадии заряда не происходит выделения газов, никель - кадмиевую батарею можно герметизировать, что представляет собой значительное удобство при эксплуатации.

Топливный элемент

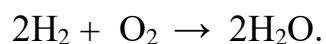
Многие вещества могут быть использованы в качестве топлива, так как их взаимодействие с кислородом воздуха сопровождается экзотермическим тепловым эффектом. Получаемую при горении тепловую энергию нередко превращают в электрическую энергию. Поскольку горение представляет собой окислительно - восстановительную реакцию, последнюю можно использовать для прямого получения электрического тока, создав соответствующий гальванический элемент.

Прямое преобразование химической энергии в электрическую имеет большие преимущества по сравнению с обычным способом превращения химической энергии сначала в тепловую и лишь после этого в электрическую. При получении электрической энергии из тепловой последнюю используют для превращения воды в пар. Затем пар приводит в действие турбину, которая вращает генератор. При превращении энергии из одной формы в другую или при ее передаче от одного вещества к другому происходят неизбежные потери энергии. Обычно в электрическую энергию удастся превратить не более 40 % энергии, полученной в результате сгорания топлива; остальная часть рассеивается в окружающую среду. Прямое получение электрической энергии из топлива при помощи гальванических элементов обеспечивает более высокий коэффициент преобразования химической энергии топлив в электрическую энергию. Гальванические элементы, в которых реагентами служат способные к горению вещества, называются **топливными элементами**.

Одной из возникающих при разработке топливных элементов проблем является высокая температура, сопровождающая работу большинства подобных элементов. Разработан низкотемпературный топливный элемент, в

котором используется H_2 , но пока что этот топливный элемент дорог для широкого применения.

В кислородно - водородном топливном элементе протекают следующие электродные реакции:



Электроды данного элемента выполнены в виде полых трубок из пористого прессованного угля, пропитанного катализатором; электролитом служит KOH (рис. 10.2). Топливный элемент работает до тех пор, пока не прекращается подача реагентов.

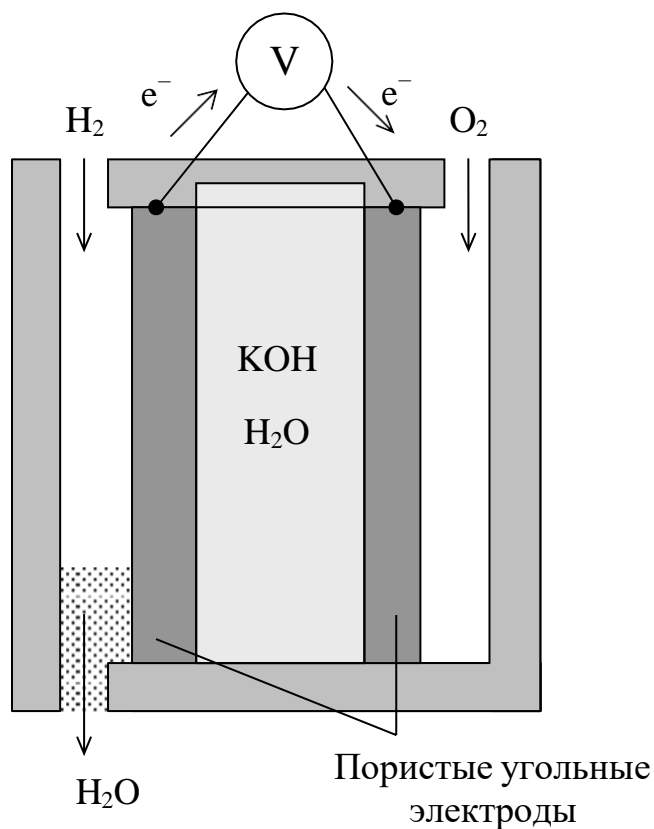


Рис. 10.2. Кислородно - водородный топливный элемент

10.4. ЭЛЕКТРОЛИЗ

С помощью гальванических элементов можно использовать самопроизвольные окислительно - восстановительные реакции для получения электрической энергии. С другой стороны, источник электрической энергии позволяет проводить несамопроизвольные окислительно - восстановительные реакции, например, разлагать расплавленный хлорид натрия на составляющие его элементы: $2\text{NaCl} = 2\text{Na} + \text{Cl}_2$.

Подобные процессы, которые можно осуществить за счет энергии внешнего источника электрического тока, называются реакциями электролиза и проводятся в электролитических ячейках (электролизерах). Электролитическая ячейка состоит из двух электродов, погруженных в расплавленную соль или водный раствор. Электрическую энергию для проведения электролиза получают от внешнего источника постоянного электрического тока.

Электролиз – это совокупность окислительно - восстановительных процессов, протекающих на электродах под действием внешнего источника постоянного тока.

При электролизе расплавленного NaCl ионы Na^+ притягиваются и затем присоединяют электроны на отрицательном электроде, восстанавливаясь до металла. Точно так же происходит перемещение ионов Cl^- к положительному электроду, где они отдают электроны и окисляются (рис. 10.3)

Как и в гальваническом элементе, электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом, а электрод, на котором происходит окисление, называется анодом. В рассматриваемом случае в электролитической ячейке протекают следующие реакции:

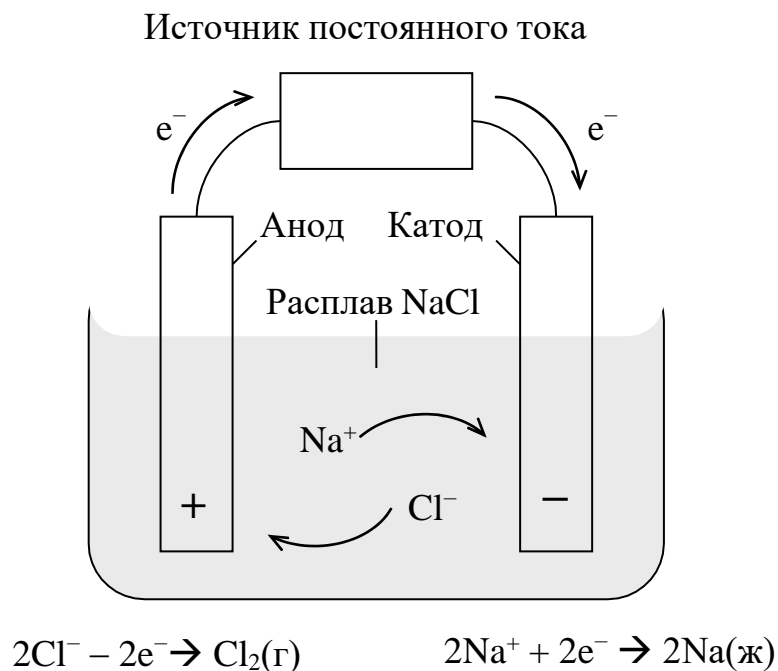
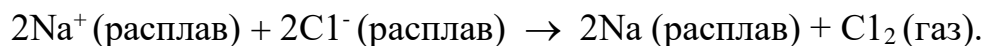
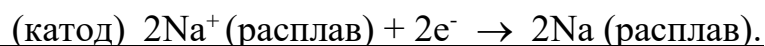


Рис. 10.3. Схема электролиза расплавленного NaCl

Рассмотренный процесс электролиза хлорида натрия используется для промышленного получения щелочного металла. Расплавленный NaCl подвергают электролизу в специальном электролизере, сконструированном таким образом, чтобы Na и Cl₂ не могли вступать в контакт друг с другом и снова образовывать NaCl. Кроме того, предусмотрено, чтобы натрий не вступал в контакт с воздухом и не образовывал оксид.

10.4.1. Электролиз водных растворов электролитов

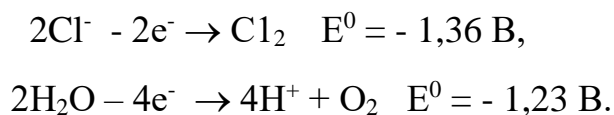
При электролизе водных растворов солей необходимо учитывать

наличие конкурирующих процессов на катоде и аноде из-за присутствия молекул воды. Это вызвано тем, что, например, на катоде в первую очередь будут восстанавливаться ионы с большим значением электродного потенциала. Так, натрий нельзя получить электролизом водного раствора NaCl, потому что на катоде ионы водорода молекул воды восстанавливаются легче, чем ион Na⁺ в растворе:



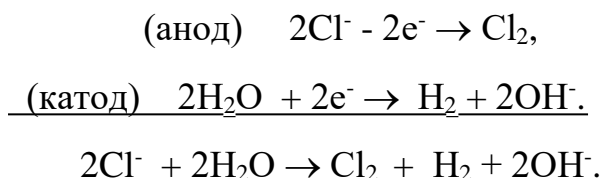
Следовательно, при электролизе водного раствора NaCl на катоде вместо натрия должен выделяться газообразный водород.

На другом электроде - аноде в случае рассматриваемой соли возможно окисление Cl⁻ или H₂O:



Эти стандартные окислительные потенциалы отличаются друг от друга не слишком сильно, но из их сравнения следует, что молекулы H₂O должны окисляться с большей легкостью, чем ионы Cl⁻. Однако для осуществления реакции иногда требуется намного более высокое напряжение, чем то, которое указывают электродные потенциалы. Дополнительное напряжение, необходимое для проведения электролиза, называется **перенапряжением**. Электроосаждению металлов соответствуют низкие значения перенапряжения, но перенапряжения, соответствующие выделению газообразного водорода или газообразного кислорода, обычно весьма значительны. В рассматриваемом примере перенапряжение, необходимое для образования H₂, настолько велико, что Cl⁻ окисляется легче, чем H₂O. По этой причине при электролизе водных

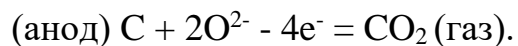
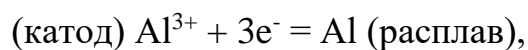
растворов NaCl (рассолов) образуются H₂ и Cl₂, если только концентрация Cl⁻ не слишком низка. При этом протекают следующие реакции:



Для образования H₂ и Cl₂ из раствора при стандартных условиях требуется минимальное напряжение 2,06 В. На практике для проведения электролиза используют более высокое напряжение, что объясняется наличием внутреннего сопротивления электролитической ячейки, а также отмеченным выше перенапряжением.

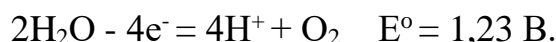
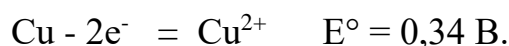
При электролизе водных растворов активных металлов, как, например, Na, Ca, Mg и Al, характеризующихся довольно большими отрицательными значениями стандартных электродных потенциалов, вместо соответствующего металла на катоде выделяется H₂. Поэтому такие активные металлы получают электролизом расплавов их солей. Выше мы уже кратко обсудили электролитическое получение натрия. Рассмотрим еще один пример - получение алюминия.

Для промышленного получения алюминия используют оксид Al₂O₃, добываемый в виде минерала боксита. Оксид алюминия не проводит электрический ток и имеет очень высокую температуру плавления свыше 2000 °С. Поэтому после предварительной очистки Al₂O₃ растворяют в расплавленном криолите Na₃AlF₆, в результате чего образуется расплав, проводящий электрический ток. Расплавленную смесь подвергают электролизу при температуре около 950 °С, используя угольные электроды. При электролизе на катоде выделяется алюминий, а на аноде – кислород, взаимодействующий с материалом анода:



10.4.2. Электролиз с активным анодом

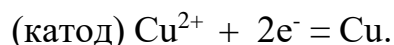
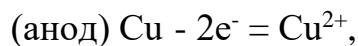
Обсуждая электролиз расплава или раствора NaCl, мы считали электроды инертными. Это означает, что сами электроды в процессе электролиза не вступают в реакцию, а просто служат поверхностями, на которых происходят окисление и восстановление. Однако в электролитическом процессе получения алюминия анод вступает в реакцию. Следовательно, электродные реакции включают не только окисление и восстановление растворителя и растворенных веществ, но и самих электродов. При электролизе водных растворов металлический электрод окисляется, если его потенциал меньше окислительно – восстановительного потенциала воды. Например, медь окисляется легче, чем вода:



К одному из многих интересных применений таких электролизных процессов относится рафинирование, или очистка, металлической меди. В промышленности соединения меди восстанавливают с помощью химических восстановителей. Например, для восстановления меди в CuS через расплавленную руду продувают воздух: $\text{CuS} + \text{O}_2 = \text{Cu} + \text{SO}_2$.

Полученная таким способом металлическая медь называется губчатой; она имеет чистоту приблизительно 99 % и содержит примеси железа, цинка, золота и серебра, а также других веществ. Некоторые примеси значительно снижают электропроводность металлической меди. Поэтому медь, идущую на изготовление электрических проводов, подвергают дальнейшей очистке. Такую очистку проводят путем электролиза. Губчатую медь помещают в элек-

тролизер и подключают к внешнему источнику тока в качестве анода. Тонкие листы чистой меди играют роль катода; электролитом служит раствор CuSO_4 . При пропускании электрического тока медь растворяется на аноде и осаждается на катоде:



Такие металлы, как цинк и железо, которые окисляются легче, чем медь, вместе с ней растворяются на аноде. Поскольку они восстанавливаются труднее, чем медь, регулируя напряжение, можно предотвратить их осаждение на катоде. Такие металлы, как серебро и золото, которые окисляются труднее, чем медь, не растворяются на аноде. По мере растворения меди они падают с анода и скапливаются под ним на дне ванны в виде ила. Анодный или периодически извлекают из электролитической ванны в процессе ее очистки. Он служит важным источником получения золота и серебра.

Другим интересным применением электролиза является покрытие металлов. Если, например, в описанной выше электролитической ячейке вместо меди сделать катодом какой-либо другой металл, в процессе электролиза на нем будет образовываться медное покрытие. Вместо меди можно нанести другой металл. При этом предмет, на который хотят нанести покрытие, делают катодом в электролитической ячейке. Металл, который наносят на другие поверхности, делают анодом. Нанесенное покрытие защищает различные предметы от коррозии и улучшает их внешний вид. Многие наружные части автомобилей, например бамперы и дверные ручки, электролитически покрывают хромом.

10.4.3. Количественные аспекты электролиза

Количество продуктов химической реакции, происходящей в электро-

литической ячейке, прямо пропорционально количеству электричества, проходящему через ячейку. Например, при пропускании через электролитическую ячейку 1 моля электронов осаждается 1 моль металлического Na, а при пропускании 2 молей электронов - 2 моля Na.

Аналогично, для образования 1 моля меди из Cu^{2+} требуется 2 моля электронов, а для образования 1 моля алюминия из Al^{3+} - 3 моля электронов.

Количество электричества, протекающего через электрическую цепь, и в частности через электролитическую ячейку, измеряется в кулонах. 96 500 Кулонов (Кл) составляют 1 Фарадей: $1 \text{ Ф} = 96\,500 \text{ Кл} = \text{заряд 1 моля электронов}$.

Кулон представляет собой такой электрический заряд, который протекает за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 ампер (А). Следовательно, чтобы определить, какое количество электричества Q (в кулонах) пропущено через электрохимическую ячейку, нужно умножить силу тока I в амперах на время его пропускания t в секундах:
 $Q = I \cdot t$.

10.5. ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Эффективность промышленного производства в немалой степени зависит от долговечности и надежности применяемого оборудования. В первую очередь это относится к механизмам и конструкциям, изготовленным из различных металлов. На практике металлическое оборудование подвергается не только тем или иным механическим нагрузкам, оно испытывает и различные виды химического воздействия, вызывающие коррозионные процессы. Так, согласно имеющимся оценкам, примерно 15 % ежегодного мирового производства железа идёт на замену металлических изделий, пришедших в негодность из-за коррозионных повреждений.

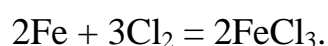
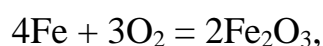
10.5.1. Химическая коррозия металлов

Коррозией металлов и сплавов называется их химическое разрушение, обусловленное взаимодействием металлических материалов с окружающей средой. В процессе коррозии протекают реакции окисления - восстановления, в которых окислителем является среда, контактирующая с металлами.

В зависимости от механизма протекания коррозия металлов может быть химическая и электрохимическая.

При химической коррозии происходит непосредственное взаимодействие металла с агрессивной средой, не являющейся электролитом. Причем агрессивная среда может быть как в газообразном, так и в жидком состоянии.

Например, при действии кислорода или хлора протекают реакции с образованием соответствующих продуктов - оксидов или хлоридов металлов, например, железа:



Скорость окисления металлов в газах зависит от природы металла, состава газа и температуры. В результате химической коррозии металл покрывается слоем продуктов реакции окисления (чаще всего пленкой оксида или гидроксида). Образующаяся пленка препятствует диффузии окислителя к металлу и тем самым замедляет, а иногда и прекращает дальнейшую коррозию металла. Поэтому большое значение для скорости протекания химической коррозии имеют состав и структура образующихся продуктов окисления.

Например, алюминий в сухом воздухе, или под действием кислорода,

растворенного в воде, покрывается тонкой ($50 - 100 \text{ \AA}$), но очень плотной пленкой оксида, после чего окисление металла практически прекращается. В случае железа оксидные слои (FeO или Fe_3O_4) не образуют сплошной пленки на его поверхности и не предохраняют металл от дальнейшего разрушения.

10.5.2.

Электрохимическая коррозия

Электрохимическая коррозия - процесс самопроизвольного разрушения одного из контактирующих в токопроводящей среде металлов. Важно, что токопроводящей средой может быть не только раствор какого-либо электролита, но даже тонкая пленка влаги, практически всегда присутствующая на поверхности металлов и металлических конструкций, эксплуатируемых в воздушной среде.

Коррозия металлов в электролитах является результатом образования короткозамкнутых гальванических элементов. В таком гальваническом элементе отрицательным полюсом работает тот металл, потенциал которого меньше (отрицательнее), а второй металл служит положительным полюсом.

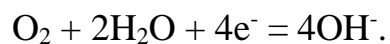
Разрушается (растворяется) тот металл, который имеет более отрицательный потенциал - это анод. Анодное разрушение поверхности металла собственно и составляет процесс электрохимической коррозии.

На положительном полюсе - катоде происходит тот процесс восстановления из раствора, потенциал которого положительнее.

В зависимости от состава раствора, находящегося около положительного электрода, возможно протекание одного из трёх конкурирующих процессов:

1. В нейтральном и щелочном растворах, не содержащих ионов металлов, потенциал которых более положителен, чем $-0,8 \text{ В}$, происходит восстановление растворенного в воде молекулярного кислорода. В этом случае

процесс называется коррозией с кислородной деполяризацией:



Пример. Контакт металлического железа ($E^0 = - 0,44 \text{ В}$) с цинком ($E^0 = - 0,76 \text{ В}$) в присутствии воды (рис. 10.4) сопровождается следующими электродными процессами:

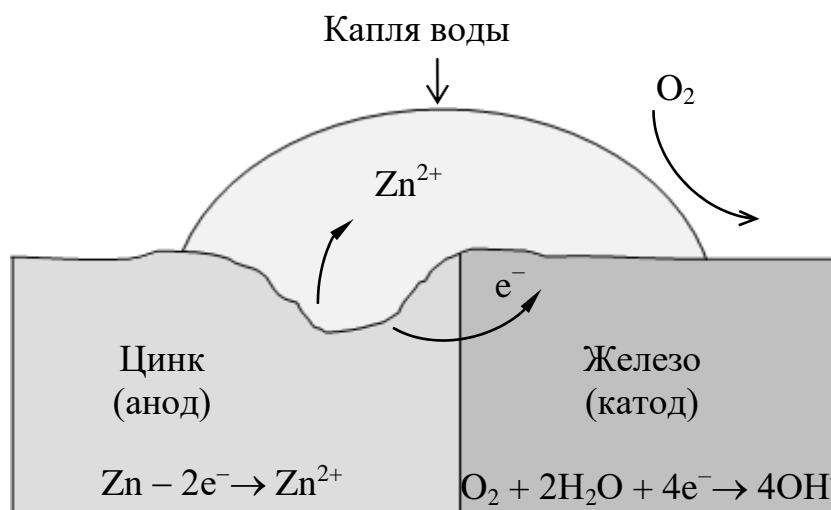
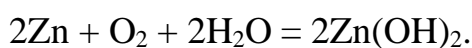
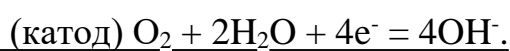
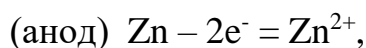
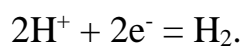
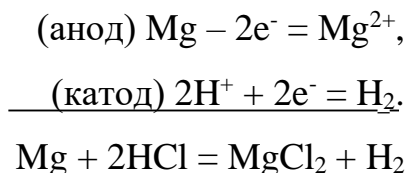


Рис. 10.4. Контакт металлического железа с цинком в присутствии воды

2. В кислом растворе происходит восстановление ионов водорода. Тогда процесс называют коррозией с водородной деполяризацией:



Пример. Контакт магния ($E^0 = -2,36 \text{ В}$) с медью ($E^0 = 0,34 \text{ В}$) в растворе соляной кислоты сопровождается следующими электродными процессами:



3. В растворе, содержащем ионы металлов Me^{n+} , потенциал которых более положителен, чем $-0,8 \text{ В}$, происходит восстановление этих ионов:



Процесс металлической деполяризации имеет место при работе гальванических элементов. При коррозии этот процесс встречается редко.

10.5.3. Причины, вызывающие образование гальванопар на поверхности металла

Появление разности потенциалов сопровождается любой контакт металл - электролит. В случае возникновения на поверхности металла участков с различным значением потенциала, образуются гальванические элементы и протекает электрохимическая коррозия.

Распространенной причиной возникновения на металлической поверхности участков с различным значением потенциала может быть структурная неоднородность металла. Неоднородность внутренних напряжений в металлическом изделии также может приводить к возникновению гальванической пары, т. к. сжатие увеличивает электродный потенциал металла, а растяжение - уменьшает. Поэтому в деформированной детали сжатые слои

металла будут играть роль катода, а растянутые - роль анода, подвергаясь при этом разрушению.

Непостоянный состав электролита над различными участками поверхности металла, например, обусловленный разной концентрацией растворенных солей и газов, тоже может вызвать возникновение разности потенциалов. Многие другие факторы, например, различная скорость движения электролита по поверхности металла, также могут служить причиной образования участков с различным значением электродного потенциала металла.

Известен еще один специальный вид гальванопар, который часто приходится учитывать на практике, это так называемые пары дифференциальной аэрации. Пары дифференциальной аэрации возникают в том случае, когда металл или металлическое изделие подвергается неоднородному воздействию кислорода воздуха. Та часть поверхности металла, к которой кислород попадает легче, становится катодом элемента. Анодом же будет часть поверхности, менее доступная кислороду. Это является следствием изменения электродного потенциала при действии кислорода на поверхность металла.

На практике приходится часто встречаться с парами дифференциальной аэрации, например, при подземной коррозии. Допустим, трубопровод проходит сначала через легко проницаемую для воздуха песчаную почву, а затем через пласт глины, сквозь которую воздух проникает с трудом. Если не принять специальные меры защиты от коррозии, в этом случае тоже может возникнуть пара дифференциальной аэрации, причем будет разрушаться та часть трубы, которая проходит через глину.

10.5.4. Коррозия металлов в защитных и антифрикционных маслах

Для защиты металлов от коррозии часто применяется нанесение масляного покрытия как на эксплуатируемое оборудование, так и на подлежащее консервации. Однако при определенных условиях коррозионные процессы

могут протекать и при наличии подобного защитного покрытия. Следует отметить, что в работающем двигателе, где металл соприкасается с нагретым маслом, при определенном составе масла также идут коррозионные процессы.

Химическую коррозию могут вызывать соединения нефтепродуктов, способные реагировать с металлом в молекулярном состоянии: образующиеся в результате окисления высокомолекулярные и в ещё большей мере низкомолекулярные органические кислоты, сернистые соединения, являющиеся продуктом сгорания топлив, содержащих серу.

Цветные металлы и сплавы, применяемые в подшипниках - свинец, кадмий и другие - особенно подвержены химической коррозии.

В практике коррозионной защиты различают коррозию наружных поверхностей и соответственно наружную консервацию и коррозию внутренних поверхностей машин и механизмов.

Коррозия наружных поверхностей, как правило, носит электрохимический характер:



Внутренняя коррозия чаще всего протекает по смешанному электрохимическому и химическому механизму. Именно совокупность двух типов коррозии приводит к наибольшему износу техники.

Для повышения антикоррозионных свойств масел применяются различные вещества. Для борьбы с химической коррозией в двигателях внутреннего сгорания используются антиокислительные и противокоррозионные присадки.

Антиокислительные присадки (некоторые амины, фенолы, фосфиды) предотвращают или замедляют окисление минеральных масел и топлив и поэтому уменьшают накопление в них коррозионно - активных веществ.

Противокоррозионные присадки, например, алкилфенольные, защищают металл от химической коррозии путем образования на нем адсорбци-

онных пленок, устойчивых к воздействию коррозионно - активных веществ.

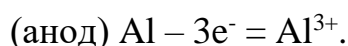
Антиокислительные и противокоррозионные присадки, как правило, не защищают металл от электрохимической коррозии, от коррозии в присутствии воды, потому что адсорбционные пленки, образующиеся на металле под влиянием антикоррозионных присадок, пропускают воду, разрушаются и десорбируются. Поэтому для предотвращения электрохимической коррозии используют специальные ингибиторы электрохимической коррозии. Эти вещества обычно представляют собой органические соединения, молекулы которых состоят из двух частей - углеводородного радикала и функциональной группы, обеспечивавшей защитные свойства.

Уменьшение электрохимической коррозии металла с помощью этих ингибиторов может достигаться двумя путями: они вытесняют воду с поверхности металла, создавая на нём адсорбционную пленку, не пропускающую воду и не разрушаемую водой; они могут избирательно затруднять катодные или анодные процессы при коррозии.

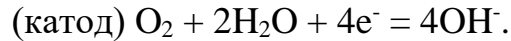
Решение типовых задач

Задача 1. Как будет протекать процесс коррозии в том случае, если алюминиевые листы конструкции, эксплуатируемой во влажной атмосфере, скрепить железными болтами?

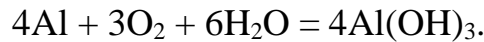
Решение. В местах соприкосновения двух металлов образуется гальванический элемент. Металл, который окисляется легче, играет при этом роль анода, а второй металл - роль катода. Из сравнения стандартных электродных потенциалов алюминия ($E^0 = - 1,66 \text{ В}$) и железа ($E^0 = - 0,44 \text{ В}$) следует, что алюминий будет играть роль анода:



На катоде (железо) пойдет процесс восстановления кислорода:

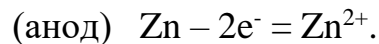


Таким образом, в месте контакта с железом алюминий будет корродировать, что приведет к нарушению прочности крепления:



Задача 2. Слой цинка на "гальванизированном" (оцинкованном) железе называют "жертвенным анодом". Что это означает? Оказывает ли хром такое же действие на железные изделия, покрытые хромом?

Решение. Цинк окисляется легче, чем железо, потому что его стандартный электродный потенциал ($E^0 = -0,76 \text{ В}$) отрицательнее (для железа $E^0 = -0,44 \text{ В}$). Поэтому при контакте цинка и железа анодному растворению подвергается цинк:



На катоде, которым является железо, при этом будет происходить восстановление, например, ионов водорода (в кислом растворе):

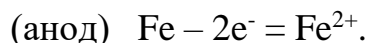


Если в контакте с железом находится хром ($E^0 = -0,74 \text{ В}$), он также играет роль "жертвенного анода", поскольку его стандартный электродный потенциал меньше, чем у железа.

Такой способ защиты железа (или другого металла) от коррозии путем превращения его в катод электрохимического элемента называется **катодной защитой**.

Задача 3. Определить процессы, которые будут протекать при контакте железа и никеля в растворе серной кислоты (гальванопара $\text{Fe}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Ni}$).

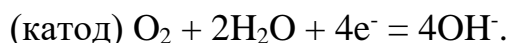
Решение. Из двух данных металлов меньшее значение стандартного электродного потенциала имеет железо (для железа $E^0 = -0,44$ В, для никеля $E^0 = -0,25$ В). Следовательно, анодному растворению будет подвергаться железо:



В кислой среде на катоде гальванопары (на никеле) будут восстанавливаться ионы водорода:



Если рассматриваемая гальванопара будет реализована в растворе хлорида натрия (Fe/NaCl/Ni), то катодный процесс будет заключаться в восстановлении растворенного кислорода:



10.6. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

К количественным методам оценки степени коррозионного разрушения относятся:

1. Определение изменения массы образцов (массометрический метод).
2. Определение объема выделяющихся газообразных продуктов или объема газа, поглощаемого в процессе коррозии (объемный метод).
3. Химический анализ раствора (аналитический метод), применяемый при изучении скорости коррозии отдельных компонентов сплава.

Наиболее широко распространенным, благодаря своей простоте и надежности, является массометрический метод. Это - прямой метод, непосредственно связанный с массой разрушенного металла.

Показателем скорости коррозии в данном методе является величина K ,

представляющая собой отношение:

$$K = \frac{m_0 - m_1}{S \cdot t},$$

где m_0 - масса образца до коррозии, г; m_1 - масса образца после коррозии; S - площадь поверхности образца, м²; t - время коррозионного разрушения, ч.

Массовые потери при коррозии могут быть пересчитаны в скорость коррозии, выраженную в мм/год:

$$\Pi = \frac{8,76 \cdot K}{\rho},$$

где Π - скорость коррозии, мм/год; K - скорость коррозии, г/(м²·ч); ρ - плотность металла, г/см³; 8,76 - коэффициент пересчета.

На основании величины Π можно произвести оценку химической стойкости металлов по десятибалльной шкале (таблица 10.3).

10.7. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ

Методы борьбы с коррозией чрезвычайно многочисленны и разнообразны. Выбор того или иного метода зависит от природы и структуры подлежащего защите материала, от условий его работы, от коррозионных свойств среды. Все эти методы удобно разделить на три группы:

- 1) изменение внешних условий работы изделия;
- 2) изменение структуры металла, подлежащего защите;
- 3) защита поверхности.

В последней группе можно выделить три подгруппы: а) нанесение ок-

сидных пленок; б) нанесение неметаллических покрытий; в) нанесение металлических покрытий (включая гальванические покрытия).

Таблица 10.3

Шкала коррозионной стойкости металлов

Группа стойкости	П, мм/год	Балл
1. Совершенно стойкие	< 0,001	0
2. Весьма стойкие	0,001 – 0,005	1
	0,005 – 0,01	2
3. Стойкие	0,01 – 0,05	3
	0,05 – 0,1	4
4. Пониженностойкие	0,1 – 0,5	5
	0,5 – 1,0	6
5. Малостойкие	1,0 – 5,0	7
	5,0 – 10,0	8
6. Нестойкие	> 10,0	9

Изменение внешних условий работы конструкции (изделия). Коррозию можно уменьшить или устранить, создав такие условия для работы изделия, которые затрудняли бы разряд ионов водорода или ионизацию кислорода на катодах микрогальванопар или затрудняли бы растворение анодных участков. Здесь можно указать три пути.

Защита обработкой среды. Можно устранить кислородную деполя-

ризацию удалением кислорода из раствора, вызывающего коррозию. Например, воду для паровых котлов освобождают от кислорода добавкой какого - либо восстановителя. Введением в раствор других добавок можно пассивировать анодные составляющие защищаемого металла. Например, в холодильных установках, где в железной аппаратуре циркулируют специальные растворы, добавка кремнекислого натрия или хромпика ($K_2Cr_2O_7$) пассивирует железо и ослабляет коррозию.

Защита приложением внешней ЭДС (катодная защита). Этот чисто электрохимический метод заключается в том, что изделие, подлежащее защите от коррозии, соединяют с отрицательным полюсом внешнего источника электричества, т. е. сообщают ему катодную поляризацию; анодами служат чугунные, свинцовые или графитовые пластины, погруженные в тот же раствор, что и защищаемое изделие. На катодной поверхности выделяется водород, растворение защищаемого металла не происходит. Для защиты железа от коррозии в растворах хлористого натрия достаточна плотность тока на защищаемой конструкции 10 - 12 мкА/см². При интенсивно перемешиваемом растворе необходима плотность тока до 250 мкА/см². Катодную защиту применяют для котлов, химической аппаратуры и т. п. Однако эффективность ее в изделиях сложной конфигурации невысокая.

Защита протекторами. Этот метод, также электрохимический, заключается в том, что к защищаемому изделию прикрепляют протекторы - пластинки, муфты и т. п. из металла (чаще всего из цинка), имеющего более отрицательный потенциал. В возникающей гальванической паре металл протектора анодно растворяется. Протекторы по мере износа нужно менять. Метод эффективен в среде, хорошо проводящей электрический ток. Радиус действия протектора невелик, и поэтому для защиты большой поверхности приходится устанавливать много протекторов.

Изменение структуры металла изделия. Электрохимическую коррозию можно ослабить, изменив состав и структуру металла легированием, т. е. введением в сплав с защищаемым металлом некоторых добавок. В этом

направлении возможны три пути:

1) Вводится добавка более благородного металла, образующего твердый раствор с основным металлом. Потенциал анодного растворения повышается, и тем самым коррозия затрудняется. Однако, чтобы достигнуть значительного повышения потенциала, приходится вводить значительные количества более благородного металла. Например, медь устойчиво защищается добавкой золота в количестве 52 - 53,5 % (по массе). Конечно, такой метод защиты дорог и применяется, например, в ювелирной промышленности.

2) Вводится добавка, которая, образуя сплав с различными составляющими основного металла (обычно многокомпонентного сплава), может повлиять так, что потенциалы всех составляющих сблизятся и, следовательно, ЭДС микрогальванопар уменьшится.

3) Вводится добавка, которая может подвергаться коррозии наряду с основным металлом, но продукты ее разрушения образуют на поверхности изделия плотные защитные пленки, препятствующие дальнейшей коррозии. Так, при разрушении кремнистого чугуна или стали на поверхности образуется пленка силикатов, обладающая защитными свойствами.

Защита поверхности металла. Защита оксидными пленками. Известно, что пленка оксида (или других продуктов коррозии) на поверхности может защищать металл от дальнейшего разрушения. Подбирая условия обработки, можно искусственным путем создать малопористую, достаточно устойчивую пленку оксидов на металлической поверхности. Наибольшее распространение получили следующие приемы.

Воронение, или оксидирование стали. Способы его выполнения очень разнообразны. Обработка железа паром, а затем восстанавливающими газами при температурах около 900 °С приводит к образованию пленки оксидов, состоящей в наружном слое из Fe_3O_4 и в более глубоком - из FeO . Воронение достигается также погружением стали в расплавленную смесь селитры и диоксида марганца при 300 °С или кипячением в щелочных окислительных

растворах, содержащих, например, едкий натр, селитру и диоксид марганца. В этих случаях в поверхностном слое образуется Fe_2O_3 . Воронение сообщает изделию красивый бархатистый темно-синий с черным отливом цвет.

Однако в качестве коррозионной защиты воронение недостаточно прочно. Оно пригодно лишь при работе в атмосферных условиях и требует периодической смазки изделия.

Фосфатирование стали. Процесс заключается в образовании на поверхности изделия пленки фосфорнокислых солей марганца и железа. Применяемая рецептура довольно разнообразна. Полученная пленка дополнительно покрывается специальным лаком. Покрытие достаточно устойчиво к коррозии в атмосферных условиях и даже в не слишком агрессивных жидких средах.

Оксидирование алюминия. Оксидная пленка на алюминии обладает высокой коррозионной устойчивостью в атмосферных условиях. Пленка может быть создана обработкой алюминия или его сплавов щелочными растворами, содержащими окислители, главным образом, хромовокислые соли. Можно, например, проводить травление в ванне, содержащей соду, едкий натр и бихромат калия, с последующей обработкой 2 % - ным раствором хромовой кислоты.

Анодное окисление алюминия. Весьма прочная пленка на алюминии получается при его анодной поляризации в 3 % - ном растворе хромовой кислоты при 40 °С. Катодом служит графит. Вследствие анодного пассивирования алюминия напряжение поднимается до 40 - 50 В.

Еще лучшие результаты дает анодное окисление алюминия в 20 % - ном растворе серной кислоты при 30 °С и плотности тока 2 А/дм² в течение 10 мин. Катодами служат свинцовые пластины. После электролиза изделие погружают в горячий раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Получаемое покрытие настолько прочно, что даже после месяца работы в морской воде почти не обнаруживает признаков коррозии. Оксидная пленка служит прекрасным электроизолятором, выдерживая напряжение свыше 10 000 В. Поэтому анодное окисление алю-

миниевой проволоки применяют при изготовлении электротехнической аппаратуры.

Защита неметаллическими покрытиями. Покрытие красками или лаками является наиболее распространенным видом защиты металлов от коррозии. Пленка покрытия должна обладать большим электрическим сопротивлением и препятствовать работе микрогальванопар. Основой покрытия является пленкообразующее вещество (олифа и другие высыхающие масла). Для ускорения высыхания добавляют сиккативы - соединения свинца, марганца, кобальта и др. Наконец, для придания покрытию твердости и желаемого внешнего вида к краске добавляют пигменты - окрашенные соединения свинца, цинка, железа, хрома, меди, титана и т.д. Лакокрасочное покрытие должно плотно прилегать к поверхности металла, образуя сплошной слой. В противном случае в пустотах и порах под пленкой краски может удерживаться вода, которая будет служить электролитом для микрогальванопар на поверхности металла.

Из других неметаллических покрытий отметим бетон, асфальт, смолы, битумы, применяемые чаще всего для защиты подземных сооружений - трубопроводов, кабелей, оснований металлических конструкций и т. п. Для мелких изделий, предметов домашнего обихода и химической аппаратуры применяют защиту эмалью - слоем оплавленных силикатов, а также искусственными смолами и пластмассами.

Защита металлическими покрытиями. Широко применяется защита металлических изделий покрытием их слоем другого металла. Соответствующее покрытие должно удовлетворять ряду требований.

Необходимо обеспечить прочное сцепление слоя покрывающего металла с основным металлом. Прочность сцепления достигается либо за счет образования промежуточного слоя сплава обоих металлов, либо за счет сил сцепления. В обоих случаях поверхность основного металла должна быть предварительно тщательно очищена.

Покрытие должно быть пластичным, не растрескиваться и не отставать

от основы при изгибании. Иногда предъявляются специальные требования к твердости, стойкости к истиранию, жаростойкости и т.д. Покрывающий слой должен обладать равномерной заданной толщиной.

Покрытие должно защищать основной металл изделия от коррозии. В этом отношении следует различать два случая. Если металл покрытия имеет более положительный потенциал, чем металл основы, и при этом покрытие обладает порами, трещинами или царапинами, то при проникновении электролита в поры образуется гальваническая пара, в которой металл покрытия становится катодом, а металл основы - анодом. Возникновение такой пары будет только способствовать коррозии основного металла. Поэтому подобные покрытия, называемые катодными, должны быть сплошными, беспористыми и полностью исключать доступ вызывающих коррозию веществ к основному металлу. Примером может служить покрытие железа медью или меди серебром. Конечно, металл катодного покрытия сам по себе должен быть коррозионностоек.

Если потенциал металла покрытия более отрицателен, чем потенциал металла основы, то при доступе электролита к металлу основы последний будет играть роль катода в возникающей гальванической паре. Металл же покрытия станет анодом и будет разрушаться. Поэтому подобные покрытия, называемые анодными, даже и при нарушении непрерывности слоя защищают основной металл от коррозии. Примером анодного покрытия может служить нанесение цинка на железо.

Способы нанесения металлических покрытий очень разнообразны. К ним относятся:

- 1) способ горячего погружения;
- 2) пульверизация, заключающаяся в распылении расплавленного металла струей сжатых газов на подлежащую покрытию поверхность;
- 3) плакирование, заключающееся в совместной горячей прокатке покрываемого металла и тонкой пластины покрывающего металла;
- 4) диффузионные покрытия (цементация), получающиеся нагреванием

покрываемого изделия в порошке металла, подлежащего нанесению;

5) контактные покрытия, получающиеся погружением изделия из менее благородного металла в раствор соли более благородного металла;

б) гальванические покрытия.

Рассмотрим подробнее **гальванические покрытия**. Гальванические покрытия получают путем электролиза. Так как процесс ведут при невысоких температурах (от 15 до 60 °С), то приставание наносимого слоя к основному металлу достигается только за счет сил сцепления, причем иногда осадок даже воспроизводит, продолжает кристаллическую структуру основы. Поэтому очень важно предварительно тщательно очистить поверхность изделия. Впрочем, иногда имеет место и диффузия наносимого металла, хотя и на очень небольшую глубину. Гальванический осадок в большинстве случаев может быть получен любой толщины - от десятитысячных долей миллиметра до нескольких миллиметров. Наиболее часто применяют гальваническое осаждение цинка, никеля, хрома, меди, олова, золота, серебра, реже свинца, кадмия, кобальта, железа. Для специальных целей можно производить покрытие платиной, вольфрамом, сурьмой, мышьяком.

10.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Определите, будет ли протекать реакция окисления – восстановления между растворами солей KBr и FeCl₃:



$$E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = 1,06 \text{ В}; E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}.$$

2. Установите, можно ли перемешивать раствор Fe(NO₃)₃ алюминиевой ложкой?

$$E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = - 1,66 \text{ В}; E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}; E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = - 0,44 \text{ В}.$$

3. Запишите процессы, протекающие на электродах при электролизе водных растворов следующих веществ: NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, HCl , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, KOH , ZnSO_4 . Рассмотрите два случая электролиза – с графитовым анодом и анодом, изготовленным из меди.

4. Составьте схемы двух гальванических элементов, содержащих железо, причем в одном из них данный металл должен быть «+», а в другом «-». Запишите уравнения протекающих электродных реакций и рассчитайте ЭДС гальванических элементов.

5. Из каких металлов необходимо составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной?

6. Хромирование поверхности изделий из железа придает им повышенные декоративные свойства и защищает от коррозии. В действительности покрытие из хрома наносят на тонкий слой никеля, защищающий железо. Слой хрома предохраняет никель от потускнения и создает прочную, блестящую поверхность. Обеспечивает ли никель катодную защиту железа?

7. Объясните, какой коррозионный процесс может возникнуть при соединении медной трубки с водопроводной трубой из оцинкованного железа?

8. Рассчитайте скорость коррозии алюминия в олеуме. Размеры образца металла $50 \times 30 \times 1$ мм, масса до испытания 4,0530 г, после восьмисуточного испытания – 4,0189 г. Произведите количественную оценку коррозионной стойкости алюминия в олеуме по десятибалльной шкале.

9. Запишите уравнения электродных процессов в следующих гальванопарах: $\text{Sn}/\text{NaCl}/\text{Fe}$, $\text{Ni}/\text{HgCl}_2/\text{Cu}$, $\text{Cr}/\text{HCl}/\text{Fe}$, $\text{Zn}/\text{CuSO}_4/\text{Ni}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Общая химия: Учебник для технических направлений и специальных вузов / Н.В. Коровин. - 9-е издание, переработанное - М.: Высшая школа, 2007. - 557 с.

Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов / Я.А. Угай. - 5-е издание, стереотипное - М.: Высшая школа, 2007. - 527 с.

Фролов В.В. Химия, 3-е изд. - М.: Высшая школа, 1986. - 432 с.

Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Под ред. А. И. Ермакова. - 30-е издание, исправленное. - М.: Интеграл - Пресс, 2003. - 728 с.

Дробашева Т. И. Общая химия. - М.: Феникс, 2004 г. - 448 с.

Курс химии: Учебник для инженерно-технических вузов / Г.П. Лучинский. – М.: Высшая школа, 1985. – 416 с.

Лабораторные работы по химии: Учебное пособие / Н.В. Коровин, Э.И. Мингулина, Н.Г. Рыжова; Под редакцией Н.В. Коровина - 4-е издание, переработанное - М.: Высшая школа, 2007. - 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ	4
1.1. Основные классы неорганических соединений. Горные породы и минералы земной коры	4
1.2. Номенклатура неорганических веществ	8
1.3. Контрольные вопросы и задания	11
Глава 2. НАПРАВЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	13
2.1. Энергетические соотношения в химических системах	13
2.2. Самопроизвольные процессы	18
2.3. Энтальпийный и энтропийный факторы химической реакции. Энергия Гиббса	21
2.4. Расчет изменений энергии Гиббса в стандартных усло- виях	24
2.5. Подземная газификация угля – новые возможности для энер- гетики	26
2.6. Задачи для самостоятельного решения	28
Глава 3. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА	32
3.1. Скорость химической реакции	32
3.2. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов	34
3.3. Молекулярность и порядок реакции	38
3.4. Влияние давления и температуры на скорость реакции	41
3.5. Энергия активации	42
3.6. Явление катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ	45

3.7. Задачи для самостоятельного решения.....	49
Глава 4. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ	51
4.1. Гомогенное химическое равновесие	52
4.2. Константа химического равновесия.....	54
4.3. Гетерогенное химическое равновесие	57
4.4. Смещение химического равновесия.....	59
4.5. Задачи для самостоятельного решения.....	64
Глава 5. ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ	66
5.1. Растворы.....	66
5.2. Способы выражения концентрации растворов	68
5.3. Растворимость вещества и ее зависимость от различных факто- ров	74
5.4. Осмос. Осмотическое давление.....	78
5.5. Давление пара растворителя над раствором. Замерзание и кипение раствора	83
5.6. Зависимость растворимости от температуры и давления.....	89
5.7. Произведение растворимости труднорастворимого веще- ства	91
5.8. Задачи для самостоятельного решения.....	96
Глава 6. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ	98
6.1. Теория электролитической диссоциации	98
6.2. Степень и константа электролитической диссоциации	101
6.3. Активная концентрация ионов	105
6.4. Солевой эффект.....	107
6.5. Жесткость природной воды	108
6.6. Умягчение воды	110
Глава 7. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	113

7.1. Реакция соли с солью.....	113
7.2. Реакция соли с кислотой	116
7.3. Реакции с участием основных и кислых солей	116
7.4. Реакции образования слабых кислот и слабых оснований	118
7.5. Реакции с участием амфотерных гидроксидов	119
7.6. Теория кислот и оснований Бренстеда - Лаури	120
7.7. Ионное произведение воды. Водородный показатель рН.....	123
7.8. Гидролиз солей.....	127
7.9. Контрольные задания	135
Глава 8. СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА	137
8.1. Строение электронных оболочек атомов	137
8.2. Периодичность изменения свойств элементов	146
8.3. Контрольные задания	151
Глава 9. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ	152
9.1. Общие положения	152
9.2. Метод валентных связей	156
9.3. Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи.....	161
9.4. Свойства ковалентной связи	162
9.5. Метод молекулярных орбиталей	170
9.6. Межмолекулярное взаимодействие и водородная связь	173
9.7. Комплексные соединения	176
9.8. Контрольные задания	182
Глава 10. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....	184
10.1. Окислительно-восстановительные реакции.....	184

10.2. Образование электродных потенциалов.....	192
10.3. Гальванические элементы	199
10.4. Электролиз.....	210
10.5. Прикладная электрохимия	216
10.6. Методы оценки коррозионного разрушения.....	225
10.7. Методы борьбы с коррозией.....	226
10.8. Контрольные задания	233
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	235

Учебное издание

Рафаил Абдрахманович Апакашев

Валерий Васильевич Павлов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОБЩЕЙ ХИМИИ

Учебное пособие

Редактор изд-ва *Л. В. Устьянцева*

Компьютерная верстка *Н. Л. Кузиной*

Дизайн обложки *Л. А. Болотновой*

Подписано в печать . Бумага писчая. Формат 60 x 84 1/16.

Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.

Печ. л. 15,00. Уч.-изд. л. 11,76. Тираж 150. Заказ .

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Отпечатано с оригинал-макета в ООО «ИРА УТК».


620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу

УТВЕРЖДАЮ
С. А. Угров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ
по дисциплине:**

СОО.01.09 ГЕОГРАФИЯ

Специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

**Направленность: Экологическая безопасность
природно-техногенных комплексов**

на базе основного общего образования

год набора: 2024

Одобрена на заседании кафедры
ГлЗЧС

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Стороженко Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 11.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горнотехнологический

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

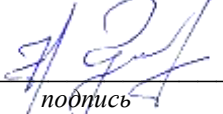
(Дата)

Екатеринбург

Автор: Архипов М.В., старший преподаватель

**Рабочая программа общеобразовательной учебной дисциплины
«География» согласована с выпускающей кафедрой
Природобустройства и водопользования.**

Заведующий кафедрой



Гревцев Н.В.
И.О. Фамилия

Пояснительная записка.

География является базовой дисциплиной среднего (полного) общего образования в соответствии с ФГОС СПО. Самостоятельная работа является одним из видов учебной работы обучающихся. Основные цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний, формирование умений использовать справочную документацию и дополнительную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.
- развитие исследовательских умений.
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельной работы, на практических занятиях, для эффективной подготовки к дифференцированному зачету.

Перед самостоятельными работами ставится цель развить самостоятельность студентов, научить их самостоятельно приобретать знания, творчески мыслить, что в свою очередь способствует их подготовке к жизни.

Самостоятельная работа используется на уроках, как для усвоения нового материала, так и при повторении, закреплении и проверке качества знаний и умений, выполнения домашних заданий.

При разработке системы самостоятельных работ важно знать не только задачи, стоящие перед ними, но и существующие формы и виды. От формы задания зависит не только характер умственной деятельности студента, но и время, отводимое на выполнение работ и на их проверку, интерес учащихся к предмету, организации самопроверки.

Учебный план и программа дисциплины «География» предусматривают: 2 часа самостоятельной работы.

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ГЕОГРАФИЯ

РАЗДЕЛ 1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ МИРА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИРА

Тема 1.1 Современная политическая карта мира

1. Современные особенности политической карты мира
2. Группировка стран по площади
3. Формы правления
4. Типы государственного устройства

Современные особенности политической карты мира

В настоящее время в мире насчитывается около 240 государственных образований. В 2008 г. юридически обоснованным государственным суверенитетом обладали около 200 государств.

Суверенные (или независимые) государства обладают всей полнотой законодательной, исполнительной и судебной власти на своей территории.

Часть государственных образований (свыше 40) являются *несамоуправляющимися*. В настоящее время зависимыми территориями (с той или иной степенью зависимости) обладают восемь государств: Великобритания, Франция, Испания, Нидерланды, Дания, США, Австралия и Новая Зеландия. Все владения Испании, Австралии (ассоциированные территории) обладают «полновесной» зависимостью. Все владения Великобритании, Нидерландов и Дании получили статус внутренней автономии, имеют свои конституции и выборные органы власти. Владения Франции, США и Новой Зеландии поделены на группы с различным уровнем зависимости.

На картах, издаваемых в разных странах, можно увидеть разные контуры тех или иных стран. Перемены на политической карте мира в будущем могут носить как количественные, так и качественные изменения.

Группировка стран по площади и положению

Пестрота политической карты требует при изучении элементарной классификации, вычленения групп по различным признакам.

Прежде всего принято выделять группы стран *по площади* (величине) территории. Одна страна имеет площадь территории свыше 10 млн км² (*Россия*), пять стран – от 5 до 10 млн км² (*Канада, Китай, США, Бразилия и Австралия*), восемь стран – от 2 до 5 млн км² (*Индия, Аргентина, Казахстан, Алжир, Демократическая Республика Конго (ДРК), Саудовская Аравия и Гренландия (Дат.)*), семнадцать стран – от 1 до 2 млн км² (три – в Азии, десять – в Африке и четыре – в Латинской Америке). К микрогосударствам, или «карликовым» странам, относятся Андорра, Ватикан, Лихтенштейн, Люксембург, Мальта, Монако, Сан-Марино, Бахрейн, Мальдивские Острова, Сингапур и др., а также множество островных самоуправляющихся

государственных образований. (*курсивом выделены первые 10 стран лидеров по площади территории*).

В особую группу выделяют страны, **не имеющие выхода к морскому побережью**.

СНГ: Азербайджан, Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Южная Осетия.

Зарубежная Европа: Австрия, Андорра, Ватикан, Венгрия, Лихтенштейн, Люксембург, Македония, Сан-Марино, Сербия, Словакия, Чехия, Швейцария.

Зарубежная Азия: Афганистан, Лаос, Монголия, Непал, Бутан.

Африка: Ботсвана, Буркина-Фасо, Бурунди, Замбия, Зимбабве, Лесото, Малави, Мали, Нигер, Руанда, Свазиленд, Уганда, ЦАР, Чад, Эфиопия, Южный Судан.

Латинская Америка: Боливия, Парагвай.

Формы правления

Большинство государств имеют **республиканскую форму правления**, где законодательная власть принадлежит парламенту, а исполнительная власть – президенту и правительству. К президентским республикам, в управлении которыми чрезвычайно велика роль президента, относятся Алжир, Бразилия, Египет, Индонезия, Колумбия, Республика Корея, Мали, Мексика, Россия, США, Филиппины и др. К парламентским республикам, где полномочия президента, наоборот, скорее представительские, а ключевые решения принимает глава правительства (премьер-министр), относятся Австрия, Венгрия, Германия, Индия, Италия, Швейцария и др.

Небольшая группа государств сохраняет **монархическую форму правления**. В настоящее время на политической карте мира насчитывается 29 суверенных монархий. Главой этих государств является монарх (король, император, герцог, князь, султан или эмир), а верховная власть, как правило, передается по наследству (в Малайзии и ОАЭ монархов избирают). Формы монархий различны.

Зарубежная Европа: Андорра, Бельгия, Ватикан, Великобритания, Дания, Испания, Лихтенштейн, Люксембург, Монако, Нидерланды, Норвегия, Швеция.

Зарубежная Азия: Бахрейн, Бруней, Бутан, Иордания, Камбоджа, Катар, Кувейт, Малайзия, Оман, ОАЭ, Саудовская Аравия, Таиланд, Япония.

Африка: Лесото, Марокко, Свазиленд.

Океания: Тонга.

Основная часть монархий – **конституционные (ограниченные) монархии**. В них законодательная власть принадлежит парламенту, а исполнительная – правительству. Реальной власти монарх не имеет, но он активно участвует в жизни страны, выполняя свои традиционные обязанности (в том числе приводит к присяге новое правительство, утверждает важнейшие решения парламента).

В мире сохранилось всего шесть *абсолютных монархий*, где все институты власти ответственны перед монархом (а то и напрямую подчиняются ему) и, как правило, наделены лишь совещательными и исполнительскими полномочиями. Эти государства находятся в Азии (Бруней, Катар, Кувейт, Оман, ОАЭ, Саудовская Аравия).

Типы государственного устройства

Все государства мира по типу государственного устройства подразделяются на унитарные и федеративные.

Унитарные государства состоят из административно-территориальных единиц, которые напрямую подчиняются центральным органам власти и не пользуются самоуправлением. В этих странах единая конституция действует во всех территориальных единицах.

Федеративные государства состоят из политических территориальных единиц, которые в отличие от административных обладают, как правило, значительным внутренним самоуправлением. Они тоже подчиняются центральным органам власти, но при этом имеют собственные конституцию, законодательные, исполнительные и судебные органы власти.

СНГ: Россия.

Зарубежная Европа: Австрия, Бельгия, Босния и Герцеговина, ФРГ, Швейцария.

Зарубежная Азия: Индия, Малайзия, Мьянма, ОАЭ, Пакистан, Непал.

Африка: Коморские Острова, Нигерия, Эфиопия, Сомали.

Америка: Аргентина, Бразилия, Венесуэла, Канада, Мексика, Сент-Китс и Невис, США.

Австралия и Океания: Австралия, Микронезия.

Вопросы для самоконтроля

1. Сколько государственных образований насчитывается на современной политической карте мира?
2. Какие страны мира выделяются по площади территории?
3. Найдите на карте страны мира имеющие монархическую форму правления?
4. Каковы отличия унитарных государств от федеративных?
5. Найдите на карте страны мира, имеющие федеративное государственное устройство?

Тема 1.2 Природные ресурсы. Минеральные ресурсы мира

1. Топливные ресурсы
2. Металлические (рудные) ресурсы

Минеральные ресурсы – полезные ископаемые, извлекаемые из недр Земли. В современном хозяйстве используется примерно 200 различных видов минерального топлива и сырья.

Классификация на основе технического использования ресурсов:

- топливные (горючие),
- металлические (рудные),
- технические ресурсы
- строительные материалы.

Топливные ресурсы

В целом в мире на долю угля приходится 70-75% всех топливных ресурсов (в условном топливе), а остальная часть примерно поровну распределяется между нефтью и природным газом.

Уголь – более 3,6 тыс. его бассейнов и месторождений.

Разведанные запасы – около 1 трлн т. По разведанным запасам угля крупные регионы следуют в таком порядке: Северная Америка – 27,5% мировых запасов; СНГ – 25,5%; Зарубежная Азия – 24,8%; Австралия и Океания – около 10%; Зарубежная Европа – 8%; Африка – 3,5%; Латинская Америка – около 1,5%. Всего угольные ресурсы разведаны в 83 странах мира

Страны лидеры по запасам угля: США – 26,6% мировых запасов, Россия – более 17%, Китай – около 13%, Австралия – 8,5%, Индия, Германия, Украина, Казахстан, ЮАР, Индонезия. На первую десятку стран-лидеров приходится 91% запасов угля. Также значительные запасы угля сосредоточены в странах: Сербия, Турция, Колумбия, Польша.

Анализ статистики показывает, во-первых, что на США, Китай и Россию приходится более 1/2 всех мировых разведанных запасов угля, и, во-вторых, что в составе первой десятки стран по запасам угля экономически развитые страны значительно преобладают над развивающимися.

Нефть – примерно 600 нефтегазоносных бассейнов. Мировые разведанные запасы нефти составляют около 190 млрд т.

Распределение разведанных запасов нефти по крупным регионам мира: Зарубежная Азия – 60% от мировых запасов, СНГ – более 13%, Латинская Америка – 10%, Африка – около 9%, Северная Америка – более 6%, Зарубежная Европа – менее 1%, Австралия и Океания – менее 1%.

Нефтегазоносные бассейны, расположенные в провинции бассейна Персидского залива, в которую входит акватория этого залива и прилегающие части Аравийского полуострова и Иранского нагорья. концентрирует более 50% мировых запасов. Нефтяные месторождения (всего их 50 тыс.) известны в 102 странах.

Страны лидеры по запасам нефти: Саудовская Аравия – 19%, Иран – более 11%, Россия – около 11%, Ирак – 10%, Венесуэла, Кувейт, ОАЭ, Ливия, США, Нигерия. Также значительные запасы нефти сосредоточены в странах: Казахстан, Канада, Китай, Катар.

Природный газ. Разведанные (доказанные) запасы природного газа более 180 трлн м³.

Распределение разведанных запасов газа по крупным регионам мира: Зарубежная Азия – 45%, СНГ – около 35%, Африка – более 7%, Северная

Америка – около 7%, Латинская Америка – около 4%, Зарубежная Европа – 2%, Австралия и Океании – около 1%.

Страны лидеры по запасам газа: Россия – около 27%, Иран – 18%, Катар – 7%, Туркмения – 5,5%, США – 5%, Саудовская Аравия, ОАЭ, Венесуэла, Нигерия, Алжир. Также богат газом Ирак.

Уран – разведанные (подтвержденные) запасы – 3,3 млн т. 600 месторождений на территориях 44 стран мира.

Первое место в мире по разведанным запасам урана занимает Австралия. Далее следует Казахстан. Третье место принадлежит Канаде. На долю этих трех государств приходится 50% мировых запасов урана. Кроме них, в первую десятку стран по разведанным запасам урана входят также (в порядке убывания) ЮАР, Бразилия, Намибия, Россия, Узбекистан, США и Нигер.

Металлические (рудные) ресурсы

Наиболее широко представлены в земной коре руды железа и алюминия. Разведанные запасы **железных руд** – 150 млрд т. Хотя эти запасы известны почти в 100 странах. Значительными запасами железных руд обладают Россия (33,2 млрд т), Бразилия (21,0), Австралия (18,0), Украина, Китай, США, Индия, Казахстан, Швеция, Куба, а также Канада, Франция, Венесуэла, Великобритания. При этом среднее содержание железа в руде в Бразилии, Австралии, Индии – около 60 %, в России – 36%.

Бокситы (алюминиевая руда) – разведанные запасы – 20-30 млрд т. Наибольшими запасами бокситов обладают страны: Гвинея, Австралия, Бразилия, Ямайка, Индия, Китай, Гайана, Суринам.

Мировые разведанные запасы **хромовых** (ЮАР, Зимбабве, Индия, Турция, Филиппины, Иран, Канада, Бразилия) и **марганцевых руд** (ЮАР, Австралия, Габон, Бразилия, Индия, Казахстан, Китай) составляют 5-6 млрд т, **меди** (Чили, США, ДР Конго, Замбия, Перу, Австралия, Казахстан, Китай), цинка, свинца – от 100 млн до 600 млн, а **олова** (Малайзия, Бразилия, Индонезия, Китай, Боливия, Россия), вольфрама, молибдена, кобальта – от 1 млн до 10 млн т.

Среди **нерудных полезных ископаемых** большими размерами запасов выделяются поваренная и калийная соли, фосфориты, сера.

По запасам фосфоритов выделяются Марокко, США, Тунис, Перу, Австралия, Западная Сахара, Египет, ЮАР, Бразилия.

По запасам различных видов минеральных ресурсов в число мировых лидеров входят страны: Россия, США, Австралия, Бразилия, Китай, Индия, ЮАР, Канада, Мексика.

Странам Запада принадлежит первое место по разведанным запасам золота, марганцевых и хромовых руд, а также урана, свинца и цинка. Доля развивающихся стран особенно велика в запасах нефти (более 80%), бокситов (77%), олова и алмазов (60-65%), а также меди (53%). Страны с переходной экономикой выделяются большими запасами природного газа и железной руды (50%). Примерно в равной пропорции все три группы стран обладают запасами никеля, молибдена, серебра.

Из стран СНГ наиболее богаты минеральным топливом и сырьем Россия, Казахстан и Украина.

Вопросы для самоконтроля

1. На какие группы подразделяются минеральные ресурсы?
2. Какие страны мира выделяются по запасам угля?
3. Какие регионы мира выделяются по запасам углеводородов?
4. Какие страны мира выделяются по запасам нефти?
5. Назовите страны-лидеры по запасам природного газа.
6. Какие страны мира выделяются по запасам железных руд?
7. Какие страны мира выделяются по запасам руд цветных металлов?
8. Какие страны в наибольшей степени обеспечены минеральными ресурсами?

Тема 1.3 Численность и воспроизводство населения

1. Понятие о воспроизводстве населения
2. Режим воспроизводства населения
3. Демографическая политика
4. Численность населения мира

Понятие о воспроизводстве населения

Воспроизводство (естественное движение) населения – его постоянное обновление в результате процессов рождаемости и смертности, которые характеризуют *естественное движение* населения (прирост или убыль).

Общий коэффициент рождаемости, численность живорожденных детей из расчета на 1000 человек населения; исчисляются в промилле (‰).

Промилле – единица измерения относительного показателя коэффициентов рождаемости, смертности и естественного прироста населения. Означает один к одной тысяче, или 0,1 ‰, обозначается знаком ‰.

Факторы, влияющие на рождаемость:

- *природно-биологические факторы*
- *демографические факторы (половая структура, возрастная структура населения).*
- *социально-экономические, культурные и психологические факторы (общий уровень благосостояния, уровень образованности, уровень урбанизации, брачность, разводимость и семейное положение, возраст вступления в брак).*

Общий коэффициент смертности – количество смертей на 1000 человек населения, исчисляемое в промилле.

Смертность, как и рождаемость, в основе своей – явление биологическое, однако она испытывает на себе воздействие ряда отнюдь не биологических факторов. Поэтому факторы смертности, влияющие на ее коэффициент, также обычно подразделяют на природно-климатические, генетические, социально-экономические, культурные, политические и др. Нередко их подразделяют на *эндогенные*, обусловленные в первую очередь старением человеческого организма, и *экзогенные*, связанные с внешним воздействием окружающей среды.

Общий коэффициент естественного прироста населения представляет собой разность коэффициентов рождаемости и смертности, и его также выражают в промилле.

Режим воспроизводства населения:

$P > C \Rightarrow EP \uparrow$ - расширенное воспроизводство

$P = C \Rightarrow EP \downarrow$ - простое воспроизводство

$P < C \Rightarrow EP \downarrow$ - суженное воспроизводство населения.

Обычно в мире выделяют два типа воспроизводства населения: расширенное (с высоким естественным приростом населения и устойчивым значительным ростом численности населения) и простое (с низким естественным приростом населения и стабильной численностью населения). Граница между ними проходит по величине естественного прироста населения, равной 12‰.

В расширенном воспроизводстве населения выделяют две фазы:

- первая фаза характеризуется очень высокой рождаемостью (40 – 50‰), высокой смертностью (20 – 25‰) и очень высоким естественным приростом населения (25 – 35‰). Такая ситуация, как правило, наблюдается в беднейших странах мира (страны Тропической Африки и Афганистан в Азии);

- вторая фаза характеризуется высокой рождаемостью (30 – 40‰), очень низкой смертностью (5 – 10‰) и высоким естественным приростом населения (20 – 30‰). Это подавляющая часть развивающихся стран Азии, страны Северной Африки, Латинской Америки и Океании. Низкая смертность обусловлена здесь сравнительно хорошим питанием, значительными успехами в развитии медицинского обслуживания и т. п.

Простое воспроизводство населения характеризуется низкой рождаемостью (10 -20‰), относительно высокой смертностью (10 -15‰) и низким естественным приростом населения (5 -10‰). Это все развитые страны и большая часть постсоциалистических стран.

Самая высокая в мире рождаемость наблюдается в Нигере (53‰), Восточном Тиморе и Уганде (по 51 ‰), Гвинее-Бисау, ДРК и Либерии (по 50‰), самая высокая смертность – в Ботсване (27‰), Лесото (25‰), Зимбабве и Сьерра-Леоне (по 23 ‰), самый высокий естественный прирост населения – в Восточном Тиморе и Уганде (по 36‰), Нигере (33‰), Йемене и Мали (по 32‰). Самая низкая в мире рождаемость наблюдается в Германии, Греции и Японии (по 8‰), самая низкая смертность – в финансово избыточных странах – экспортерах нефти и природного газа (из-за значительной доли детей и трудовых мигрантов): ОАЭ (1‰), Кувейте (2‰), Бахрейне, Брунее, Катаре и Омане (по 3‰).

Численность населения Индии ежегодно увеличивается на 18,2 млн человек, Китая – на 8 млн, Пакистана – на 3,1 млн, Нигерии – на 3,0 млн, Индонезии – на 2,9 млн человек.

Основная часть населения мира (82%) проживает в развивающихся странах. Эти же страны обеспечивают 97% его ежегодного прироста (80,9 млн человек, в том числе Зарубежная Азия – 52 млн, Африка – 20,3 млн, Латинская Америка – 8,6 млн человек). В настоящее время происходит общий спад:

относительные темпы прироста населения составляют 12,5%, абсолютные – 83,4 млн чел./год.

Доля в мировом населении стран СНГ, зарубежной Европы и Северной Америки имеет тенденцию к неуклонному сокращению. Доля стран Латинской Америки, Австралии и Океании остается стабильной или более или менее стабильной. Доля зарубежной Азии и в особенности Африки продолжает увеличиваться.

Демографическая политика

Особенности воспроизводства населения в тех или иных странах нередко вынуждают правительства этих стран проводить ту или иную демографическую политику. *Демографическая политика* – система административных, экономических, пропагандистских и прочих мер, с помощью которых государство воздействует на естественное движение населения в желательном для себя направлении. В настоящее время ее проводят свыше 100 стран.

Демографическая политика бывает стимулирующей (направлена на увеличение рождаемости) и сдерживающей (направлена на уменьшение рождаемости и младенческой смертности).

В развивающихся странах, основная цель демографической политики заключается в снижении коэффициентов рождаемости и естественного прироста населения. В большинстве экономически развитых стран, осуществляют демографическую политику, преследующую цель повышения коэффициентов рождаемости и естественного прироста.

За последние 50 лет естественный прирост населения в Китае удалось снизить с 28 до 6%, а в Индии – с 36 до 16 %.

Численность населения мира

В настоящее время численность населения мира составляет около 7,5 млрд человек. При этом в Зарубежной Азии проживает около 60% населения Земли. Особенно велика численность населения Китая и Индии – в совокупности около 40% населения Земли.

Страны мира, численность населения которых в 2018 г. превысила 100 млн человек: Китай – 1400 млн чел., Индия – 1346 млн, США – более 325 млн, Индонезия – более 266 млн, Бразилия – около 210 млн, Пакистан – 210 млн, Нигерия – более 196 млн, Бангладеш – 170 млн, Россия – 146 млн, Япония – 126 млн, Мексика – 124 млн, Филиппины – более 105 млн, Эфиопия – более 104 млн.

Вопросы для самоконтроля

1. Что характерно для расширенного (в том числе для первой и второй фаз) и простого воспроизводства населения?
2. Каковы отличия демографической политики, проводимой в европейских странах, финансово избыточных странах – экспортерах нефти и природного газа, Китае и Индии?
3. Какие страны преодолели рубеж в 100 млн человек?

Тема 1.4 Этнический и религиозный состав населения мира

1. Этнический состав населения стран мира
2. Национальный состав населения стран мира
3. Языки мира
4. Религиозный состав населения мира
5. География религий мира

Этнический состав населения стран мира

Этносом называется сложившаяся на определенной территории устойчивая общность людей, обладающих, как правило, единым языком, некоторыми общими особенностями культуры и психики, а также общим самосознанием, т. е. сознанием своего единства, в отличие от других подобных этнических образований.

Количество этносов (народов), населяющих Землю от 4 тыс. до 5,5 тыс. По численности все народы распределяются крайне диспропорционально.

В начале 1990-х гг. 321 народ, насчитывавший более 1 млн человек каждый, составлял 96,2% всего населения земного шара. В том числе на 79 народов с численностью более 10 млн человек приходилось почти 80 % населения, на 36 народов численностью более 25 млн человек – около 65 % и на 19 народов численностью более 50 млн человек каждый – 54% населения. К концу 1990-х гг. количество самых крупных народов выросло до 21, а доля их в мировом населении приблизилась к 60%.

Нетрудно подсчитать, что общая численность 11 народов, каждый из которых насчитывает более 100 млн человек, составляет около половины человечества. А на другом полюсе находятся сотни малочисленных этносов, обитающих преимущественно в тропических лесах и в районах Севера. Многие из них насчитывают менее 1000 человек, например андаманцы в Индии, тоала в Индонезии, алакалуфы в Аргентине и Чили, юкагиры в России.

Так называемые «народы - гиганты»): китайцы – 1 270 млн человек, хиндустанцы и американцы США – по 275 млн, бенгальцы – 230 млн, бразильцы – 180 млн, русские — 140 млн, японцы – 127 млн, пенджабцы и бихарцы – по 120 млн, мексиканцы – 105 млн человек.

Суммарная численность этих народов составляет почти 2,85 млрд человек, или 42,6 % мирового населения. Немногим менее 100 млн человек численность яванцев, немцев, телугу (андхра), корейцев и вьетнамцев.

Национальный состав населения стран мира

Не менее интересен и важен также вопрос о национальном составе населения отдельных стран мира. В соответствии с его особенностями можно выделить пять типов государств: 1) однонациональные; 2) с резким преобладанием одной нации, но при наличии более или менее значительных национальных меньшинств; 3) двунациональные; 4) с более сложным национальным составом, но относительно однородным в этническом отношении; 5) многонациональные, со сложным и разнородным в этническом отношении составом.

Первый тип государств достаточно широко представлен в мире. Например, в зарубежной Европе около половины всех стран – практически

однонациональные. Это Исландия, Ирландия, Норвегия, Швеция, Дания, ФРГ, Польша, Австрия, Чехия, Словения, Италия, Португалия. В зарубежной Азии таких стран значительно меньше: Япония, Бангладеш, Саудовская Аравия, некоторые небольшие страны. Еще меньше их в Африке (Египет, Ливия, Сомали, Мадагаскар). А в Латинской Америке почти все государства однонациональные, поскольку индейцы, мулаты, метисы считаются частями единых наций.

Страны *второго типа* также встречаются довольно часто. В зарубежной Европе это Великобритания, Франция, Испания, Румыния, страны Балтии. В зарубежной Азии – Китай, Монголия, Вьетнам, Камбоджа, Таиланд, Мьянма, Шри-Ланка, Ирак, Сирия, Турция. В Африке – Алжир, Марокко, Мавритания, Зимбабве, Ботсвана. В Северной Америке – США, в Океании – Австралийский Союз и Новая Зеландия.

Третий тип стран встречается значительно реже. Примерами его могут служить Бельгия, Канада.

Страны *четвертого типа*, с довольно сложным, хотя этнически однородным составом чаще всего встречаются в Азии, Центральной, Восточной и Южной Африке. Есть они и в Латинской Америке.

Наиболее характерные страны *пятого типа* – Индия и Россия. К этому типу можно отнести также Индонезию, Филиппины, многие страны Западной и Южной Африки.

В последнее время в странах с более сложным национальным составом заметно обострились межэтнические противоречия. Постоянные противоречия на национальной почве, доходящие до воинствующего сепаратизма, особенно характерны для Индии, Шри-Ланки, Индонезии, Эфиопии, Нигерии, ДР Конго, Судана, Сомали, да и многих других стран.

Этнический состав населения отдельных стран не остается неизменным. С течением времени он постепенно изменяется, в первую очередь под воздействием этнических процессов, которые подразделяются на процессы этнического разделения и этнического объединения.

Россия – одно из самых многонациональных государств мира. Ее населяют более 190 народов и народностей. Согласно переписи 2010 г. русские составляют более 80% всего населения. На втором месте по численности стоят татары (более 5 млн человек), на третьем – украинцы (свыше 4 млн), на четвертом – чувашаи. Доля каждой из остальных наций в населении страны не превышала 1%.

Языки мира

Общее число языков в мире достигает примерно 5000, т. е. в целом соответствует числу народов.

По числу говорящих первое место занимает китайский язык – более 1200 млн человек. Второе место принадлежит английскому языку, на котором почти в 60 странах мира говорят 520 млн человек. На третьем месте – крупнейшие языки Индии, хинди и урду (более 440 млн). На четвертом месте – испанский язык, который служит государственным для более чем 20 стран мира; численность говорящих на нем приближается к 400 млн. На пятом месте

– русский язык, на котором говорят более 250 млн человек. На шестом месте оказывается арабский язык, родной и государственный в 25 странах мира (около 250 млн человек). Далее следуют бенгальский (более 225 млн человек), португальский (210 млн), японский (125 млн), немецкий, французский и пенджабский (примерно по 120 млн человек) языки. В целом на этих 13 языках говорят более 3/5 населения мира.

Всего языковых семей около 20. Наиболее крупная из них – *индоевропейская семья*, на языках которой говорят примерно 45 % всего населения мира. Ареал охватывает Европу, Юго-Западную и Южную Азию, Северную и Южную Америку, Австралию. Наиболее многочисленная группа в составе этой семьи – индоарийская, к которой относятся языки хинди, урду, бенгальский, пенджабский и др. Очень крупной является также романская группа, включающая испанский, итальянский, французский и некоторые другие языки. То же можно сказать о германской группе (английский, немецкий и ряд других языков), славянской группе (русский, украинский, белорусский, польский, чешский, болгарский и др.), иранской группе (персидский, таджикский, белуджский и др.).

Вторая по численности говорящих – *китайско-тибетская* (сино-тибетская) *семья*, языками которой пользуются 22 % всех жителей планеты.

К числу крупных относятся также нигеро-кордофанская семья (распространена в Африке, к югу от Сахары), афразийская семья (в основном на Ближнем и Среднем Востоке), австронезийская семья (в основном в Юго-Восточной Азии и Океании), дравидийская семья (в Южной Азии), алтайская семья (в Азии и Европе).

Религиозный состав населения мира

Все религии подразделяются на три группы: 1) *мировых религий*; 2) *национальных и региональных религий*; 3) *родоплеменных религий, или культов*.

К категории мировых религий принято относить всего три религии: христианство, мусульманство (ислам) и буддизм.

В христианстве выделяются три главных направления – *православие, католицизм и протестантизм*.

Два основных течения ислама – *суннизм* и *шиизм* (16 % мусульман).

В буддизме сложились два главных направления – *тхеравада*, или *хинаяна* («малая колесница»), и *махаяна* («большая колесница»). Сложилось в буддизме и третье, тибето-монгольское, направление – *ламаизм*.

Национальных и региональных религий, которые, как показывают сами эти термины, имеют либо национально-страновое, либо регионально-межстрановое распространение, насчитывается примерно десять. Но среди них либо по общему значению, либо по численности верующих выделяются четыре религии – *индуизм, конфуцианство, синтоизм* и *иудаизм*.

Индуизм в Индии.

Конфуцианство в Китае.

Синтоизм – национальная религия Японии.

Иудаизм – религия евреев.

К национальным и региональным религиям обычно относят также джайнизм и сикхизм (Индия), даосизм (Китай), зороастризм (Индия, Пакистан, Иран) и некоторые другие.

Родоплеменные религии (культы) можно считать реликтами первоначально возникших на Земле верований, отражавших примитивные представления людей тех эпох о своей жизни и окружающей их природе. Теперь они сохраняются только у самых отсталых народов.

География религий мира

Наиболее широкое распространение в мире получило христианство.

Католицизм во многих странах Европы. В Азии – на Филиппинах. В Африке – в бывших испанских и португальских колониях. В Австралии католики составляют примерно 1/3 верующих. В Латинской Америке католики преобладают почти во всех странах. Католики довольно широко представлены и в Северной Америке.

Протестантизм во многих странах Северной, Центральной и Центрально-Восточной Европы, в некоторых странах Южной и Западной Африки, бывших раньше английскими и голландскими колониями. Они широко представлены в Австралии и Океании, составляют половину всех верующих в США и 1/3 в Канаде.

Православие в странах СНГ (в России, на Украине, в Белоруссии, Молдавии, Грузии), а также в странах Юго-Восточной Европы (в Греции, Румынии, Болгарии, Сербия и др.). В Эфиопии, преобладают близкие к православию христиане-монофизиты.

Главные районы **ислама** – Юго-Западная (во всех странах, за исключением Кипра и Израиля) и Центральная Азия (Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Киргизия, Казахстан), Северная Африка (во всех без исключения странах), Юго-Восточная Азия (Индонезия), Южная Азия (Пакистан и Бангладеш). В зарубежной Европе мусульман больше всего в Албании, Боснии и Герцеговине. Насчитывается более 50 исламских государств, в 28 из которых ислам считается государственной религией. Самые большие по населению исламские государства – Индонезия, Пакистан, Бангладеш, Нигерия, Иран, Турция, Египет, а по площади – Казахстан, Судан, Алжир, Саудовская Аравия, Индонезия, Ливия. Почти во всех мусульманских странах, за исключением Ирана, Азербайджана, отчасти Ирака и Йемена, преобладает ислам суннитского толка.

Буддизм – некоторые районы Центрально-Восточной и Юго-Восточной Азии. Но при этом в Юго-Восточной Азии преобладают последователи тхеравады и махаяны, а в Центрально-Восточной – ламаизма. Значительно влияние буддизма также в Японии, Китае, Республике Корея.

Так, 99% адептов индуизма приходится на Азию, преимущественно на Индию и Непал. Конфуцианство сохранило влияние на своей родине – в Китае, а синтоизм – чисто японская религия. Совершенно особую географию имеет иудаизм, «распыленный» по множеству стран. Однако основная масса приверженцев этой религии концентрируется в США и Израиле. Немало

иудаистов также в зарубежной Европе, тогда как в остальных странах они обычно образуют сравнительно небольшие группы.

В качестве некоторого обобщения можно привести следующие данные о структуре верующего населения крупных регионов мира. В Америке христиане составляют 96% верующих, в Европе и в Австралии с Океанией – 85–88 %. В Азии по 22–23 % верующих исповедуют ислам и индуизм, 12% – конфуцианство и синтоизм и 10% – буддизм. В Африке 46% верующих – христиане, 40% – мусульмане, а остальные придерживаются традиционных верований.

В России, согласно опросам, верующие составляют примерно половину населения. Преобладающее большинство из них исповедует христианскую религию в ее православной форме. На втором месте по числу верующих стоят мусульмане-сунниты. Среди других религий можно назвать иудаизм и буддизм (ламаизм). Многие малые народы Севера придерживаются традиционных культов.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите крупнейшие народы мира.
2. В каких регионах мира преобладают однонациональные страны?
3. Какие страны считаются многонациональными?
4. Какие языки территориально наиболее широко распространены в мире?
5. Какие религии и почему принято считать «мировыми», а какие – «национальными»?
6. В каких регионах и странах распространены христианство, ислам и буддизм?

Тема 1.5 Сельское хозяйство и горнодобывающая промышленность мира

1. Сельское хозяйство
 - а. Растениеводство
 - б. Животноводство
2. Горнодобывающая промышленность

Сельское хозяйство

Сельское хозяйство занимает важное место во всех без исключения странах. В первую очередь это касается большой группы развивающихся стран, где оно является основой экономики. Довольно существенна его роль в странах с многочисленным населением (Китай, Индия, Индонезия, Пакистан и др.), поскольку сельское хозяйство гарантирует продовольственную, а значит, и стратегическую безопасность. В составе сельского хозяйства выделяются две крупные отрасли – растениеводство и животноводство.

В составе **растениеводства** выделяются отдельные группы сельскохозяйственных культур: зерновые, технические, прочие продовольственные (овощи и плоды) и кормовые.

Ведущей группой сельскохозяйственных культур являются *зерновые*. Сбор зерновых – 2,8 млрд т, при этом на Зарубежную Азию приходится около 40% мирового сбора. Важнейшие зерновые культуры пшеница, рис и кукуруза.

Пшеницу выращивают в умеренном и субтропическом климатических поясах, причем как в Северном, так и Южном полушариях. Поскольку в Северном полушарии умеренный и субтропический пояса занимают намного большую площадь, чем в Южном, именно здесь собирают подавляющую часть урожая. На Зарубежную Азию приходится более 40% сбора пшеницы, на Европу – 22%. Страны лидеры: Китай – 17%; Индия – около 12%; Россия – более 8%; США; Франция; Канада.

Рис выращивают почти исключительно в азиатских странах с муссонным климатом. На Зарубежную Азию приходится 90% сбора риса. Страны лидеры: Китай – 27,7%; Индия – около 21%; Индонезия; Бангладеш; Вьетнам; Таиланд.

Кукурузу выращивают примерно в тех же условиях, что и пшеницу. Наибольшие урожаи кукурузы традиционно собирают в Северной Америке – до 40%, странах Латинской Америки (особенно в Бразилии, Мексике и Аргентине), некоторых европейских странах (Франция, Украина, Румыния, Венгрия и др.) и Канаде. В последние годы резко увеличила производство кукурузы Зарубежная Азия – около 30% (Китай, Индия и Индонезия). Страны лидеры: США – около 34%; Китай – около 21%; Бразилия; Канада; Мексика; Аргентина.

Ячмень – более 40% сбора приходится на Европу, более 20% на СНГ. Наибольшие урожаи ячменя собирают страны умеренного и субтропического климатических поясов Северного полушария (Россия, Канада, Германия, Украина и Франция). Ячмень – культура в первую очередь кормовая, а не продовольственная. Кроме того, в ряде стран (например, в Германии, Чехии, Нидерландах, Бельгии, Дании и др.) он служит сырьем для производства пива. Страны лидеры: Россия – 14%; Франция; Германия; Украина; Канада; Испания.

Для различных регионов и стран мира характерна та или иная структура производства зерновых культур по видам. Пшеница преобладает в большей части европейских стран, в странах Юго-Западной Азии, Пакистане, Монголии, странах Северной Африки, Канаде и Австралии, рис – в остальных странах Азии (в том числе в Китае и Индии), кукуруза – в США, подавляющей части стран Восточной Африки и Латинской Америки.

Важное место в современном мировом сельском хозяйстве занимает производство *технических культур*. Техническими принято называть культуры, которые требуют дальнейшей глубокой промышленной переработки. К ним традиционно относятся масличные, сахароносные, тонирующие, волокнистые и каучуконосные культуры.

Среди *масличных культур* ведущие позиции занимают соя (почти 1/2 их валового сбора), рапс, хлопчатник, арахис (каждый примерно по 1/10), масличная пальма и подсолнечник.

Главный район производства *сои (бобов)* – страны со значительным количеством атмосферных осадков в летний период. Сбор сои – Латинская Америка более 50%; Северная Америка 25%. Страны лидеры: США, Бразилия, Аргентина, Китай, Россия.

Арахис. Сбор арахиса – около 60% сбора приходится на Зарубежную Азию, около 30% - Африка. Страны лидеры – Индия, Китай, США, Бразилия, Нигерия.

Рапс. Крупнейшие мировые производители рапса – Зарубежная Европа и Зарубежная Азия – по 34%; Страны лидеры: Канада, Китай, Индия, Польша, Германия, Франция.

Подсолнечник – СНГ около 50% мирового сбора; Зарубежная Европа – 24%. Страны лидеры – Россия, Украина, Китай, Турция, Аргентина, США.

Крупнейшие мировые производители *плодов масличной пальмы* – страны Юго-Восточной Азии, Гвинейского залива и Океании, *оливок* – страны Средиземноморья (Испания, Италия, Греция, Турция, и др.), *льна-кудряша* – Индия, Пакистан и Аргентина.

Наибольшее распространение среди всех *сахароносных культур* получили только две – сахарный тростник и сахарная свекла. Южные (тропические) страны производят тростниковый сахар, северные, расположенные в умеренном и субтропическом климатических поясах – свекловичный.

Сахарный тростник – Латинская Америка – 52% мирового сбора; Зарубежная Азия – 42%. Страны лидеры: Бразилия – около 40%, Индия, Китай, Куба, Мексика, США, Пакистан.

Сахарная свёкла – Зарубежная Европа – 50% сбора; СНГ – более 20%. Страны лидеры: Франция, Россия, Германия, Украина, США, Польша, Китай.

Важнейшие *тонирующие культуры* – кофе, какао, чай и табак. Для каждой из них характерен переход с исторической «родины» на новое место. Так, «родиной» *кофе* является Африка (например, в Эфиопии до 70 % урожая кофе собирают с дикорастущих кустарников), а крупнейшим современным районом его производства – Латинская Америка. Сбор кофе – Латинская Америка 53%; Зарубежная Азия – более 30%; Африка – 11%. Страны лидеры: Бразилия – 33%, Вьетнам – 16%, Индонезия, Колумбия, Индия, Гондурас, Эфиопия.

«Родиной» *какао*, наоборот, является Латинская Америка (шоколадный напиток употребляло еще древнее племя майя), а его современными крупнейшими производителями – страны Африки более 65% мирового сбора (Кот-д'Ивуар более 30%, Гана – 18%, Нигерия и Камерун). В последние годы заметно усилили свои позиции некоторые азиатские страны – 18% (прежде всего Индонезия). Долгое время крупным производителем какао была Бразилия.

Зарубежная Азия специализируется на выращивании *чая* – 84% мирового сбора. Страны лидеры: Китай – 36%, Индия – 22%, Кения – 9%, Шри-Ланка, Индонезия, Турция и др. (8 из 10 мировых лидера – азиатские страны).

Хотя «родина» *табака* – Латинская Америка, впоследствии эта сельскохозяйственная культура очень широко распространилась по всему миру. Около 60% сбора приходится на Зарубежную Азию. Традиционно крупнейшим производителем табака является Китай. Значительно отстают от него Бразилия, Индия и США. Большие урожаи табака собирают средиземноморские страны (Турция, Греция и Италия) и некоторые страны Африки (особенно Зимбабве и Малави).

К тонизирующим могут быть отнесены и широко используемые в медицине наркотические культуры. Их крупнейшими производителями являются азиатские страны – Афганистан, Пакистан и Иран (страны так называемого «Золотого Полумесяца»), Мьянма, Таиланд и Лаос (страны «Золотого Треугольника»), а также некоторые латиноамериканские (прежде всего Колумбия, Венесуэла и Боливия). Азиатские страны специализируются на поставках героина, а латиноамериканские – кокаина.

Одна из важнейших групп технических культур – *волокнистые*. К ним относятся хлопчатник, лен-долгунец, конопля, абака, джут и сизаль.

Крупнейшими мировыми производителями *хлопка* выступают азиатские страны Китай, Индия, Пакистан, Узбекистан, Турция. Около 60% сбора хлопка приходится на Зарубежную Азию.

Лен-долгунец длительное время был почти исключительно европейской культурой, однако в последнее время на первое место по производству льноволокна вышел Китай.

Большое значение имеет производство таких продовольственных культур, как *картофель, овощи и плоды (фруктов)*.

Картофель. Зарубежная Азия – 47% мирового сбора. Страны лидеры – Китай – 25% мирового сбора, Индия – 12%, Россия – 8%, Украина, США, Германия. Больше всего картофеля на душу населения производится в Белоруссии, Литве и Нидерландах.

Овощи и бахчевые культуры. Более 70% сбора приходится на Зарубежную Азию. Страны лидеры: Китай – более 50%, Индия, США, Турция, Иран, Египет, Россия.

Мировое лидерство по производству *плодов (фруктов)* прочно удерживают крупные страны с благоприятными природно-климатическими условиями — Китай – 22% сбора, Индия, Бразилия и США. Более 50% сбора приходится на Зарубежную Азию.

Больше всего плодов на душу населения производится в средиземноморских странах. По сбору *цитрусовых* лидирует Зарубежная Азия – 45% мирового сбора. Страны лидеры: Китай – 24%, Бразилия, США, Испания, Италия, Мексика.

Наибольшие урожаи *бананов* собирают в латиноамериканских (особенно в Бразилии, Эквадоре, Коста-Рике, Мексике и Колумбии) и азиатских (особенно в Индии, Китае, на Филиппинах, в Индонезии и Таиланде) странах. Сбор бананов – 50% приходится на Зарубежную Азию. Мировые лидеры: Индия – 26%, Китай, Филиппины, Бразилия, Эквадор,

Колумбия. В роли крупнейших мировых экспортеров бананов традиционно выступают Эквадор, Коста-Рика и Колумбия.

Более 60% валового сбора *яблок* проходится на Зарубежную Азию; 15% - на Зарубежную Европу. Страны лидеры: Китай – более 50% мирового сбора, США, Турция, Польша.

По валовому сбору *винограда* выделяются Зарубежная Европа – 35%; Зарубежная Азия – более 30%. Страны лидеры: Китай – 15% мирового сбора, Италия, США, Испания, Франция.

По валовому сбору *апельсинов* выделяется – Бразилия и США, *лимонов* – Мексика, Индия и Аргентина, *мандаринов* – страны Средиземноморья и Япония, *манго* – Индия, *авокадо* – Мексика.

В составе животноводства выделяются четыре главные отрасли (скотоводство, свиноводство, овцеводство (часто с козоводством) и птицеводство) и прочие (коневодство, верблюдоводство, оленеводство, шелководство и др.).

Для *скотоводства* характерно наиболее многочисленное поголовье. Среди регионов мира наибольшим поголовьем крупного рогатого скота обладают Зарубежная Азия, Латинская Америка и Африка.

По поголовью *свиней* мировое лидерство прочно удерживает Китай (1/2 поголовья). Традиционно велика доля США, европейских стран (Германия, Польша, Испания, Франция, Нидерланды и др.), Бразилии и Мексики. Распределение поголовья *овец и коз* по отдельным регионам мира в целом напоминает распределение поголовья крупного рогатого скота. Наиболее многочисленным поголовьем овец обладают Китай, Австралия, Индия, Новая Зеландия, Судан, некоторые другие азиатские и африканские страны, коз – Индия, Пакистан, Иран и африканские страны.

Наиболее многочисленным поголовьем *домашней птицы* обладают Китай, США, Индия, Бразилия и Индонезия, лошадей – Китай, Мексика и Бразилия, верблюдов – страны Юго-Западной Азии, Северной и Восточной Африки, северных оленей – Россия, Канада, США (штат Аляска) и Скандинавские страны.

Наибольшие объемы производства *мяса* традиционно характерны для развитых стран. Однако в последние годы их значительно потеснили такие крупные развивающиеся страны, как Китай, Бразилия, Индия и Мексика. Доля говядины наиболее велика в странах Латинской Америки (особенно в Уругвае и Аргентине), Австралии, некоторых странах Азии и Африки, свинины – в странах Европы, Восточной и Юго-Восточной Азии, баранины – в странах Юго-Западной Азии, Северной Африки и Новой Зеландии, мяса птицы – во многих развивающихся странах, Великобритании и США.

Мировые лидеры по производству *молока* – развитые страны и некоторые крупные развивающиеся (Индия, Китай и Бразилия).

Горнодобывающая промышленность

Горнодобывающая промышленность осуществляет добычу различных видов полезных ископаемых: минерального топлива, руд черных и цветных

металлов, горно-химического сырья, технических руд, строительных материалов, драгоценных и полудрагоценных камней. Ее доля (по стоимости) в структуре производства мировой промышленной продукции, несмотря на устойчивый рост объемов добычи большинства видов минерального сырья, как правило, не превышает 1/10.

Около 2/3 всего минерального сырья мира добывается в развитых странах, 1/3 – в развивающихся. В последнее время из-за увеличения объемов добычи полезных ископаемых в Канаде, Австралии и ЮАР наблюдается тенденция незначительного роста доли развитых стран. Развитые страны опережают развивающиеся по объемам добычи природного газа, бурого угля, никелевых, молибденовых, урановых руд, платины, серы, апатитов, поваренной и калийных солей. Развивающиеся страны опережают развитые по объемам добычи нефти, каменного угля, руд черных и остальных цветных металлов (в том числе серебра и золота), фосфоритов и алмазов.

Добыча угля составляет более 8 млрд т. Более 60% добычи угля приходится на Зарубежную Азию, Северная Америка – 12%, Зарубежная Европа – 7%, СНГ – 6,5%. Одни страны начали сокращать объемы добычи угля (Германия, Великобритания, Франция, Бельгия и Япония), другие наращивать в целях дальнейшего экспорта (США, Австралия, Польша, Индонезия и Колумбия). Бурный рост переживает добыча угля в Китае и Индии. Традиционно крупномасштабную добычу угля имеет ЮАР.

Страны лидеры по добычи угля: Китай – 47%, США – 11%, Индия – 8%, Австралия – 6%, Индонезия – более 5,5 %, Россия – более 4%, ЮАР, Германия, Польша, Казахстан, Колумбия, Турция, Канада, Украина, Греция.

Из общего количества добываемого угля каменный уголь преобладает в Великобритании, ЮАР, Индонезии и Колумбии (по 100 %), Китае (97 %), США и Индии (по 93 %), Австралии (82 %), России (75 %), Польше (61 %) и некоторых других странах. В Германии, странах Восточной Европы (Чехии, Румынии, Болгарии и Сербии), Греции и Турции, наоборот, преобладает бурый уголь.

Добыча нефти составляет более 4 млрд т. *Распределение добычи нефти по крупным регионам мира:* Зарубежная Азия – 42% (в том числе Ближний Восток более 30%), СНГ – 16%, Северная Америка – около 15,5%, Латинская Америка – около 13%, Африка – 9,5%, Зарубежная Европа – 4%.

Наибольшее количество нефти добывают страны: Саудовская Аравия – 13%, Россия – 12,7%, США, Китай, Канада, Иран, ОАЭ, Ирак, Кувейт, Венесуэла, Мексика, Бразилия, Нигерия, Норвегия, Катар, Ангола, Казахстан, Алжир, Колумбия, Оман. Страны нефтяного картеля (ОПЕК) добывают более 40% нефти.

Добыча природного газа составляет более 3,5 млрд м³. *Распределение добычи газа по крупным регионам мира:* Зарубежная Азия – 30%, Северная Америка – 26%, СНГ – 23%, Зарубежная Европа – около 7%, Латинская Америка – около 6,5%, Африка – около 6%.

Наибольшее количество газа добывают страны: США – более 21%, Россия – 18%, Катар, Иран, Канада, Китай, Норвегия, Саудовская Аравия,

Алжир, Индонезия, Туркмения, Малайзия, Мексика, ОАЭ, Узбекистан, Нидерланды, Австралия, Египет, Таиланд, Тринидад и Тобаго.

Добыча урана составляет более 55 тыс. т. Распределение добычи урана по крупным регионам мира: СНГ – более 52%, Северная Америка – около 20%, Африка – около 15%, Австралия и Океания – около 9%, Зарубежная Азия – более 3%, Зарубежная Европа и Латинская Америка – менее 1%, *Страны лидеры*: Казахстан – более 40%, Канада – 16%, Австралия – около 9%, Нигер – 7%, Намибия, Россия (около 5%), Узбекистан, США, Китай.

Добыча железной руды в мире составляет более 2 млрд т. *Страны лидеры по добычи железной руды*: Австралия – 37%, Бразилия, Китай, Индия, Россия, ЮАР, Украина, США, Канада, Швеция.

В настоящее время наиболее популярными легирующими металлами являются молибден, вольфрам, марганец, хром, никель и титан. Около 1/2 молибденовых руд добывается в США, почти 2/5 вольфрамовых руд — в Китае. Мировая добыча марганцевых руд составляет 20 млн т, наибольшее их количество добывают Китай, ЮАР, Габон, Бразилия и Австралия. Мировая добыча хромитов составляет 11 млн т, больше всего их добывается в ЮАР, Казахстане, Турции, Индии и Зимбабве. Примерно 4/5 мировой добычи бериллиевых и ниобиевых руд обеспечивает Бразилия.

Добыча бокситов (алюминиевая руда) составляет около 250 млн т. *Страны лидеры*: Австралия, Китай, Бразилия, Гвинея, Индия, Ямайка, Россия, Казахстан, Малайзия, Суринам.

Добыча меди. Около 44% приходится на Латинскую Америку. *Страны лидеры*: Чили, Китай, Перу, США, Австралия, ДР Конго, Замбия, Россия, Канада, Мексика.

По объемам добычи **цинковых руд** лидирующие позиции занимали – Китай, Австралия, Перу, США и Канада, **свинцовых руд** – Китай, Австралия, США, Перу и Мексика, **оловянных руд** – Китай (свыше 2/5), Индонезия, Перу, Боливия и Бразилия.

Добыча горно-химического сырья. По объемам добычи серы (точнее, всех разновидностей серосодержащего сырья) ведущие позиции занимают Россия, США, Польша, Ирак и Китай, фосфоритов – США, Китай, Марокко, Тунис и Иордания, апатитов – Россия. Наибольшее количество поваренной соли добывается в США, Китае, Индии, Канаде и Австралии, калийных солей – в Канаде, России, Германии, Израиле и Иордании.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова структура современного сельского хозяйства?
2. Какие страны являются крупнейшими производителями зерна, различных групп технических культур, картофеля, овощей и плодов?
3. По объемам добычи каких видов минерального сырья развитые страны опережают развивающиеся, а развивающиеся – развитые?
4. Какие страны являются крупнейшими производителями нефти, природного газа, угля, руд черных и цветных металлов и горно-химического сырья?

Тема 1.6 Топливо-энергетический комплекс, металлургия, машиностроение мира

1. Топливо-энергетический комплекс
2. Металлургия
3. Машиностроение

ТЭК (Топливо-энергетический комплекс).

ТЭК объединяет топливную промышленность, которая осуществляет переработку минерального топлива, и электроэнергетику, которая производит энергию – электрическую (электроэнергию) и тепловую (горячую воду и пар).

Современная структура потребления топлива по видам выглядит следующим образом: на первом месте находится нефть, на втором – уголь, на третьем – природный газ.

Стремительный рывок вперед совершила так называемая альтернативная энергетика: ветровая получила наибольшее развитие в Германии, США, Испании, Дании и Индии, солнечная – в США, Испании, Израиле и Японии, геотермальная – в Исландии, Италии, США, Мексике, Эль-Сальвадоре и Новой Зеландии, приливная – во Франции, Великобритании, США и Китае, волновая – в Японии, Великобритании, Норвегии и Франции.

Среди регионов мира крупнейшие потребители топлива и энергии – это Азия (34,9%), Северная Америка (29 %) и Европа (с Россией) (27,8 %). Место других регионов мира существенно более скромное. Среди отдельных стран крупнейшими потребителями топлива и энергии являются прежде всего развитые и крупные развивающиеся страны (США – 24 %, Китай – 11,5%, Россия – 6,8%, Япония – 5,1 %, Индия – 3,8 %).

Валовая выработка электроэнергии в мире составляет около 24 трлн кВт×ч. Среди регионов мира лидирует Зарубежная Азия – около 47%, Северная Америка – около 21%, Зарубежная Европа – 15%, СНГ и Латинская Америка – около 6,5%. *Страны лидеры:* Китай – 24%, США – 18%, Индия, Россия (4,5%), Япония, Канада, Германия, Бразилия, Франция, Южная Корея.

Крупнейшими экспортерами электроэнергии являются Франция, Канада, Парагвай и Норвегия, импортерами – США, Германия, Италия и Бразилия.

Структура производства электроэнергии на различных типах электростанций в мире выглядит следующим образом: ТЭС – 63,5%, ГЭС и АЭС – по 18%, прочие типы электростанций – 0,5 %.

Больше всего электроэнергии *на ТЭС* производится в США, Китае, России, Японии и Индии. Доля электроэнергии, произведенной на ГЭС, наиболее велика в Саудовской Аравии – 100%, Австралии, Алжире, Израиле, Иране, Казахстане, ОАЭ, Польше – более 90%, ЮАР, Японии, Мексике, Индии – более 80%. Доля мазута в качестве энергоисточника на ТЭС наиболее велика в странах Персидского залива (почти 100%), Италии (60%) и Японии (30%), природного газа – в Нидерландах (65 %), России (63 %) и Ирландии (45

%), каменного угля – в ЮАР (90 %), Дании (85 %), Великобритании (65 %), США (60 %) и Испании (40 %), бурого угля – в Греции (60 %).

Больше всего электроэнергии *на ГЭС* производится в Канаде, США, Бразилии и России. Доля электроэнергии, произведенной на ГЭС, наиболее велика в Парагвае (100%) Норвегии (по 97%), Колумбии (80%), Бразилии (76%), Австрии и Венесуэле (по 67%), Канаде (61%), Швейцарии и Швеции (около 50%) и др.

Больше всего электроэнергии *на АЭС* производится в США, Франции, Японии, России и Германии. Доля электроэнергии, произведенной на АЭС, наиболее велика в Франции (76%), Бельгии (50%), Болгарии (47%), на Украине (45 %), в Венгрии (39%), Швеции (38%), Швейцарии (37%), Финляндии (32%).

Металлургия

Крупнейшими экспортерами железных руд являются Бразилия и Австралия (их суммарная доля превышает 40% мирового экспорта), крупнейшими импортерами – Япония, Китай, Южная Корея, европейские страны и США. Япония получает железные руды из Австралии, Бразилии, Индии, ЮАР и некоторых других стран, Германия – из Бразилии, Швеции и Канады, США – из Канады и Венесуэлы.

Выплавка стали. *Страны лидеры:* Китай – около 50%, Япония – около 6%, Индия, США, Россия, Южная Корея, Германия, Бразилия, Турция, Украина, Италия, Тайвань, Мексика, Иран, Франция, Испания.

В международную торговлю направляется свыше 1/3 всего производимого стального проката. Его крупнейшими экспортерами являются Германия, Япония, Россия, Бельгия, Люксембург, Южная Корея и Бразилия, крупнейшими импортерами – США и страны Юго-Восточной Азии.

Выплавка алюминия. *Страны лидеры:* Китай – 55%, Россия – 6%, Канада, Индия, ОАЭ, Австралия, США, Норвегия, Бахрейн, Исландия, Бразилия, Саудовская Аравия, ЮАР, Катар, Германия.

Больше всего алюминия потребляют развитые и крупнейшие развивающиеся страны (прежде всего Китай, Индия и Бразилия).

Выплавка меди. *Страны лидеры:* Китай, Чили, Япония, США, Россия.

Выплавка цинка и свинца традиционно ориентируется на сырье, поэтому ведущими производителями этих металлов выступают страны, добывающие наибольшее количество полиметаллических руд – Китай, Австралия, США, Перу и Мексика. Крупную свинцово-цинковую промышленность, но уже на базе импортных концентратов, создали Япония и Южная Корея.

Крупнейшими мировыми производителями *олова* являются страны Юго-Восточной (Индонезия, Вьетнам, Малайзия и Таиланд), Восточной Азии (Китай) и Латинской Америки (Перу, Боливия и Бразилия), обеспеченные значительными запасами оловянных руд.

Машиностроение

На его долю приходится почти 30 % мировой промышленной продукции (по стоимости). В настоящее время мировыми лидерами в машиностроении являются развитые страны. США, Япония и Германия производят весь известный спектр машиностроительной продукции. Международная специализация этих стран значительно уже. Например, США специализируются на производстве мощных компьютеров (серверов) и авиаракетно-космической техники, Япония – сложных бытовых электроприборов, автомобилей, морских судов, промышленного оборудования и робототехники, Германия – разнообразного промышленного оборудования, автомобилей и печатных машин. Франция, Великобритания и Италия также производят большое количество продукции машиностроения.

В настоящее время в наиболее крупных странах Латинской Америки представлены практически все известные отрасли машиностроения. В последние годы некоторые страны (в первую очередь Мексика и Бразилия, в меньшей степени Аргентина) начали наращивать производство продукции на экспорт.

На протяжении уже нескольких десятилетий такие страны, как Южная Корея, Тайвань, Малайзия, Таиланд, Филиппины и Индонезия, являются крупными производителями бытовых электроприборов и средств связи. Некоторые из этих стран успешно освоили производство легковых автомобилей и других транспортных средств.

Производство автомобилей. Страны лидеры: Китай – 26%, США, Япония, Германия, Южная Корея, Индия, Мексика, Бразилия, Испания, Канада, Россия.

Станкостроение. Страны лидеры: США, Япония, Германия, Китай, Франция.

Авиастроение. Страны лидеры: США, Франция, Германия, Россия.

Судостроение. В настоящее время на верфях Южной Кореи и Японии производится 72% мировых морских судов. Быстро наращивают производство морских судов Китай и Тайвань (вместе с ними доля Восточной Азии увеличилась до 88%). Европейские страны и особенно Великобритания, наоборот, значительно отступили. Среди европейских стран сравнительно крупное судостроение имеет только Германия.

По производству **железнодорожного подвижного состава** выделяются всего лишь несколько стран: США, Канада, Франция, Германия, Чехия, Япония и Россия.

Мировыми лидерами в производстве **тракторов и сельскохозяйственной техники** являются прежде всего развитые (США, Германия, Италия, Франция и Япония) и крупные развивающиеся страны (Индия, Китай и Бразилия).

Вопросы для самоконтроля

1. Какова современная мировая структура потребления топлива и энергии по видам?

2. Какие регионы и страны мира связывают важнейшие «нефтяные мосты»?
3. Какие страны являются крупнейшими экспортерами природного газа по газопроводным системам и в сжиженном виде?
4. Почему мировая торговля каменным углем осуществляется менее активно, чем нефтью и природным газом?
5. В каких странах и почему производство электроэнергии увеличивается наиболее быстрыми темпами, а в каких уменьшается?
6. Какие страны являются крупнейшими экспортерами продукции машиностроения?
7. В каких отраслях мирового машиностроения ведущие позиции занимают азиатские страны?

РЕГИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИРА

Тема 2.1 Экономико-географическая характеристика Зарубежной Европы

1. Политическая карта, ЭГП Зарубежной Европы
2. Природные ресурсы Зарубежной Европы
3. Население Зарубежной Европы
4. Экономика Зарубежной Европы
 - a) Сельское хозяйство
 - b) Промышленность
 - c) Сфера услуг

Политическая карта, ЭГП Зарубежной Европы

Зарубежная Европа расположена в западной части материка Евразия и по сути представляет собой его крупный «полуостров». На востоке она граничит по суше с Россией и странами СНГ, на юго-востоке – с Зарубежной Азией (Турцией), на юге отделяется Средиземным морем от Африки, на западе омывается водами Атлантического океана, а на севере – водами Северного Ледовитого океана. Побережье Зарубежной Европы сильно изрезано. Из-за этого значительная часть территории Зарубежной Европы находится на полуостровах и островах. Исторически в состав региона включают находящиеся на большом удалении от него Канарские, Азорские острова и остров Мадейра.

В состав Зарубежной Европы входят 40 независимых государства. Территориально Зарубежная Европа делится на четыре субрегиона. 12 стран являются монархиями. Только пять стран имеют федеративное устройство: Бельгия, Босния и Герцеговина, Германия, Австрия, Швейцария.

Природные ресурсы

Зарубежная Европа в силу незначительных размеров своей территории имеет сравнительно небольшой **природно-ресурсный потенциал**.

Ее минеральные ресурсы в целом можно охарактеризовать как разнообразные, но незначительные по запасам. Регион выделяется в мире по

запасам каменного и бурого угля (8% мировых запасов, лидеры по запасам Германия, Польша), руд некоторых цветных металлов (меди, хрома и ртути), калийных солей, серы и магнезита.

Зарубежная Европа обладает благоприятными агроклиматическими ресурсами. Такие условия позволяют выращивать все сельскохозяйственные культуры умеренного пояса, а в южной части – еще и субтропического. Зарубежная Европа сравнительно богата водными ресурсами, но воды региону уже давно не хватает.

Гидроэнергетические ресурсы Зарубежной Европы, как и водные, также весьма значительны. Наиболее эффективная часть гидроэнергетического потенциала региона сосредоточена в горах и на небольших, но бурных реках равнинной части Северной Европы (так называемой Фенноскандии). Зарубежная Европа богата лесными ресурсами. Наибольшую ценность представляют хвойные леса Северной Европы (Скандинавского полуострова и Финляндии).

Население Зарубежной Европы

Численность населения Зарубежной Европы составляет более 540 млн. человек (Германия – около 83, Франция – 67, Великобритания – 66, Италия – более 60, Испания – более 46, Польша – 38, Румыния – более 19).

Население Зарубежной Европы, как и в большинстве регионов мира, размещено неравномерно. В некоторых районах плотность населения составляет 500 и даже 1000 чел./км², в других не достигает и 50 чел./км². В силу суровости природно-климатических условий низкая плотность населения характерна для Северной Европы и горных районов. Сравнительно слабо заселены страны Балтии. Среди отдельных стран наиболее плотно заселены «микросоударства», а также Нидерланды (394 чел./км²), Бельгия (324), Великобритания (249), Германия (231) и Италия (195 чел./км²).

Европа – один из наиболее городских регионов мира. В среднем по региону доля городского населения составляет 75%. В настоящее время доля городского населения превышает 80% в наиболее экономически развитых странах – Бельгии, Великобритании, Дании, Германии, Швеции и Нидерландах. Менее 50 % населения проживает в городах в Боснии и Герцеговине и Албании.

Большинство стран являются однонациональными, Бельгия – двунациональная. К числу собственно многонациональных стран нужно отнести Швейцарию, Боснию и Герцеговину, Сербию и Черногорию.

Зарубежная Европа – исконно христианский регион. Православие и сегодня является основной религией верующей части населения Греции, Болгарии, Македонии, Сербии, Румынии. Наиболее прочно протестантизм утвердился в странах Северной Европы, Эстонии, Латвии, Великобритании. Католическими остались Италия, Испания, Португалия, Франция, Бельгия, Ирландия, Австрия и остальные страны Восточной Европы. Население Германии, Нидерландов и Швейцарии исповедует как католицизм, так и различные направления протестантизма. Ислам сравнительно широко

распространен среди народов Восточной Европы (Албания, Босния и Герцеговина). Повсюду особенно в последнее время, значительно выросла доля атеистов.

Экономика Зарубежной Европы

Суммарный объем ВВП Зарубежной Европы составляет около 20 трлн \$. При этом Германия занимает 4 место в мире с почти 4 трлн \$. Во всех странах Зарубежной Европы в структуре ВВП преобладает сфера услуг. Ее доля колеблется от 60 % (в наиболее бедных странах Восточной Европы) до 85% (в «микросоударствах»). Доля промышленности существенно меньше (20-40%), сельского хозяйства еще меньше (1-20%).

Сельское хозяйство. Обладая высокоразвитым хозяйством, Зарубежная Европа отличается значительным разнообразием отраслей международной специализации. Среди отраслей первичной сферы это прежде всего сельское хозяйство. Регион выделяется по объемам производства пшеницы (22% от мирового сбора, Франция 5 место в мире), подсолнечника (24% мирового сбора, лидеры – Румыния, Болгария, Венгрия), рапса (34% мирового сбора, лидеры – Германия, Франция), оливок, сахарной свеклы (50% мирового сбора, лидеры – Франция, Германия, Польша), льна долгунца, картофеля (16% мирового сбора), винограда (35% мирового сбора, лидеры – Италия-2 место в мире, Испания, Франция, на эти 3 страны приходится 76% европейского сбора), мяса, молока (более 20% мирового надоя, лидеры – Германия, Франция) и цветов.

Промышленность. В горнодобывающей промышленности Зарубежная Европа выделяется по добычи угля – 7% от мировой (Германия, Польша – 8,9 место в мире, Греция), добыча нефти – 4% от мировой (Норвегия – 55% от европейской добычи), добыча газа – 7% от мировой (7 место в мире занимает Норвегия -45% от европейской, а также лидеры – Нидерланды и Великобритания). Добыча меди – 5%, цинка – 6% (Ирландия более 40% добычи Европы).

Зарубежная Европа славится на весь мир своими пищевыми товарами: винами (55% мирового производства, лидеры Франция, Италия, Испания), сливочным маслом (20% мирового производства), сыром (45% мирового производства, например, во Франции производится более 700 видов сыра, в Нидерландах и Германии – от 300 до 400 видов), кофе, шоколадом, чаем и табачными изделиями. Среди отраслей вторичной сферы это машиностроение (производство промышленного оборудования, электротехники, автомобилей (19% мирового производства, лидеры – Германия, Франция, Италия, Испания, Великобритания), железнодорожного подвижного состава, авиационной и сельскохозяйственной техники), химическая промышленность (особенно производство полимерных материалов и тонкая химия), черная металлургия (*сталь* – более 10% мировой выплавки – Германия около 25% европейской выплавки стали, а также Италия, Франция, Испания) и цветная металлургия (*алюминий* – 8% мировой выплавки – Норвегия – 27% от европейского производства, также лидеры Исландия и Германия; *медь* – 13% мирового производства – Германия – 25% производства Европы; *никель* – Норвегия 40%

от европейского производства; *цинк* – 16% мирового производства – Испания – более 20% европейской выплавки), лесная промышленность (пиломатериалы, мебель и бумага). Регион является безусловным законодателем мод в промышленном дизайне (на этом традиционно специализируются итальянские фирмы).

Сфера услуг. Зарубежная Европа выделяется в мире по уровню развития отраслей третичной сферы хозяйства. Здесь находятся многие крупнейшие мировые биржи, банки, транспортные узлы, культурные и туристские центры. Регион – безусловный мировой лидер по протяженности транспортной сети и величине автомобильного парка, занимает одно из ведущих мест в мире по суммарному грузообороту морских портов, масштабу и уровню развития всех видов связи. Конечно, говоря о международной специализации региона, следует иметь в виду, что основная часть его экономических взаимоотношений обращена внутрь, т. е. на соседние европейские страны. Например, многие крупнейшие европейские морские порты обслуживают не только свои, но и другие страны. Уже давно создана и успешно функционирует единая система автомобильных, железных дорог, трубопроводов и линий электропередач.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Зарубежной Европы в мире?
2. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Зарубежной Европе?
3. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Зарубежной Европы?
4. Каковы особенности экономического развития Зарубежной Европы?
5. Какие отрасли и почему являются ведущими отраслями промышленности Зарубежной Европы?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Зарубежной Европы?
7. Охарактеризуйте сферу услуг Зарубежной Европы.

Тема 2.2 Экономико-географическая характеристика Зарубежной Азии

1. Политическая карта, ЭГП Зарубежной Азии
2. Природные ресурсы Зарубежной Азии
3. Население Зарубежной Азии
4. Экономика Зарубежной Азии
 - a. Сельское хозяйство
 - b. Промышленность
 - c. Сфера услуг

Политическая карта, ЭГП Зарубежной Азии

Площадь Зарубежной Азии составляет 27,7 млн км². В состав Зарубежной Азии входит 39 стран и три государственных образования –

Палестинская автономия (в составе Израиля), Аомынь и Сянган (специальные административные районы в составе Китая). Территориально регион делится на 4 субрегиона: Юго-Западная Азия (16 стран – Турция, Афганистан, Иран, Саудовская Аравия, Ирак, Сирия, Йемен, Оман, Израиль, Иордания, Ливан, Кипр, ОАЭ, Катар, Кувейт, Бахрейн, а также государственное образование – Палестинская автономия), Южная Азия (7 стран – Индия, Пакистан, Бангладеш, Непал, Бутан, Шри-Ланка, Мальдивы), Юго-Восточная Азия (11 стран – Индонезия, Вьетнам, Лаос, Мьянма, Камбоджа, Таиланд, Малайзия, Филиппины, Восточный Тимор, Бруней, Сингапур), Восточная (Северо-Восточная) Азия (Китай, Монголия, Япония, Северная и Южная Кореи, Тайвань).

Страны региона очень различны по размерам территории, 2 страны крупнейшие в мире – Китай, Индия; 4 страны – очень большие они имеют площадь от 1,5 до 2,2 млн км² – Саудовская Аравия, Индонезия, Иран, Монголия. Еще 6 стран (Пакистан, Турция, Афганистан, Мьянма, Йемен, Таиланд) занимают территорию от 500 тыс. до 1 млн км². Но есть в Зарубежной Азии и совсем небольшие государства (Израиль, Кипр, Кувейт, Ливан, Бруней, Восточный Тимор, Катар – менее 20 тыс. км²; микространства – Бахрейн, Мальдивы и Сингапур – менее 1 тыс. км²). Не имеют выхода к морю 5 стран – Монголия, Афганистан, Лаос, Непал, Бутан.

Для Зарубежной Азии характерен весь диапазон вариантов государственного строя, существующих в современном мире. Республик – 26, 13 стран -монархий. Семь монархий являются конституционными, шесть — абсолютными (это единственный регион мира, в котором сохранилась такая форма правления). В Зарубежной Азии численно преобладают унитарные государства, федеративных – всего пять (ОАЭ, Пакистан, Индия, Мьянма и Малайзия).

Природные ресурсы Зарубежной Азии

Зарубежную Азию можно без преувеличения назвать мировой «сокровищницей» **природных ресурсов**. Природные ресурсы региона не только чрезвычайно разнообразны, но и велики по запасам. Особенно выделяются минеральные ресурсы. Доля региона в мировых разведанных запасах нефти составляет 60 %, природного газа – 45%, угля – 25%, оловянных и вольфрамовых руд – 2/3, никелевых руд – 1/3, железных руд – 1/6. Регион является одним из крупнейших в мире производителей и экспортеров различных видов минерального сырья.

Большим разнообразием характеризуются и агроклиматические ресурсы. Значительные тепловые ресурсы на большей части территории региона позволяют вести сельскохозяйственные работы в течение всего года. Единственное, что может этому помешать, - дефицит увлажнения (сезонный или круглогодичный). По этой причине многие азиатские страны удерживают мировое лидерство по площади орошаемой пашни (особенно Индия – 75 млн га, Китай – 50,3 млн и Пакистан – 17 млн га).

Зарубежная Азия исключительно богата водными ресурсами. По величине ресурсов полного речного стока она не имеет себе равных (34 %

мировых речных ресурсов). Среди отдельных стран крупнейшими запасами водных ресурсов обладают Китай, Индонезия, Бангладеш, Индия и Мьянма. Большая часть водных ресурсов используется на нужды орошения. Наличие крупных рек и пересеченность рельефа обусловили богатство Зарубежной Азии гидроэнергоресурсами. По их запасам регион занимает первое место в мире (27,3 % мировых запасов). Среди отдельных стран выделяется Китай. Наконец, Зарубежная Азия сосредоточивает крупные запасы лесных ресурсов. Общая лесопокрытая площадь региона составляет 11,8% от мира или мировой лесопокрытой площади. В одних странах леса занимают огромные площади (Китай, Индонезия, Индия и Мьянма), в других они отсутствуют вообще (Бахрейн, Катар, Оман и Сингапур). Южная часть региона находится в пределах Южного лесного пояса (тропические леса, на их долю приходится 2/3 общей площади лесов региона), северная часть – Северного (внетропические леса).

Население Зарубежной Азии

Население Зарубежной Азии составляет более 4,4 млрд человек. (Китай и Индия – 62% населения Зарубежной Азии). Китай – 1400 млн чел., Индия – 1346 млн, Индонезия – более 266 млн, Пакистан – 210 млн, Бангладеш – 170 млн, Япония – 126 млн, Филиппины – более 105млн.

Быстрее всего увеличивается численность населения Юго-Западной Азии, медленнее всего – Восточной и Юго-Восточной. Многие страны Зарубежной Азии уже совершили переход от расширенного воспроизводства населения к простому (Кипр, Китай, Южная Корея, Япония, Тайвань и Сингапур). Однако в целом ряде стран региона естественный прирост все еще весьма высок (Сирия, Палестинская автономия, Иордания, Йемен и Восточный Тимор). Во многих странах Зарубежной Азии активно проводилась демографическая политика. В Китае и Индии она нацелена на снижение рождаемости, в большинстве арабских стран Персидского залива – на ее рост.

В настоящее время в Зарубежной Азии доля детей составляет 29%, лиц в трудоспособном возрасте – 65%, пожилых людей – 6%. Наибольшая доля детей наблюдается в наиболее отсталых странах – в Восточном Тиморе и Лаосе, наибольшая доля лиц в трудоспособном возрасте и наименьшая доля пожилых людей – в «насыщенных» иммигрантами небольших странах Персидского залива (Кувейте, Катаре и ОАЭ). В то же время уже полным ходом идет старение населения на Кипре, в Израиле, Южной Корее, Сингапуре и Китае, а население Японии вообще является одним из самых «старых» в мире. Для половой структуры населения Зарубежной Азии характерно значительное численное преобладание мужчин. Среди отдельных стран по этому показателю наиболее всего выделяются Китай, Индия, Пакистан и мусульманские страны Юго-Западной Азии.

Наиболее разнообразный этнический состав населения характерен для Индии (650 народов и племен) и Индонезии (около 200). Сложный этнический состав населения имеют также Иран, Афганистан, Пакистан, Китай, Вьетнам и многие другие страны.

Зарубежная Азия – «родина» почти всех из ныне существующих в мире религий. Ислам наиболее широко распространился в странах Юго-Западной Азии, в Пакистане, Бангладеш, Малайзии, Индонезии и в западной части Китая. Буддизм – ведущая религия в Монголии, западной части Китая (в Тибете), Бутане, Мьянме, Таиланде, Камбодже, Лаосе, Вьетнаме и Шри-Ланке. Индуизм практически не вышел за пределы Индии и Непала, а иудаизм – Израиля. Православие – на Кипре, католицизм – на Филиппинах и в Восточном Тиморе. В Китае, Корее и Японии население исповедует сразу несколько религий: в Китае – буддизм, конфуцианство и даосизм, в Корее – буддизм и традиционные корейские верования, в Японии – синтоизм, буддизм и конфуцианство.

Средняя плотность населения около 160 чел/км². При этом в Китае – 143 чел/км², в Индии – более 360 чел/км², в Японии – 336 чел/км². Наибольшей средней плотностью населения обладают Сингапур (6 000 чел./км²), Бахрейн и Мальдивские Острова (свыше 1000), в Бангладеш – 1154 чел/км², а самая маленькая плотность населения в Монголии – около 2 чел/км².

Экономика Зарубежной Азии

В настоящее время, страны Зарубежной Азии являются крупнейшими производителями практически всех видов промышленной и сельскохозяйственной продукции. Их отставание по производству ВВП от Зарубежной Европы и Северной Америки объясняется недостаточным развитием сферы услуг. В ВВП которых стран ведущее место занимает промышленность (в первую очередь нефте- и газодобывающие, а также Китай, Малайзия и Вьетнам). Доля сферы услуг наиболее велика в ВВП развитых стран, а также мелких стран-квартиросдатчиков. Доля сельского хозяйства превышает 50 % лишь в одной стране — Лаосе. Страны лидеры в Зарубежной Азии по объему ВВП: Китай – 2 место в мире (13 трлн\$), Япония – 3 место, Индия – 9 место, Ю. Корея, Индонезия.

Промышленность. ТЭК. Добыча угля – более 60% (Китай – 47% мирового, Индия, Индонезия), добыча нефти – более 40% (Сауд. Аравия, Китай, Иран и другие страны Персидского залива), добыча газа – более 30% (Катар, Иран, Китай). Выработка электроэнергии – более 45% (Китай, Индия, Япония, Ю. Корея).

Металлургия. Выплавка стали около 70% (Китай – 50%, Япония, Индия), выплавка алюминия – 65% (Китай – 55%, Индия, ОАЭ, Бахрейн), производство меди – 47% (Китай более 30%), производство никеля – 47% (Китай – 35%), производство цинка и свинца до 60% (Китай более 40%).

Производство автомобилей более 50% (Китай – 26% - 1 место в мире, Япония, Ю. Корея, Индия).

В *пищевой промышленности* регион один из лидеров по производству животного масла более 55% (Индия – 38% - 1 место в мире), растительных масел – 58% (Индонезия – 19% - 1 место в мире, Малайзия, Китай), сахара – около 40% (Индия, Китай, Таиланд).

Вылов рыбы – 66% (Китай, Индия, Индонезия, 1-3 место в мире соответственно), вылов морепродуктов – более 80% (Китай – более 60%, Вьетнам, Индонезия, Япония).

Сельское хозяйство. Регион лидер по сбору зерновых культур – более 45% от мирового сбора (Китай, Индия, Индонезия), пшеница – более 40% (Китай – 17% от мирового сбора, Индия, Пакистан), рис – 90% (Китай, Индия, Индонезия, Бангладеш), кукуруза – 29% (Китай – более 20%, Индия, Индонезия). Сбор картофеля – около 47% (Китай – 25% мирового сбора, Индия – 12%, Бангладеш), маниок – более 30% (Таиланд, Индонезия). Сбор овощей и бахчевых культур более 70% (Китай – более 50% мирового сбора, Индия, Турция, Иран). Сбор фруктов – более 50% (Китай – 22%, Индия, Индонезия), в том числе цитрусовые – 45% (Китай – 24%, Индия, Турция), бананы – 50% (Индия, Китай, Филиппины), яблоки – более 60% (Китай – более 50% мирового сбора, Турция), виноград – 30% (Китай).

Сбор арахиса, хлопка, табака – около 60% (Китай, Индия). Зарубежная Азия специализируется на выращивании тонизирующих культур – чай – 84% мирового сбора (Китай – 36%, Индия 22%, Шри-Ланка и др. (8 из 10 мировых лидера – азиатские страны); кофе – 30% (Вьетнам, Индонезия, Индия), какао – 18% (Индонезия).

В животноводстве Зарубежная Азия также занимает лидирующие позиции, так, например, по поголовью КРС, МРС, свиней, птиц. Производство яиц около 60%, мясо – более 30% в том числе свинины – более 50%, молока – 38%, мировые лидеры Китай и Индия.

Сфера услуг. Туризм. Международные туристские прибытия в 2016 году составили 377 млн чел., при этом в числе лидеров были Китай – 59 млн (4 место в мире), Таиланд – более 32 млн (9 место), Турция – около 30 млн (10 место), Малайзия – более 26 млн, Гонконг – более 26 млн, Япония – 24 млн, Саудовская Аравия – 18 млн, Ю. Корея – 17 млн. Доход от туризма в регионе около 400 млрд \$.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Зарубежной Азии в мире?
2. Каковы особенности политической карты Зарубежной Азии?
3. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Зарубежной Азии?
4. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Зарубежной Азии?
5. Каковы особенности экономического развития Зарубежной Азии?
6. Какие отрасли и почему являются ведущими отраслями промышленности Зарубежной Азии?
7. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Зарубежной Азии?
8. Охарактеризуйте сферу услуг Зарубежной Азии.

Тема 2.3 Экономико-географическая характеристика Африки

1. Политическая карта Африки
2. Природные ресурсы Африки
3. Население Африки
4. Экономика Африки
 - a. Промышленность
 - b. Сельское хозяйство
 - c. Туризм

Политическая карта Африки

Площадь Африки 30,3 млн км², что в мировой обитаемой суши составляет 22,6%,

На севере к Африке примыкает Зарубежная Европа (их разделяет Средиземное море), на северо-востоке – Зарубежная Азия (их разделяет Красное море, небольшой участок сухопутной границы проходит по Синайскому перешейку). На востоке регион омывают воды Индийского океана, на западе – Атлантического.

В состав Африки входит 54 (55) государств (Западная Сахара оккупирована Марокко, таким образом Сахарская Арабская Демократическая Республика – частично признанное государство): 3 монархии (Марокко, Лесото, Свазиленд); 4 федеративных (ЮАР, Нигерия, Эфиопия, Коморские острова), а также четыре зависимые государственные образования (Реюньон – заморский департамент Франции, Майотта – ее ассоциированный департамент, Мелилья и Сеута – владения Испании). Территориально Африка делится на пять субрегионов. **Субрегионы Африки:** Северная Африка: Египет, Ливия, Алжир, Марокко, Судан, Тунис.

Западная Африка: Мавритания, Мали, Нигер, Нигерия, Сенегал, Кот-д'Ивуар, Буркина-Фасо

Центральная Африка: Чад, Камерун, Габон, ДР Конго, Ангола.

Восточная Африка: Сомали, Кения, Танзания, Мозамбик, Мадагаскар.

Южная Африка: ЮАР, Ботсвана, Намибия, Лесото, Свазиленд.

Страны не имеющие выхода к морю (16): Южный Судан, Чад, Нигер, Мали, Эфиопия, Ботсвана.

Природные ресурсы Африки

Африка очень богата различными видами природных ресурсов. Особую ценность представляют минеральные ресурсы. Их крупномасштабная добыча и экспорт определяют международную специализацию многих стран региона. Африка выделяется в мире по запасам бокситов, хромитов, марганцевых, медных, кобальтовых руд, алмазов, золота, урановых руд и фосфоритов.

Запасы нефти – около 10% мирового). В десятку стран лидеров входят: Ливия (37% от запасов Африки), Нигерия. Ливия и Нигерия в совокупности составляют более 66% от запасов Африки. Газ – около 8% от мирового запаса. В десятке стран лидеров: Нигерия, Алжир (более 60% от запасов Африки). Запасы угля – невелики. Выделяется ЮАР (9 место в мире).

Африка исключительно богата агроклиматическими ресурсами. Благодаря этому многие страны региона специализируются на производстве плантационных культур.

Африка обладает крупными водными ресурсами. По территории региона они распределены весьма неравномерно. Большая их часть сосредоточена в приэкваториальных районах. Наличие крупных рек и пересеченность рельефа обусловили богатство Африки гидроэнергетическими ресурсами. Крупнейшим гидроэнергетическим потенциалом обладают реки Конго (с притоками), Замбези, Нил, Нигер и др.

Африка сосредоточивает крупные лесные ресурсы. Леса здесь занимают преимущественно приэкваториальные широты.

Население Африки

Более 1240 млн человек, в численности мирового населения — около 14%: Нигерия более 195 млн чел., Эфиопия более 104 млн чел., Египет — 97 млн чел., ДР Конго более 80 млн чел., Танзания — 57 млн чел., ЮАР — 55 млн чел., Кения, Алжир, Уганда, Судан, Марокко, Ангола, Мозамбик, Гана, Мадагаскар — от 25 до 50 млн чел.

ЕП — $37\% - 16\% = 21\%$. Северная и Южная Африка от 16 до 18%.

Африка характеризуется необычайным разнообразием расового и этнического состава населения. Арабы — представители южной ветви европеоидной расы — явно преобладают в Северной Африке (к северу от 10° — 20° с.ш.). В Алжире и Марокко сравнительно велика доля берберов (соответственно 30 и 40 % населения), в Нигере — туарегов (9,3 %). В Тропической Африке подавляющее большинство населения составляют представители негроидной расы.

Для негроидной расы и, следовательно, для стран Тропической Африки характерно необычайное этническое разнообразие населения. Наиболее сложный этнический состав населения наблюдается в Судане (572 племена негроидов), Нигерии (434), ДРК (около 300), Камеруне и Чаде (по 200), Танзании (120), Эфиопии (80), Буркина-Фасо и Кот-д'Ивуаре (по 60). Сложный расовый и этнический состав населения стал причиной принятия федеративного устройства в Нигерии, Эфиопии и ЮАР.

Однонациональные страны: Северная Африка (в основном арабы) — Египет, Ливия.

Этническое разнообразие населения и длительный период колониальной зависимости Африки обусловили сложный религиозный состав ее населения. В северной части Африки господствует ислам. В Тропической Африке наблюдается религиозная чересполосица. Многие племена по-прежнему исповедуют традиционные местные верования. Исконно православными считает себя почти половина населения Эфиопии и Эритреи. В районах наиболее длительного присутствия и «глубокого» проникновения европейцев прочно утвердились другие направления христианства. В странах, некогда бывших колониями Португалии, Испании, Франции и Бельгии, распространился католицизм, Великобритании и Германии — протестантизм.

Средняя плотность населения в регионе сравнительно невелика и составляет всего 40 чел./км². На побережье Средиземного моря в странах Северной Африки, на побережье Индийского океана в ЮАР, а также в десятках «очагов» Тропической Африки средняя плотность населения нередко достигает 100 чел./км². В низовьях Нигера (Нигерия) и на северном побережье озера Виктория она еще выше — более 200 чел./км², а в долине и дельте Нила (Египет) вообще является одной из самых высоких в мире — 1 850 чел./км². В районах с неблагоприятными условиями плотность населения резко снижается — до 1 чел./км² и менее. Среди отдельных стран наибольшая средняя плотность населения наблюдается в островных странах (Маврикий, Коморские Острова, Сейшельские Острова, Сан-Томе и Принсипи и Кабо-Верде) (везде свыше 100 чел./км²), а также в Руанде (350), Бурунди (294), Нигерии (157) и др. Слабее всего заселены пустынные и полупустынные страны — Намибия (2,5 чел./км²), Мавритания (3,0), Ботсвана (3,2) и Ливия (3,4), а также Габон (4,9 чел./км²).

Экономика Африки

Африка – наименее экономически развитый и наименее благополучный регион мира. Экономика Африки испытывает последствия колониального прошлого. ЮАР – единственная экономически развитая страна региона. Основная статья дохода стран Африки горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство.

В первые 50 экономик мира входят: Нигерия (22 место в мире, более 560 млрд \$), ЮАР (34 место в мире, 350 млрд \$), Египет (41 место, 280 млрд \$), Алжир (48 место, 200 млрд \$).

Промышленность. Добыча нефти (9% от мировой). Лидеры: Нигерия, Ангола, Алжир, (из-за гражданской войны Ливия значительно сократила добычу).

Уран – добыча более 14% от мирового: Нигер на 4 месте в мире (7% от мирового)

Добыча газа – менее 7%. Лидеры по добыче: Алжир, Египет, Нигерия.

Добыча угля: ЮАР 98% от добычи Африки.

Добыча железа: ЮАР. Экспорт железа: ЮАР.

Добыча марганца: ЮАР, Габон, Гана.

Добыча хрома: ЮАР.

Добыча алюминия: Гвинея (6 место в мире); выплавка алюминия: ЮАР.

Добыча меди: ДР Конго, Замбия (6-7 место в мире). Африка ≈ 10% мирового.

Добыча золота (18% от мирового): ЮАР (5 место), Гана (9 место) – составляют 50% от добычи Африки.

Добыча алмазов (52% от мировой добычи): Ботсвана ≈ 20% от мирового (2 место), ДР Конго (3 место в мире), Ангола, ЮАР, Зимбабве, Намибия, Сьерра-Леоне (6-10 место), Лесото.

Сельское хозяйство

Сбор зерновых: Нигерия, Эфиопия.

Сбор риса: Нигерия, Египет.

Сбор кукурузы: ЮАР, Нигерия.

Сбор картофеля: Египет, Алжир, Малави.

В Африке велика доля сбора других клубненосных культур: маниока (более 55, 5% мирового сбора;) Нигерия 1 место; ДР Конго, Гана, Ангола, Уганда, Мозамбик, Камерун, Малави.

Сбор овощей и бахчевых: Египет (6 место в мире), Нигерия, Алжир.

Сбор фруктов \approx 14% от мирового: Египет, Нигерия, Уганда (цитрусовые – Египет, Нигерия 7-8 место) бананы – Ангола, Танзания, Бурунди (8-10 место)

Арахис \approx 30%. Нигерия – 3 место; Судан, Сенегал, Камерун и Танзания.

Табак – Зимбабве, Малави.

Кофе 11% от мирового сбора, Эфиопия – 7 место в мире, среди лидеров также Уганда, Кот-д'Ивуар.

Какао более 65% от мирового сбора. Кот-д'Ивуар 1 место в мире – 31,5% мирового сбора, Гана – 2 место в мире.

Чай – Кения – 3 место в мире.

Туризм. Международные туристские прибытия составляют более 60 млн. Страны – лидеры: Марокко – более 10 млн., ЮАР – более 10 млн., Тунис – более 5 млн., Египет – более 5 млн. в 2016 году (в 2015г. в Египте было более 9 млн туристских прибытий, а в 2010 – более 14 млн).

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Африки в мире?
2. Какими природными ресурсами в наибольшей степени обеспечена Африка?
3. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Африке?
4. Каковы особенности экономического развития Африки?
5. Какие отрасли и почему являются ведущими отраслями промышленности Африки?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Африки?
7. Охарактеризуйте туризм Африки.

Тема 2.4 Экономико-географическая характеристика Латинской Америки

1. Политическая карта Латинской Америки
2. Природные ресурсы Латинской Америки
3. Население Латинской Америки
4. Экономика Латинской Америки
 - а. Промышленность
 - б. Сельское хозяйство
 - с. Туризм

Политическая карта Латинской Америки

Площадь – 20,5 млн км². Латинская Америка расположена в Западном полушарии между США и Антарктидой. На востоке она омывается водами Атлантического океана, на западе – Тихого. Название региона отражает общую латинскую основу официальных языков большинства государств региона, влияние культуры и обычаев латинских народов Пиренейского (Иберийского) полуострова.

В составе Латинской Америки насчитывается 47 стран, из которых 33 являются независимыми. Остальные 14 представляют собой владения других стран, в том числе Великобритании — 7, Франции — 3, Нидерландов — 2 и США — 2. Латинская Америка делится на пять субрегионов.

Почти все латиноамериканские страны, кроме Боливии и Парагвая, имеют приморское положение, а многие вообще находятся на островах.

Из 33 независимых государств региона 24 имеют республиканскую форму правления, девять являются «государствами в составе Содружества». В состав Содружества также входят три республики — Гайана, Доминика и Тринидад и Тобаго. Среди независимых государств явно преобладают унитарные и только пять имеют федеративное устройство — Аргентина, Бразилия, Венесуэла, Мексика, Сент-Китс и Невис.

Природные ресурсы Латинской Америки

Латинская Америка чрезвычайно богата природными ресурсами. В зарубежном мире Латинская Америка особенно выделяется по запасам редких и рассеянных элементов – ниобия, лития, бериллия, а также молибдена (более 1/2), медных руд (более 2/5), серы, сурьмяных руд и серебра (1/3), железных, оловянных руд и бокситов (1/4), нефти (более 1/10). Западная часть региона сосредоточивает крупные запасы руд цветных металлов (меди, цинка, свинца, олова, разнообразных легирующих и благородных металлов), а также графита, серы и натриевой селитры.

Медные руды разведаны в Колумбии, Эквадоре, Перу, Чили. Но при этом примерно 2/3 всех запасов приходится на долю Чили. По запасам оловянных руд особенно выделяется Боливия. Общие запасы селитры в Чили оцениваются в 250–300 млн т. Это составляет примерно 98 % мировых запасов. Колумбия выделяется во всем мире по добыче изумрудов.

В межгорных котловинах разведаны весьма значительные месторождения нефти, природного газа и каменного угля. Запасы нефти в Латинской Америке составляют около 10% от мирового; Венесуэла – 5 место в мире (более 7% мировых запасов и 76% запасов Л.А.), нефтью также богата Мексика. Запасы газа – Венесуэла. Запасы угля не велики в Л.А.; по запасам угля выделяется Колумбия (до 50% от запасов Л.А.).

Восточная часть региона особенно богата рудами черных и цветных металлов (железа, алюминия, урана и различных легирующих металлов), апатитов, слюды, горного хрусталя, в меньшей степени — нефтью, природным газом и битуминозными сланцами. Весьма перспективным на нефть и природный газ оказался шельф Атлантического океана. Железными рудами богата Бразилия и Венесуэла. Обширная бокситоносная провинция,

протянулась по территории Венесуэлы, Гайаны, Суринама, французской Гвианы и Бразилии.

На крупных островах Вест-Индии разведаны крупные запасы бокситов, никелевых и кобальтовых руд. Запасы бокситов (Ямайка, Доминиканская Республика), никеля (Куба). По запасам железных, полиметаллических, медных руд, серебра и серы выделяется Мексика.

Из отдельных стран Латинской Америки первое место по богатству и разнообразию полезных ископаемых занимает Бразилия, второе – Мексика, далее идут Чили, Перу, Колумбия.

Латинская Америка обладает благоприятными агроклиматическими ресурсами. По размерам земельного фонда из расчета на душу населения (более 5 га) Латинская Америка уступает только Австралии и СНГ. Регион выделяется в мире наличием крупных запасов водных, гидроэнергетических и лесных ресурсов. По размерам полного речного стока (10,5 тыс. км³ в год) регион несколько уступает только зарубежной Азии. По размерам речного стока из расчета на душу населения Латинская Америка превосходит зарубежную Европу, зарубежную Азию и Африку в пять – восемь раз. К этому нужно добавить ее гидроэнергетический потенциал, составляющий почти 1/4 мирового. По размерам общей лесной площади (1260 млн га) Латинской Америке принадлежит первое место в мире, а лесистость в среднем достигает здесь почти 50 %. Обеспеченность лесными ресурсами из расчета на душу населения (2,2 га) здесь пока еще также самая высокая.

Население Латинской Америки

По численности населения (более 630 млн человек) Латинская Америка уступает в мире лишь Зарубежной Азии и Африке. Страны лидеры – Бразилия – 209 млн, Мексика – 124 млн. Колумбия – около 50 млн.

В настоящее время уравнение естественного движения населения региона выглядит так: $21-6 = 15\%$. Значения естественного прироста населения на уровне 21-28‰ сохранились лишь в самых бедных странах — Гватемале, Парагвае, Белизе, Никарагуа, Гондурасе и Боливии. Переход от расширенного воспроизводства населения к простому в целом завершили Аргентина, Чили, Бразилия и Коста-Рика. Здесь естественный прирост населения составляет 10-13‰. В Уругвае и большинстве стран Вест-Индии он опустился и того ниже – до 3-7‰.

Возрастная структура населения региона отличается сравнительной «молодостью». Доля детей составляет 30,4 % населения, трудоспособных — 63,7%, пенсионеров — 5,9%. Наилучшие значения таких показателей социального развития, как младенческая смертность, средняя продолжительность жизни и др., характерны для Коста-Рики и экономически благополучных стран Вест-Индии и Южного Конуса, наихудшие — для Гаити, Гайаны, Боливии и самых бедных стран Центральной Америки.

Доля «белых» превышает половину населения в Аргентине, Уругвае, Коста-Рике, Пуэрто-Рико и Бразилии. Метисы явно преобладают в странах Центральной Америки (кроме Коста-Рики), Чили, Парагвае, Мексике,

Колумбии и Венесуэле. Доля индейцев наиболее велика в Гватемале (60 %), Боливии (55 %) и Перу (45 %), а негров и мулатов – в странах Вест-Индии.

В Латинской Америке широко распространен католицизм. Его исповедуют около 9/10 населения региона.

Плотность населения около 30 чел/км², в Бразилии 22чел/км², Мексика – 62чел/км². Плотность населения на Барбадосе 621 чел./км², на Гаити – 340, в Эль - Сальвадоре — 321, в Гренаде – 314, в Сент-Винсенте и Гренадинах — 308. Самой низкой средней плотностью населения обладают Боливия – 8,5 чел./км², Гайана — 3,4, Суринам – 2,8, Гвиана (Фр.) – 2,4.

Экономика Латинской Америки

Латинская Америка – наиболее экономически развитый регион развивающегося мира. На Латинскую Америку приходится около 1/2 инвестиций, направляемых в развивающиеся страны.

По уровню экономического развития выделялась Аргентина, в последствии ее опередили Бразилия и Мексика. В настоящее время именно эти страны выступают в роли региональных экономических лидеров. Значительных успехов в развитии экономики достигли Чили и Уругвай. В последние годы устойчивый экономический рост наблюдался в Венесуэле, Колумбии, Эквадоре, Перу, большинстве стран Центральной Америки, Доминиканской Республике и Тринидаде и Тобаго.

По объему ВВП в первые 50 экономик мира входят: Бразилия – 7 место (2,2 трлн \$); Мексика – 15 место; Венесуэла – 23 место; Аргентина – 25 место; Колумбия – 33 место; Чили – 44 место.

Промышленность. Латинская Америка является крупным производителем и экспортером определенных видов минерального сырья, поэтому в мировой горнодобывающей промышленности она традиционно специализируется на добыче медных руд (1/2 от мира), серебра (2/5), бокситов, железных и оловянных руд (по 1/4), свинцово-цинковых руд и золота (по 15 —16 %), нефти (13 %).

ТЭК. Добыча нефти составляет около 13% от мировой, на 10 месте в мире – Венесуэла; лидеры в Л.А. также Мексика, Бразилия, Колумбия. Добыча газа – Мексика, Тринидад и Тобаго. Добыча угля – Колумбия (88% от Л.А.).

Большая часть электроэнергии вырабатывается на ГЭС: Бразилия > 76% Венесуэла 66%; Колумбия 81%; Парагвай 100%. ТЭС – Аргентина 70%; Мексика 81; Чили 62%.

Металлургия. Добыча железа около 25% от мировой; Бразилия – 2-3 место в мире (> 20% мировых). По выплавке стали мировые лидеры – Бразилия, Мексика. Крупнейшим мировым экспортером железа и марганца является Бразилия.

По добыче бокситов (алюминий) – Бразилия 3-4 место; Ямайка; Суринам;

Выплавка алюминия - Бразилия

Медь – добыча > 44% мировой; Чили – 1 место 31% мировой, Перу – место, Мексика.

Выплавка меди – Чили 2 место (13% мировой); Мексика. 17% Л.А. от мировой.

Никель – Бразилия, Куба, Колумбия. 10% Л.А.

Цинк (20%) – Перу – 3 место (10% мирового), Мексика, Боливия.

Свинец (12%) – Перу, Боливия, Мексика.

Производство автомобилей – Мексика, Бразилия – 7-8 место.

Вырубка деревьев – Бразилия 4 место, Чили.

Производство сахара (34%) – Бразилия 1 место 22% мирового. Мексика, Гватемала, Колумбия.

Производство вин – Аргентина, Чили.

Добыча золота – 21% от мирового; Перу 7 место, Мексика 8 место, Бразилия, Колумбия, Аргентина.

Добыча серебра – 50% от мировой. Мексика 1 место – 18%, Перу 2 место, Чили, Боливия.

Сельское хозяйство. Латинская Америка является крупным производителем и экспортером определенных видов сельскохозяйственной продукции. Важнейшие плантационные культуры Латинской Америки – сахарный тростник, кофе, какао, бананы и хлопок. Именно они обеспечивают половину всего сельскохозяйственного экспорта этого региона. Отраслями международной специализации региона в сельском хозяйстве является производство кофе (1/2), сои (2/5), апельсинов (1/3), бананов и сахара (по 1/4), какао (1/10).

Зерновые – Бразилия (5 место в мире), Аргентина, Мексика. В Латинской Америке традиционно больше выращивают кукурузу (15% от мирового) – Бразилия (3 место), Аргентина (4 место), Мексика (7 место). Пшеница – Аргентина; рис – Бразилия (до 45 % от Латинской Америки) – 9 место в мире; картофель – Перу; маниок – Бразилия (4 место); овощи – Мексика, Бразилия.

Фрукты (более 17% от мирового) – Бразилия (3 место), Мексика (6 место); Колумбия, Аргентина, Эквадор; *цитрусовые* (более 27% от мирового сбора) – Бразилия (2 место), Мексика (5 место); Аргентина (10 место); *бананы* (более 20% мирового сбора) – Бразилия (4 место), Эквадор (5 место), Гватемала (7 место); яблоки – Чили; виноград – Чили, Аргентина.

Сбор *сахарного тростника* (более 50% от мирового) – Бразилия (1 место – ~39% от мирового), Мексика (6 место), Колумбия (7 место), Гватемала, Аргентина; *соя* (50% мирового сбора) – Бразилия (2 место – 28%), Аргентина (3 место), Парагвай, Боливия, Уругвай; арахис и подсолнечник – Аргентина; хлопок – Бразилия, Аргентина, Мексика.

Табак – Бразилия (2 место), Аргентина; *кофе* (более 56% от мирового) – Бразилия (1 место – около 33% от мирового), Колумбия (4 место), Гондурас, Перу, Гватемала, Мексика, Никарагуа; какао (16% от мирового) – Бразилия, Эквадор, Мексика, Перу, Доминиканская Республика (6-10 место); чай – Аргентина.

Производство мяса (16% от мирового) – Бразилия (3 место – более 8%; 50% от Лат. Америки), Мексика, Аргентина; поголовье крупного рогатого скота (27% от мирового) – Бразилия (1 место – 14%); куры (более 15% от мирового).

Туризм. Международные туристские прибытия составляют более 103 млн человек. Доход от международного туризма более 89 млрд \$ США. Страны лидеры по прибытиям – Мексика – 35 млн (8 место в мире), Бразилия – 6,5 млн; Доминиканская республика – 5,9 млн; Чили – более 5,6 млн; Аргентина – более 5,5 млн; Куба – 3,9 млн; Перу – 3,7 млн. Лидерами по доходам от международного туризма являются – Мексика – более 19,5 млрд \$ США; Доминиканская республика – более 6,7 млрд \$ США; Бразилия – более 6 млрд \$ США.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Латинской Америки в мире?
2. Какими природными ресурсами обеспечена Латинская Америка?
3. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Латинской Америке?
4. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Латинской Америки?
5. Каковы особенности экономического развития Латинской Америки?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями промышленности Латинской Америки?
7. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Латинской Америки?
8. Охарактеризуйте туризм Латинской Америки.

Тема 2.5 Экономико-географическая характеристика Северной Америки

1. Политическая карта Северной Америки
2. Природные ресурсы Северной Америки
3. Население Северной Америки
4. Экономика Северной Америки
 - a. Промышленность
 - b. Сельское хозяйство
 - c. Сфера услуг

Политическая карта Северной Америки

Это один из важнейших регионов мира. Его доля в площади территории мировой обитаемой суши составляет 16%, доля в численности мирового населения – почти 5,1 %. Площадь территории США – немногим менее 9,4 млн км² – четвертое место в мире.

Северная Америка расположена в Западном полушарии. На востоке и юго-востоке она омывается водами Атлантического океана, на западе – Тихого, на севере – Северного Ледовитого океана. С юга к Северной Америке примыкает Латинская Америка (есть протяженный участок сухопутной границы, в Атлантическом океане к территории региона почти вплотную подходят некоторые островные государства Латинской Америки).

В состав Северной Америки входят четыре страны, две из которых являются независимыми государствами (США (без штата Гавайи, который

относится к Океании) и Канада), а две – зависимыми государственными образованиями (Гренландия – самоуправляющаяся автономия Дании и Сен-Пьер и Микелон – ассоциированная территория Франции).

США – федеративная республика, состоящая из 50 штатов и федерального столичного округа Колумбия.

Природные ресурсы Северной Америки

Северная Америка относится к числу регионов мира, наиболее богатых природными ресурсами. Среди отдельных их видов выделяются прежде всего минеральные ресурсы. Недра региона сосредоточивают крупные запасы каменного и бурого угля – более 27% мировых запасов, нефти, битуминозных песчаников, природного газа, железных, медных, свинцово-цинковых, никелевых, молибденовых, вольфрамовых, урановых руд, серебра, золота, платины, калийных солей, серы, фосфоритов и асбеста.

Регион обладает огромными запасами водных и гидроэнергетических ресурсов. Среди важнейших источников пресной воды выделяются такие реки, как Миссисипи (с притоками), Святого Лаврентия, Колумбия и Колорадо. На некоторых реках, прежде всего Колумбии, Колорадо, Миссури и Теннесси, сооружено большое количество крупных водохранилищ. Реки и озера северных и других труднодоступных районов как источники водных ресурсов большой ценности не представляют. Максимальным доступным гидроэнергетическим потенциалом обладают реки Колумбия, Черчилл, Нельсон, Ла-Гранд и другие, в меньшей степени река Колорадо и притоки Миссисипи.

Регион богат почвенными и лесными ресурсами. Лесные ресурсы региона приурочены главным образом к природной зоне тайги. Она простирается широкой полосой с запада на восток через всю среднюю часть Канады. Значительные запасы древесины сосредоточивают также смешанные и широколиственные леса США.

Население Северной Америки

Население Северной Америки немногочисленно. По этому показателю регион занимает в мире предпоследнее место, опережая лишь Австралию с Океанией. Численность населения более 360 млн (США – 325,7 млн, Канада – 35,7 млн).

Естественный прирост населения в США выглядит так: $14 - 8 = 6$ ‰. Естественный прирост традиционно выше у «цветного» населения, именно оно в настоящее время вносит основной «вклад» в увеличение численности населения страны.

Северная Америка – типичный иммигрантский регион. Не случайно, появилось такое понятие, как «плавильный котел различных рас и наций». Доля коренного населения и в США, и в Канаде не превышает 1%.

Всего в США насчитывается 215 этнических групп. На долю «белых» приходилось 70,7% населения. Самые многочисленные европейские диаспоры составляют немцы, ирландцы, англичане, итальянцы, французы, поляки и шведы. На долю выходцев из Латинской Америки приходится 12,5%, афроамериканцев (негров и мулатов) – 12,3%, выходцев из Азии – 3,6%,

коренного населения (индейцы, эскимосы и алеуты) – 0,9%. Все они считают себя неотъемлемой частью единой нации – американцев США.

Чрезвычайное этническое многообразие населения региона обусловило большое количество религиозных конфессий. Здесь удается мирно сосуществовать различным протестантским конфессиям, католикам, буддистам, индуистам, конфуцианцам, мусульманам, православным, иудаистам, синтоистам и многим другим.

Всего в США стране насчитывается 25 конфессиональных групп, численность которых превышает 1 млн человек. Наиболее многочисленными из них являются протестантская (55%), католическая (28%) и иудейская (2%). Около 10 % населения считает себя атеистами.

Население по территории Северной Америки размещено неравномерно. Почти все население сконцентрировано в пределах субтропического и южной части умеренного климатических поясов, т.е. на территории сопредельных штатов США и на юге Канады. Причем крупнейшие сгустки населения сформировались либо у морского побережья, либо вдоль крупных рек. Хотя средняя плотность населения во всех странах невелика, на Северо-Востоке США она местами значительно превышает 100 чел/км². Средняя плотность населения США 32 чел/км².

Экономика Северной Америки

Северная Америка – один из наиболее экономически развитых регионов мира. Достаточно сказать, что США на протяжении вот уже более века выступают в роли безусловного лидера «Большой семерки», а Канада входит в число наиболее успешных стран «переселенческого капитализма». Доля региона в производстве МВП составляет около 30%, а в расчете на душу населения превосходит среднемировой уровень почти в шесть раз. В 2005 г. ВВП США составлял 28 % МВП. На их долю приходилось почти 1/4 мировой внешней торговли товарами и услугами и свыше 1/4 размещенных за рубежом инвестиций. США и Канада первыми в мире совершили переход к постиндустриальной экономике. В настоящее время в этих странах в сфере услуг производится 75 - 80% ВВП, на этом фоне доля промышленности упала до 21 - 22%, а сельского хозяйства – до 1 - 3%.

Промышленность. Среди отраслей промышленности традиционно высоким уровнем развития характеризуется горнодобывающая. Она обеспечивает мощные экономические системы США и Канады необходимым сырьем. Тем не менее многих видов минерального сырья не хватает, поэтому по объемам его закупок за рубежом регион (конечно, прежде всего США) прочно удерживает мировое лидерство. Традиционно немаловажное значение имеет горнодобывающая промышленность. США выделяются в мире по объемам добычи нефти, природного газа, угля, урановых, железных, молибденовых, медных и полиметаллических руд, а также серебра, золота, поваренной и калийных солей, фосфоритов и серы.

При этом Канада является одним из крупнейших мировых экспортеров нефти, природного газа, каменного угля, концентратов руд различных

металлов, калийных солей, асбеста и др., а США – каменного угля, серы, фосфоритов и концентратов руд некоторых металлов. Еще более высоким уровнем развития характеризуется обрабатывающая промышленность. В общей стоимости промышленной продукции ее доля составляет 3/4 в Канаде и 9/10 в США. Среди отраслей обрабатывающей промышленности в США выделяются машиностроение, химическая, черная и цветная металлургия, пищевая и лесная, в Канаде – машиностроение, черная и цветная металлургия, лесная. В начале XXI в. ведущими отраслями обрабатывающей промышленности США являлись машиностроение (40% стоимости промышленной продукции), химическая (10,7%), пищевая (8,9%), полиграфическая (8,3%), лесная промышленность (перерабатывающие отрасли) (4,1%) и металлургия (3,8%). Чрезвычайно высокого уровня развития достигли нефтеперерабатывающая промышленность (особенно в США) и электроэнергетика (как в США, так и в Канаде). Основная отрасль хозяйств Гренландии и Сен-Пьер и Микелон – добыча и переработка рыбы.

Сельское хозяйство. В структуре сельскохозяйственного производства в США наблюдается примерный паритет между растениеводством и животноводством, в Канаде – незначительное преобладание животноводства.

По абсолютным объемам производства сельскохозяйственной продукции США занимают второе место в мире после Китая.

Сбор кукурузы составляет около 36% от мирового, сбор сои – 37% от мирового, рапса – более 23%, при этом Канада находится на первом месте в мире (22%), мяса – 15%.

США занимают первое место в мире по объемам производства сои (35% мирового), кукурузы (34%), второе место – зерна, древесных орехов, яиц, молока и мяса (первое место по производству мяса птицы и говядины и второе место – свинины), третье место – хлопка, овощей, четвертое место – арахиса, сахарной свеклы, табака, фруктов (второе место по сбору яблок, третье место по сбору цитрусовых и винограда). В животноводстве США выделяются по поголовью свиней, кур – 2 место в мире, КРС – 4 место.

США являются одним из крупнейших экспортеров некоторых видов сельскохозяйственных продуктов – 1 место по экспорту сои, хлопка-волокна, мяса птицы; 2 место – свинины; 3 место – яблок, винограда; 4 место – табака, говядины.

Импорт США – бананы, виноград, цитрусовые, помидоры, кофе, какао, чай, табак, говядина.

Канада крупнейший экспортер – рапса (1 место), сои и говядины.

Сфера услуг. В структуре сферы услуг ускоренными темпами растет доля высших деловых услуг – банковских, управленческих, антикризисного регулирования и прочих, и, наоборот, неуклонно снижается доля низших услуг – транспортных, торговых, общественного питания, коммунально-бытовых.

Международные туристские прибытия составляют более 95 млн человек, при этом США занимают 2 место в мире – 75,6 млн туристов. Доход от международного туризма более 224 млрд \$. По этому показателю США занимают первое место – около 206 млрд \$.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Северной Америки в мире?
2. Какими природными ресурсами обеспечена Северная Америка?
3. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Северной Америки?
4. Каковы особенности экономического развития Северной Америки?
5. Какие отрасли являются ведущими отраслями промышленности Северной Америки?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Северной Америки?

Раздел 2. Физическая география мира

Физическая география в системе наук о Земле.

План

1. Объект, предмет и содержание географической науки.
2. Структура географической науки.
3. География и экология.
4. Современные географические исследования.

1. Объект, предмет и содержание географической науки.

География (гео— земля, графо— описание; т.е. землеописание) с момента своего возникновения развивалась как энциклопедический свод знаний о природе, населении и хозяйстве различных стран.

Определение объекта изучения географии менялись на протяжении истории развития науки. Как главный объект географической науки большинство ученых рассматривало поверхность Земли. При этом К.Риттер считал объектом географии весь земной шар, А.Геттнер - страны, которые изучались с точки зрения пространственного размещения предметов и явлений, Э.Мартонн— распределение по поверхности Земли физических, биологических и связанных с деятельностью человека явлений. В 1910 г. русский географ П.И.Броунов предложил рассматривать в качестве объекта географии “современное физическое устройство наружной земной оболочки”. Сущность этой формулировки в настоящее время признана всеми географами. С годами уточнялись лишь термины и углублялось содержание этого определения. Для обозначения “наружной оболочки” предлагались различные термины: географическая оболочка, ландшафтная оболочка, геосфера, ландшафтная оболочка, биогеосфера, эпигеосфера и др. Наибольшее признание получил термин “географическая оболочка”.

Таким образом, объектом исследования современной географии является географическая оболочка. Географическая оболочка Земли представляет собой сложное образование, состоящее из взаимодействующих главных земных сфер или их элементов— литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы, педосферы.

Зона контакта этих сфер оказалась в фокусе взаимодействия Земли и космоса:

1. световая коротковолновая энергия Солнца трансформируется в тепловую длинноволновую;
2. взаимодействуют потоки вещества и энергии, идущие из недр Земли и из космоса,
3. вещество одновременно находится в трех состояниях - твердом, жидком и газообразном;
4. здесь возникла жизнь.

Компонентами географической оболочки являются воздух, вода, горные породы, живое вещество (растения, животные). Природа географической оболочки потому так разнообразна, что в ней наиболее интенсивно взаимодействуют образования разного вещественного состава: косного (неорганическое вещество), живого (организмы), биокосного (органоминеральные соединения почвы).

Основными энергетическими компонентами географической оболочки являются гравитационная энергия, лучистая энергия Солнца, внутреннее тепло планеты и энергия космических лучей.

Границами географической оболочки считают озоновый слой (20—30 км) и граница зоны гипергенеза (500600 м).

Главным свойством географической оболочки является ее целостность. Она характеризуется единством двух важных качеств— непрерывности (континуальности) и прерывистости (дискретности).

В пределах географической оболочки выделяют ландшафтную сферу – небольшую по мощности приповерхностную сферу, включающую кору выветривания, почвы, растительность, животный мир, приземные слои воздуха, поверхностные и грунтовые воды суши. Это своеобразный биологический фокус Земли, в котором наиболее тесно соприкасаются и активно взаимодействуют элементы всех оболочек Земли.

Важным понятием в физической географии является понятие о географическом пространстве - природной системе, простирающейся от верхней границы магнитного поля Земли (10 земных радиусов) до поверхности Мохоровичича. Географическое пространство разделяется на четыре основных отдела:

- 1)ближний космос, нижняя граница которого проходит на высоте 1500 - 2000 км над Землей.
- 2)высокая атмосфера, с нижней границей, проходящей по стратопаузе.
- 3)географическая оболочки Земли.
- 4)подстилающая кора, простирающаяся от нижней границы зоны гипергенеза до поверхности Мохоровичича.

Предметами изучения географии являются сложные территориальные системы, составляющие структуру земной поверхности. Эти системы могут быть природными (природные комплексы) и социальными (природно-территориальные комплексы).

Сущность географического мышления заключается в умении анализировать пространственные закономерности между геосистемами и их отдельными компонентами на основе исторических методов, которые

позволяют дать научное объяснение современной географической картине мира.

Соотношение понятия географической оболочки и понятия “окружающая среда”. Понятие окружающей среды отличается от понятия географической среды (или оболочки) тем, что оно антропоцентрично. Когда говорится об окружающей среде, то подразумевается, что оцениваются условия жизни человека в определенном природном окружении, состояние природных комплексов, их способность воспроизводить здоровую среду жизни человека и возобновимые природные ресурсы. Характеристиками окружающей среды являются показатели, определяющие ее экологическое состояние: пдк, ПДВ, ПДН и др.

2. Структура географической науки.

На месте единой географии XIX века сложилась целая система географических наук. Процесс дифференциации географии начался в XIX веке и активно продолжался в начале XX века. В настоящее время в системе географических наук выделяют четыре блока или подсистемы.

1. естественнонаучный, в который входят следующие теоретические и физико-географические науки: общая физическая география (землеведение), ландшафтоведение, палеогеография и компонентные физико-географические науки, каждая из которых изучает один из компонентов географической оболочки (рельеф— геоморфология, климат— климатология и метеорология, поверхностные воды— гидрология, почвы— почвоведение, растительность— биогеография, воды мирового океана— океанология).
2. социально-экономический представлен в первую очередь общей социально-экономической географией. Наряду с ней в блок входят отраслевые науки (география промышленности, география сельского хозяйства, география туризма и т.д.), а также география населения с отдельными направлениями, политическая география, экономико- географическое страноведение.
3. природно-общественный выделился в самостоятельный сравнительно недавно и отражает интеграционные процессы, происходящие в областях, пограничных между двумя блоками. Возникают науки, предметом исследования которых являются различные типы взаимодействия между природой и обществом. К числу таких наук относятся геоэкология, медицинская география, рекреационная география, ресурсоведение.
4. сквозной, который включает дисциплины, концепции, методы и приемы которых пронизывают всю систему географических наук, поэтому они не могут быть включены ни в один из уже рассмотренных блоков. Это картография, история географии, топонимика.

3. География и экология.

Географы, как русские, так и зарубежные, раньше других специалистов в области наук о Земле осознали значение экологической проблематики в ее современном понимании (работы В.В.Докучаева, А.И.Воейкова, Л.С.Берга, Д.И.Рихтера, Д.Н.Кашкарова, Е.П.Коровина, Л.Г.Раменского, И.П.Герасимова, В.С.Жекулина, а также Д.П.Марша, А.Тенсли, К.Троля).

К 90ым годам XX века произошла экологизации всей системы географических наук, которая наиболее отчетливо выражена в новой географической науке — геоэкологии. Она возникла в результате применения экологической методологии в географических исследованиях, направленных на выявление пространственных связей в экологических взаимоотношениях. Рождение геоэкологии можно датировать 60 - ыми годами. В период своего появления она рассматривалась как учение о естественном бюджете ландшафта. В 80ые годы содержание науки значительно расширилось.

Сейчас геоэкология решает две группы задач:

1. изучает воздействие внешних условий, включая человека с результатами его деятельности, на ландшафт, акцентируя внимание на его диагностике;
2. исследует воздействие физико-географических условий, в том числе и ландшафта, на состояние и развитие биома (триады “растение-животное-человек”).

Геоэкология сформировалась в результате интеграции географических знаний, направленных на изучение состояния экосистем и геосистем как среды обитания (жизни) человека. Весь комплекс физико-географических наук является для геоэкологии базой и источником фактических данных.

Мостом между биологическими и географическими аспектами проблем изучения состояния окружающей среды является экология человека, которая, опираясь на общие законы взаимодействия биосферы и человечества, изучает влияние природной и социальной среды как на отдельных людей, так и на их сообщества.

Важным в понимании взаимодействия географии и экологии является соотношение понятий «экосистема» и «геосистема».

4. Современные географические исследования

Современная география - это целостная система наук, в которой выделяются физико-географическая и экономико-географическая ветви и картография.

Объектом изучения физической географии является географическая оболочка в целом, составляющие ее природные комплексы и компоненты (горные породы и слагаемый ими рельеф, воздух, вода, почвы, растения и животные).

Социально-экономическая география изучает взаимосвязи человеческого общества, производства и природной среды, размещение и миграции населения, пространственную структуру мирового и национального хозяйства. При исследовании взаимодействия общества и природной среды физическая и экономическая географии интегрируются самым тесным образом.

В современных географических исследованиях используются как старые методы исследования (картографический, сравнительно-географический, исторический), так и новые: метод математического моделирования, аэрокосмические, геофизические, геохимические методы, большое значение имеет использование геоинформационных систем.

Космические и планетарные факторы, влияющие на географическую оболочку.

План

1. Строение Солнца и солнечное излучение.
2. Солнечная активность.
3. Влияние солнечной активности на Землю.
4. Электромагнитное излучение Солнца.

1. Строение Солнца и солнечное излучение

Излучение Солнца является источником энергии для всех процессов, протекающих в географической оболочке.

70% массы Солнца составляет водород. 29% – гелий, 1% приходится на другие элементы. Средняя плотность вещества Солнца составляет 1.41 г/см^3 , внутри же эта величина достигает 100 г/см^3 . (Для Земли эти величины составляют соответственно 5.52 г/см^3 и 13 г/см^3 .) Диаметр Солнца составляет 1.39 млн. км (диаметр Земли — 12756 км).

В Солнце выделяют несколько областей, в пределах которых вещество отличается по своим свойствам и механизмам распространения энергии

Ядро Солнца является источником энергии. В нем при температурах, составляющих 15 млн. $^{\circ}\text{K}$, идет термоядерная реакция перехода водорода в гелий ($4\text{H} - \text{He}$).

Зона лучистой передачи энергии, в которой энергия от ядра распространяется путем поглощения и излучения веществом порций света - квантов.

Зона конвективного переноса энергии - конвективная зона. В этой зоне потоки горячего газа поднимаются к поверхности, а охлажденный солнечный газ опускается вниз. Скорость подъема горячих масс вверх и опускания холодных вниз составляет 12 км/сек.

Солнечная атмосфера состоит из трех последовательных слоев.

Фотосфера - самый нижний (толщиной 100300 км) слой, он определяет видимый диск Солнца. Фотосфера состоит из светлых зернышек (гранул) и темных промежутков между ними. Размеры гранул невелики - 1000-2000 км в поперечнике. Межгранульные пространства более узкие - 300-600 км. Картина грануляции непостоянная, каждая гранула живет не более 10 мин. Разность температур между ними в наружных слоях фотосферы сравнительно невелика $200\text{-}300^{\circ}\text{K}$, Грануляция создает общий фон, на котором наблюдаются более контрастные и крупные объекты - пятна и факелы. Пятна возникают в результате нарушения конвективных потоков на участках концентрации магнитного поля. Пятна могут быть окружены более яркими участками - факелами. Фотосфера состоит из сильно ионизированного газа с концентрацией частиц порядка $10^{16}\text{-}10^{17}$ в 1 см^3 , (плотность газов в фотосфере такая же, как у стратосферы Земли) и находящегося под давлением 100 мб.

Температура колеблется от 8000°K на глубине до 4000°K у поверхности. Температура же того среднего слоя, излучение которого мы воспринимаем составляет 6000°K . При таких условиях все молекулы газов распадаются на

атомы, лишь в самых верхних частях фотосферы сохраняется относительно немного простейших молекул и радикалов типа H_2 , OH , CH .

Хромосфера (сфера цвета) простирается до высот 10000-15000 км слой. Температура в хромосфере растет. Давление и плотность вещества в хромосфере продолжают падать. Плотность у верхней границы хромосферы составляет 10^{-15} г/см³. В хромосфере наблюдаются сильные вспышки, которые являются источником интенсивного ультрафиолетового и рентгеновского излучения, радиоволн и корпускулярных потоков. В верхней части хромосферы образуются протуберанцы.

Солнечная корона - самая внешняя оболочка Солнца, простирается до высот, составляющих несколько радиусов Солнца. Общий вид солнечной короны меняется с 11 летним циклом солнечной активности. При этом изменяются яркость и форма короны. Вещество солнечной короны представляет собой почти полностью ионизированный газ — плазму, состоящую из положительно заряженных ионов и свободных электронов (в 1 см³ у основания короны заключено $3 \cdot 10^7$ частиц). С высотой в короне продолжается рост температуры до тех пор, пока энергия теплового движения частиц не превысит потенциальную энергию, удерживающего их гравитационного поля Солнца, после чего начинается истечение солнечной плазмы в окружающее межзвездное пространство.

От Солнца в разные стороны двигаются непрерывно потоки заряженных частиц со сверхзвуковыми скоростями. По предложению эти потоки получили название солнечного ветра (теория Ю. Паркера). При спокойном ветре у орбиты Земли в 1 см³ имеется всего 12 частицы, перемещающиеся со скоростью 300400 км/сек в направлении точно от Солнца. Порывы этого ветра, когда скорость возрастала до 800 км/сек, а концентрация — до 100 частиц на см³.

Состав солнечной плазмы - протоны составляют 91.3%, однократно ионизированные атомы гелия — 0.1%, α -частицы (дважды ионизированные атомы гелия) — 8.6%, возможно тяжелые ионы (кислород в высоких стадиях ионизации). Плазма состоит как из положительно, так и отрицательно заряженных частиц в целом она нейтральна. Поток энергии, который приносит солнечный ветер к Земле, составляет 0.64 эрг/сексм³, а во время порывов — максимум 100 эрг/см³сек.

Солнечный ветер простирается до орбит Юпитера и Сатурна, образуя гелиосферу.

2. Солнечная активность.

Солнечной активностью называется комплекс нестационарных явлений в солнечной атмосфере:

1. солнечные пятна - относительно холодные образования в фотосфере неправильной тарелкообразной формы с очень сильными магнитными полями, напряженность которых может достигать нескольких тысяч эрстед.
2. факелы и хромосферные вспышки сопровождают появление пятен. Плотность вещества в местах вспышки значительно превышает плотность в окружающих областях хромосферы. Во время вспышки возрастает также

интенсивность рентгеновского и радиоволнового излучений, отдельных участков ультрафиолетового и видимого спектров

- пятна являются источниками корпускулярных потоков, более сильных, чем солнечный ветер

Полная энергия, выделяемая при сильной вспышке в виде различного рода излучений, составляет $10^{31}10^{32}$ эрг.

Основным показателем солнечной активности является число пятен и их групп (число Вольфа), индекс, предложенный швейцарским астрономом Рудольфом Вольфом. $W=k(f+10g)$,

где f - сумма общего количества пятен, g - число групп пятен, k - коэффициент пропорциональности.

Изменения количества солнечных пятен имеет 11 – летнюю ритмичность

Колебание с периодом в 11 лет свойственно другим проявлениям солнечной активности (11 летний цикл солнечной активности).

Установлены 22 –летний (магнитного) и 8090 летний циклы солнечной активности.

3. Влияние солнечной активности на Землю

Солнечная активность вызывает целый ряд явлений и процессов как в абиотической, так и биотической составляющих биосферы Земли.

Увеличение интенсивности рентгеновского излучения в диапазоне $30-10 \times 10^{-3}$ мкм в 2 раза, в диапазоне $10-1 \times 10^{-3}$ мкм – в 3-5 раз, в диапазоне $1-0,2 \times 10^{-3}$ мкм более чем в 100 раз. Жесткое рентгеновское излучение с длиной волны меньше $0,2 \times 10^{-3}$ мкм появляется в спектре Солнца всего лишь на короткое время после вспышек.

Ионизация земной атмосферы в высоких широтах, колебания ее прозрачности в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, изменения условий распространения коротких волн.

Из-за усиления солнечного ветра происходит сжатие магнитосферы Земли с солнечной стороны, усиление токов на ее внешней границе, частичное проникновение частиц солнечного ветра вглубь магнитосферы и пополнение частицами высоких энергий радиационных поясов Земли. Эти процессы сопровождаются:

- колебаниями напряженности геомагнитного поля (магнитной бурей),
- полярными сияниями и другими геофизическими явлениями, отражающими общее возмущение магнитного поля Земли.

Возмущения в магнитосфере и верхней атмосфере Земли из-за вращения Солнца вокруг своей оси повторяются через 27 суток.

Во время максимумов солнечной активности нагревается и расширяется термосфера. На высоте нескольких сот километров плотность воздуха может увеличиваться в 50 раз.

Солнечная активность влияет и на количество ясных дней в году, на траектории тайфунов и ураганов.

Силы притяжения Солнца и Луны вызывают в атмосфере приливы. Атмосферные приливы вызывают изменения давления воздуха. Скорость

приливных ветров составляет около 0,3 км/час. Приливные воздушные течения усиливаются с высотой, что вызывает в нижней части ионосферы перемещения ионизированного газа вертикально в магнитном поле Земли и приводит к возникновению электрических токов.

11-летний цикл солнечной активности прослеживается в явлениях органической природы. Это изменение скорости роста деревьев с периодом в 11 лет, установленный по чередованиям толщины годовых колец, изменения урожайности сельскохозяйственных культур, периодичность возникновения эпидемий.

4. Электромагнитное излучение Солнца.

Спектр электромагнитного излучения Солнца (спектр Солнца) – это распределение лучистой энергии Солнца по длинам волн. Длины волн (λ) измеряются в микрометрах ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$).

Спектр Солнца включает электромагнитные колебания с длинами волн от гамма излучения до радиоволн. Но основная часть солнечного спектра лежит в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах. На верхней границе атмосферы на ультрафиолетовую радиацию приходится около 9% всей излучаемой энергии, на видимую - 47%, на инфракрасную – 44%.

Распределение энергии в спектре Солнца. Излучательная способность— энергетическая светимость (величина потока излучения, испускаемого единицей поверхности тела по всем направлениям) пропорциональна абсолютной температуре тела (закон Стефана-Больцмана)

С увеличением температуры максимум излучательной способности данного тела смещается в более коротковолновую область спектра (закон Вина):

Распределение энергии в спектре Солнца напоминает распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела с температурой 6000К

Электромагнитное излучение Солнца в геофизике называют солнечной радиацией, а величину потока солнечной радиации, падающего на перпендикулярную солнечным лучам площадку в 1 м^2 , называют солнечной постоянной. Она выражается в Вт на м^2 и составляет (по измерениям с ракет за период 1976-1981 гг) 1367 Вт/м^2 . Величина солнечной постоянной, вероятно, зависит от солнечной активности, но ее изменения не превосходят точности современных измерений (ошибка примерно 0,3%).

Видимое и ближнее ИК излучение, приходящее от фотосферы, характеризуется постоянством во времени и чрезвычайно большой интенсивностью.

Для процессов на Земле очень большое значение имеет тот факт, что большая часть наиболее интенсивного излучения Солнца приходится на область оптического окна. В этом интервале длин волн Солнце излучает свыше 95% всей энергии. Именно поэтому значительная часть солнечного излучения достигает поверхности Земли и обеспечивает энергией все процессы в географической оболочке.

Космические и планетарные факторы, влияющие на географическую оболочку (продолжение)

План

1. Солнечная радиация на Земле.
2. Воздействие солнечной радиации на биосферу.

1. Солнечная радиация на Земле.

Земля в целом получает за единицу времени энергию, которая равна произведению солнечной постоянной на площадь поперечного сечения Земли (R^2), что составляет 410^{18} кал лучистой энергии в 1 мин.

Значительная часть поступающей на Землю солнечной радиации отражается обратно в мировое пространство. Доля солнечной радиации, отраженной той или иной поверхностью, называется альбедо. Альбедо Земли как планеты составляет по некоторым данным от 0.35 до 0.45.

Остальная часть солнечной радиации поглощается Землей и обеспечивает энергией все процессы, протекающие на Земле.

Можно определить, до какой температуры может нагреть земную поверхность поглощенный ею поток энергии. Полный поток теплового излучения равен произведению энергетической светимости Земли (σT^4) на площадь всей земной поверхности ($4\pi R^2$), т.е. составлять $\sigma T^4 4\pi R^2$. При условии постоянства температуры Земля будет излучать в мировое пространство столько же энергии, сколько получает ее от Солнца. Эту равновесную температуру земной поверхности T_3 можно найти из равенства:

$$\sigma T_3^4 4\pi R^2 = (1-A) S_0 \pi R^2$$

S_0 — солнечная постоянная; A — альбедо Земли
откуда:

Из этой формулы определяем, что при альбедо равном 0.35 получаем $T_3 = 202\text{K} = 21\text{C}$.

Наблюдаемая средняя температура земной поверхности равна в настоящее время $+15\text{C}$, т.е. на 36 больше. Это объясняется свойствами земной атмосферы задерживать тепловое длинноволновое. Это свойство получило название “оранжерейный эффект” (парниковый эффект). Именно благодаря оранжерейному эффекту на Земле имеются столь благоприятные условия для развития органической жизни тепловые и световые режимы.

2. Воздействие солнечной радиации на биосферу.

Вся совокупность биохимических, физиологических реакций, протекающих в организме при участии энергии света, носит название фотобиологических процессов. Условно их разделяют на три группы:

- 1) синтез биологически важных соединений (фотосинтез),
- 2) получение информации и ориентирование в окружающей обстановке (зрение, фототаксис — движение простейших организмов к источнику света, фотопериодизм — реакция организмов на смену дня и ночи, которая проявляется в колебаниях интенсивности физиологических процессов, и др.)
- 3) разрушение белков, витаминов, ферментов, мутации, канцерогенный эффект.

Ультрафиолетовое излучение по биологическим свойствам и воздействию на человека принято делить на три области:

1. область А – длинноволновое, с длинами волн от 0,40 до 0,32 мкм. Она характеризуется сравнительно слабо выраженным биологическим действием, она вызывает лишь флюорисценцию ряда органических веществ, у человека способствует образованию пигмента в коже (т.н. безэритремный загар) и слабую эритрему (покраснение кожи).
2. область В – средневолновое, с длинами волн от 0,32 до 0,28 мкм. Вызывает местные изменения тканевых и клеточных белков, а воздействия на рецепторы кожи рефлекторным путем влияют на весь организм. Под воздействием УФР, оказывающего фотохимический эффект, образуются биологически активные вещества (гистамин, серотонин и др.). Они стимулируют многие физиологические функции, что проявляется в обще оздоровительном, тонизирующем и профилактическом действии солнечного излучения на организм.
3. область С – коротковолновое, с длинами волн менее 0,28 мкм. Лучи области С оказывают мощное бактерицидное воздействие на живые клетки. При воздействии коротковолновой УФР на микробы вначале происходит заметное раздражение бактерий, утрата способности к многократному воспроизведению, вследствие нарушения структуры нуклеиновых кислот; затем происходит коагуляция белков и наступает гибель. Под действием УФР погибают стафилококки, стрептококки, вирусы гриппа, холерный вибрион, палочка туберкулеза, грибы и их споры, кишечная палочка. УФР разрушает токсины столбняка, дизентерии, брюшного тифа и др.

Это свойство УФР относят к одному из механизмов самоочищения окружающей среды, которое связано с санацией воздуха, воды и почвы.

Но под воздействием больших доз УФР радиации происходят мутагенные изменения, снижается продуктивность отдельных видов животных и урожайность отдельных культур. Наиболее изученными в настоящее время следствиями повышения доз УФР радиации являются уменьшение фотосинтетической активности, снижение высоты роста, уменьшение поверхности листьев растений, объема сухой массы. Эта часть УФР у людей вызывает фототоксикозы (поражение кожи), фотоофтальмии (поражения органов зрения— воспаление слизистой глаз, слезотечение, светобоязнь).

Увеличению УФР в коротковолновой области (С) может быть вызвано уменьшение озонового слоя, что в перспективе может привести к уменьшению биомассы не только наземных, но и водных экосистем. Расчеты показывают, что в случае 2,5-кратного снижения глобальной концентрации озона следует ожидать 35%-ного снижения первичной продуктивности в поверхностном слое океана и 10%-ного снижения во всем слое активного фотосинтеза.

По степени интенсивности ультрафиолетового (УФИ) излучения на земном шаре выделяют несколько зон:

а) зона дефицита УФИ, которая расположена в северном и южном полушариях, занимая площадь от полюсов до 57,5 северной и южной широт. В этой зоне самая низкая интенсивность УФИ. В пределах этой зоны в зимний период отмечают "биологические сумерки". Среди населения этих областей

вследствие ультрафиолетового голода могут возникать патологические реакции, затрагивающие как физическое состояние, так и сферу психики. Ухудшается фосфорно-кальциевый обмен, а вместе с ним растет утомляемость, снижаются умственные способности, ухудшается течение хронических заболеваний.

б) зона УФИ комфорта располагается между 57.5 и 42.5 северной и южной широт. Уменьшение УФИ в этой зоне наблюдается в середине зимнего сезона;

в) зона избыточного УФИ располагается к северу и югу от 42.5.

В этой зоне проблемой является повышенная частота заболеваний, в том числе раком кожи и заболеванием глаз (воспалением роговой и слизистой оболочки), слабо пигментированного местного и приезжего населения.

В условиях сильного загрязнения атмосферы УФР легко рассеивается и поглощается загрязнителями. Поэтому нередко жители промышленных городов могут испытывать УФголодание. Недостаточность УФ проявляется при работе в темных помещениях, в горнорудной и угольной промышленности, на Крайнем Севере.

Инфракрасное излучение в диапазоне от 0,76 до 2.5 мкм оказывает на организм тепловое воздействие, которое в значительной степени определяется степенью поглощения лучей тканями растений и животных. Меняется кинетическая энергия молекул, происходит ускорение электрических и химических процессов. При непродолжительном воздействии на ткани ИК вызывает расширение сосудов, ускоряет рост клеток, усиливает их питание. При длительном воздействии могут возникнуть ожоги, рак кожи. При воздействии лучей с длиной волны от 1.31.7 мкм возможно поражение органов зрения (тепловая катаракта).

Видимый свет, на долю которого приходится большая часть энергии солнечного излучения достигающего земной поверхности имеет особенно большое значение для живых организмов. Видимый свет является основным источником энергии для процессов фотосинтеза. ФАР – фотосинтетически активная радиация (0,38-0.71 мкм). При недостатке освещения у растений оказываются угнетенными процессы усвоения минерального питания, снижается содержание сахара и жиров, ослабевают стебли и образование семян.

Наличие цветового зрения и цветовой ориентации является важным фактором выживания для животных. У человека цветное зрение является одним из наиболее психоэмоциональных и оптимизирующих факторов жизни. Видимый свет оказывает специфическое воздействие не только на органы зрения, но и на функциональное состояние центральной нервной системы, на реактивность организма.

Изучению влияния солнечной радиации на биосферу посвятил свою научную деятельность выдающийся русский ученый Александр Леонидович Чижевский (1897-1964 гг.). Его исследования влияния космических факторов на процессы в биосфере и обоснование положения о зависимости между

циклами Солнца и многими явлениями в живой природе заложили основы современной отечественной космической биологии и гелиобиологии.

Планета Земля. Форма размеры Земли. Ее движение вокруг Солнца

План

1.Общая характеристика планеты Земля

2.Фигура Земли

1.Общая характеристика планеты Земля

Земля, третья от Солнца планета Солнечной системы (группа внутренних планет с небольшими размерами, высокой средней плотностью вещества и медленным вращением вокруг оси).

Основные параметры Земли: среднее расстояние от Земли до Солнца (астрономическая единица) - 149,6 млн. км,

Эксцентриситет земной орбиты составляет 0,017

Точка перигелия - декабре-начало января, точка афелия - июнь, начало июля

Средняя скорость движения Земли по орбите -29,76 км/сек (в перигелии быстрее, в афелии – медленнее).

Один оборот вокруг своей оси она совершает за 23 часа, 56 мин., 4,09 сек.

Земная ось образует с плоскостью эклиптики угол в $66^{\circ} 31' 22''$.

Средний радиус Земли (т.е. радиус шара, одинакового по объему с земным сфероидом) составляет 6371,110 км,

Объем Земли - $1,083 \times 10^{12}$ км³,

Площадь поверхности - 510 млн. км²,

Средняя плотность 5,52 г/см³, масса - $5,976 \times 10^{21}$ т.

Ускорение силы тяжести на полюсе - 983 см/сек², на экваторе -978 см/сек².

Наиболее распространенными элементами вещества Земли являются следующие 11 химических элементов: кислород, водород, кремний, алюминий, натрий, магний, кальций, железо, калий, углерод, титан (99,5% всех атомов земного вещества).

Возраст Земли оценивают в 4,5-5 млрд лет.

Оболочечное строение, возникшее в процессе развития и дифференциации первичного вещества: концентрические оболочки: ядро, мантия, земная кора, гидросфера, атмосфера, биосфера, особая, объединяющая оболочка - географическая оболочка.

Географическое значение размеров и массы Земли:

1. данный радиус Земли позволяет ей иметь постоянное магнитное поле, которого не было бы при маленьком радиусе;

2. сила тяжести планеты позволяет ей удерживать протяженную и достаточно плотную атмосферу, что определяет возможность возникновения и существования жизни;

3. устойчивое магнитное поле, простирающееся на 20-25 земных радиусов, разное по напряжению в различных точках Земли, вместе с атмосферной образует как бы «защитный пояс» планеты: захватывает

подлетающие к Земле космические частицы и мешает им как ускользнуть обратно в космическое пространство, так и проникнуть в нижние слои атмосферы. Беспрепятственно вторгаться в атмосферу космические частицы могут только в районе магнитных полюсов. Свойства магнитного поля являются причиной существования вокруг Земли радиационного пояса - замкнутой зоны заряженных частиц, заполненной протонами и электронами.

2. Фигура Земли

История становления представлений о форме Земли (Пифагор и его учеником Парменид, V в. до н.э. Аристотель (IV в. до н.э.), Эратосфеном (276-196 гг. до н.э.), Исаак Ньютон.

Идеальный шар, эллипсоид вращения, трехосный кардиоид вращения, геоид.

Геоид - геометрически неправильное тело, ограниченное уровнем (поверхностью). Поднятия геоида над эллипсоидом не превышают 136 м, опускания - 162 м.

Установленные в настоящее время средние величины экваториальных и полярных радиусов составляют:

экваториальный (средний) - 6378,245 км,

северный полярный 6356,863 км,

южный полярный короче северного на 100 м и составляет 6356,763 км,

экваториальные радиусы различаются на 213 м.

Одна десятимиллионная часть четверти длины парижского меридиана. – метр - единица длины на поверхности Земли.

Форма Земли зависит от целого ряда факторов:

- от размеров планеты,
- от распределения в ней плотностей,
- от скорости осевого вращения.

Эти факторы непостоянны и нестабильны. Вследствие глубинного сжатия Земли, радиус ее сокращается примерно на 5 см в столетие. Это приводит к уменьшению объема Земли. Однако это вековое уменьшение носит пульсирующий характер. Чередование периодов сжатия и расширения определяют ход глобальных тектонических процессов на Земле.

Сжатие и расширение планеты отражаются также на скорости вращения Земли. Современная форма Земли (Белоусов В.В.) отвечает не сегодняшней скорости, а той, которая была приблизительно 10 млн. лет назад.

Изменения формы Земли определяет размещение материков и океанов на планете. Современное распределение океанов и материков в северном полушарии отражает тенденцию ослабления полярного сжатия, в южном - тенденцию увеличения этого сжатия.

Планета Земля. Форма размеры Земли. Ее движение вокруг Солнца

План

1. Движение Земли вокруг Солнца.
2. Вращение Земли вокруг своей оси.
3. Географические следствия формы, размеров и движения Земли.
4. Поясное и местное время.

1. Движение Земли вокруг Солнца

Небесная сфера - сфера большого радиуса, на которую спроецированы все наблюдаемые объекты. Центром этой сферы является наблюдатель.

Диаметр небесной сферы, проходящий параллельно оси вращения Земли называется осью мира. Вокруг оси мира происходит видимое суточное вращение небесной сферы.

Ось мира пересекает небесную сферу в двух точках - полюсах мира - северном и южном.

Небесный экватор - большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира и параллельна плоскости земного экватора.

Истинный горизонт - большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии в точке наблюдения. Небесный экватор делит небесную сферу на два полушария и пересекает истинный горизонт в точках востока и запада.

Эклиптика - видимый годичный путь Солнца среди звезд, проходящий по созвездиям Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Эклиптика наклонена к небесному экватору под углом $23^{\circ} 27'$. Эклиптика пересекает небесный экватор в двух противоположных точках называемых точками равноденствия.

Точка, в которой Солнце, двигаясь по эклиптике, переходит из южного полушария в северное, называется точкой весеннего равноденствия, противоположная ей точка - осеннего равноденствия. Через точку весеннего равноденствия Солнце проходит 21 марта, через точку осеннего равноденствия - 23 сентября. 21 марта и 23 сентября солнечные лучи в полдень падают отвесно над экватором и, в связи с суточным вращением Земли, на всех широтах день равен ночи.

Точки эклиптики, равноудаленные от точек равноденствия носят название точек солнцестояния - зимнего и летнего. Эти точки Солнце проходит соответственно 22 декабря и 22 июня.

22 июня солнечные лучи в полдень падают отвесно над параллелью в $23^{\circ} 27'$, (северным тропиком или тропиком Рака). За северным полярным кругом ($66^{\circ} 33'$) Солнце не заходит за горизонт (полярный день). За южным полярным кругом ($66^{\circ} 33'$ южной широты) не освещается Солнцем (полярная ночь).

22 декабря солнечные лучи отвесно падают над параллелью в $23^{\circ} 27'$ южной широты (южным тропиком или тропиком Козерога). К северу от северного полярного круга — полярная ночь, а к югу от южного полярного круга — полярный день.

Астрономические границы тепловых поясов: между тропиками - жаркий пояс, от тропиков до полярных кругов - два умеренных пояса, а севернее и южнее полярных кругов — холодные пояса.

Движение Земли вокруг Солнца является сложным движением. Прецессия - долгопериодические вращения оси Земли по малому кругу со сферическим радиусом $23^{\circ} 27'$ около некой неподвижной оси. Нутация -

периодические перемещения ось вращения Земли в перпендикулярной плоскости.

2. Вращение Земли вокруг своей оси.

Земля совершает полный оборот за 23 часа, 56 минут и 4 секунды. Время обращения Земли вокруг своей оси, определяемое астрономическими наблюдениями, называется астрономическим.

Движения Земли вокруг своей оси неравномерны. Выделяют три типа неравномерности вращения Земли: вековое замедление, сезонные колебания и нерегулярные изменения скорости вращения Земли.

Механическим следствием вращения Земли вокруг своей оси является действие отклоняющей силы вращения Земли. Действие этой силы проявляется тем, что все тела, движущиеся горизонтально, отклоняются в северном полушарии вправо, а в южном полушарии — влево относительно наблюдателя, смотрящего в сторону движения тела (закон Бэра-Кориолиса). Величина силы Кориолиса (P_{\sim}) определяется формулой:

$$F_k = 2 V \sin \varphi,$$

где ω - угловая скорость вращения Земли, V - скорость движущегося тела и

φ - широта местности.

3. Географические следствия формы, размеров и движения Земли.

Следствия формы и размеров Земли:

- Сфероидальность Земли является главной причиной географической зональности.

- Отступление от сфероидальности является одной из причин нарушения географической зональности. Неоднородное строение земной коры приводит к неравномерному распределению материков и океанов, гор и равнин по земной поверхности.

Следствия годового и суточного вращения Земли и наклона оси вращения:

- Основным следствием наклона оси вращения Земли к плоскости эллипсоидной орбиты является смена условий освещенности разных полушарий Земли.

- Изменение количества приходящей солнечной радиации приводит к смене времен года, которая определяет сезонную ритмику процессов.

- Важнейшим следствием суточного вращения Земли является суточный ритм явлений и процессов в географической оболочке.

- В результате суточного вращения Земли в один и тот же момент местное время на разных меридианах разное и разница составляет 4 минуты на каждый градус долготы.

- Суточное вращение Земли обуславливает существование отклоняющей силы (силы Кориолиса) и приливообразующей силы, вызывающей деформацию земной поверхности.

4. Поясное и местное время.

Время на Земле принято определять по высоте Солнца над горизонтом. Вследствие вращения Земли вокруг своей оси на разных меридианах высота

Солнца в один и тот же момент времени различна, соответственно различно время. Это время называется местным.

Мировое или всемирное время. Введено в 1883-84 годах в США, а затем в Европе. В России с 1 июля 1919 года. Принцип расчета: весь земной шар разделен на 24 пояса или зоны 24 меридианами, отстоящими один от другого на 15' по долготе. Началом отсчета является меридиан обсерватории в Гринвиче (пригород Лондона). Он является срединным меридианом нулевого пояса. Внутри следующего пояса, лежащего к востоку, все часы поставлены по солнечному времени среднего меридиана этого пояса, т.е. ровно на час вперед против гринвичского времени. При движении на запад — часы передвигаются на час назад.

По 180 меридиану проведена линия перемены дат. При пересечении линии перемены дат с запада на восток, в счете календарных дат возвращаются на один день, при движении с востока на запад — прибавляют 1 день.

Для перевода местного времени в поясное и обратно используют следующую формулу:

$$T_{п} = T_{м} + п$$

где $T_{п}$ - поясное время, $T_{м}$ - местное время, $п$ - номер пояса, - географическая долгота, выраженная в часовой мере. Если известно время по Гринвичу, то поясное время определяется следующим образом:

$$T_{п} = T_{вс} + п$$

где $T_{п}$ - поясное время, $T_{вс}$ - всемирное время, $п$ - номер пояса.

В России с 1930 года с целью наиболее рационального использования населением светлой части суток было введено декретное время. От поясного отличается на 1 час (стрелки часов переведены на 1 час вперед по сравнению с поясным). Декретное время московского часового пояса называется московским временем. С 1981 года на летний период (с последнего воскресенья марта до последнего воскресенья сентября) стрелки часов переводятся еще на один час вперед – наступает летнее время. Осенью стрелки возвращаются на час назад.

Форма и движение Земли.

План

1. Земля как планета.
2. Форма и размеры Земли.
3. Вращение Земли вокруг оси.
4. Движение Земли вокруг Солнца.
5. Основные виды изображения Земли.

1. Земля как планета.

Весь существующий мир, не имеющий границ во времени и пространстве и бесконечно разнообразный, называется Вселенной. Большая часть вещества Вселенной содержится в звездах - гигантских шарообразных самосветящихся плазменных телах. Звездные системы, состоящие из сотен млрд. звезд, образуют галактики. Солнце - типичная звезда и центральное тело Солнечной системы, которая находится в галактике Млечного пути или просто Галактике (с большой буквы). Солнце существенно больше Земли - в 333 тыс.

раз по массе и в 109 раз по диаметру. Ядерные реакции в недрах Солнца обеспечивают высокую температуру (около 6000 °C на поверхности и порядка 10-15 млн. °C в недрах) и сильнейшее электромагнитное и корпускулярное излучение, которое называется солнечной радиацией и является основным источником энергии всех процессов на поверхности Земли.

Земля - это планета, т.е. небесное тело, движущееся по эллиптической орбите вокруг звезды (Солнца) и светящееся отраженным светом. В Солнечной системе кроме Земли вокруг Солнца движутся еще 8 крупных и десятки тысяч малых планет, в межпланетном газе проносятся кометы и метеорные тела. Диаметр Солнечной системы 12 млрд. км. Земля вместе с Меркурием, Венерой и Марсом образует внутреннюю группу планет, для которых характерны небольшие размеры, высокая плотность, твердая поверхность и газообразная оболочка (самая маленькая планета Меркурий не в силах удерживать свою атмосферу). Планеты внешней группы - планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) представляют огромные шарообразные тела, состоящие из водорода и гелия. Самая далекая от Солнца планета Плутон по размерам больше походит на планеты внутренней группы и потому стоит особняком. У семи из девяти планет есть спутники, всего их открыто более 50.

Спутник Земли - Луна отличается большими размерами (пятый по величине и первый по отношению к массе планеты) и вызывает приливно-отливные движения, охватывающие всю Землю от ядра до поверхности.

Среднее расстояние от Земли до Солнца 149,6 млн. км - принято за астрономическую единицу, которой измеряют расстояния в Солнечной системе. Если бы это расстояние было меньше, на Земле было бы слишком жарко - многие жидкости кипели бы и испарялись (как на Венере); при большем расстоянии, поверхность Земли покрыли бы льды. Земля движется по орбите вокруг Солнца с запада на восток то немного приближаясь к нему в январе - до 147 млн. км (в перигелии), то немного удаляясь - до 152 млн. км (в афелии).

Из всех планет Солнечной системы только на Земле сложились условия необходимые для развития жизни: наличие атмосферы, задерживающей потоки космических частиц и ультрафиолетовое излучение и содержащей кислород и углекислый газ, тепловой режим, обеспечивающий жидкое состояние воды и приемлемый для белковых тел.

Жизнь на Земле, возникновение и существование на ней географической оболочки в значительной мере определяется расстоянием до Солнца, а также формой и размерами нашей планеты.

1. Форма и размеры Земли.

Подобно другим планетам Солнечной системы, Земля имеет шарообразную форму и для всех географических построений можно принимать Землю за шар. Основными доказательствами шарообразности Земли считают сейчас круглую тень, образуемую Землей во время лунных затмений, фотографии и измерения из Космоса с искусственных спутников

Земли с разных расстояний и точек траектории полетов; градусные измерения по поверхности Земли.

Земля вращается вокруг так называемой земной оси. Точки пересечения земной оси с земной поверхностью называются полюсами. Различают Северный и Южный полюса. Линия сечения поверхности Земного шара плоскостью проходящей через центр Земли перпендикулярно земной оси - это экватор. Плоскости, секущие земную поверхность параллельно плоскости экватора образуют параллели, а плоскости проходящие через два полюса - меридианы.

Для определения положения точки на поверхности Земли пользуются специальными величинами - географическими координатами. Географическая широта - это величина дуги меридиана от экватора до заданной точки в градусах, географическая долгота - величина дуги параллели от нулевого меридиана до заданной точки. В большинстве стран за нулевой принят меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию, восточнее Лондона - он так и называется Гринвичским.

Из-за вращения вокруг своей оси и возникающей при этом центробежной силы, Земля немного сплюснута у полюсов и ее большая полуось (экваториальный радиус) почти на 21,4 км больше, чем расстояние от центра Земли до полюсов. Такой равномерно сплюснутый у полюсов шар называется сфероидом или эллипсоидом вращения. Эта фигура имеет точное математическое выражение и используется для построения географических карт.

Для геодезических и картографических работ используется эллипсоид Ф. Н. Красовского (назван в честь ученого, под руководством которого велись расчеты): его экваториальный радиус $a = 6378,2$ км, полярный радиус $b = 6356,8$, длина меридиана равна 40008,5 км, длина экватора 40075,7 км, площадь поверхности Земли - 510 млн. км².

Однако фигура Земли сложнее. Она отклоняется от правильной формы сфероида из-за неоднородного строения недр, неравномерного распределения масс. Истинная геометрическая фигура Земли называется геоидом ("землеподобным") и определяется как фигура, поверхность которой всюду перпендикулярна направлению силы тяжести, т.е. отвесу. Поверхность геоида совпадает с уровенной поверхностью Мирового океана (мысленно продолженной под материками и островами). Поднятия и опускания геоида над сфероидом составляют $\pm 50 \dots 100$ м.

Физическая же поверхность Земли, осложненная горами и впадинами не совпадает и с поверхностью геоида, отступая от него на несколько километров. Сила тяжести все время стремится выровнять поверхность Земли, привести ее в соответствие с поверхностью геоида

Географическое значение формы и размеров Земли чрезвычайно велико. Вследствие ее шарообразной формы угол падения солнечных лучей на земную поверхность уменьшается от экватора к полюсам, формируются пояса освещенности, тепловые пояса и вообще все природные процессы и явления закономерно изменяются по направлению от экватора к полюсам.

Масса и размеры Земли определяют силу земного притяжения, способную удерживать атмосферу определенного состава и гидросферу, без которых невозможна жизнь.

1. Вращение Земли вокруг оси.

Как и другие планеты Солнечной системы, Земля участвует одновременно в нескольких видах движения. Вместе с Солнечной системой Земля делает один оборот вокруг центра Галактики за галактический год (около 230 млн. лет), а вокруг общего с Луной центра масс она обращается за 27,32 суток. Однако гораздо больше все живущие на Земле ощущают её суточное вращение вокруг оси и годовое движение по орбите вокруг Солнца. С вращением Земли связаны естественные единицы измерения времени.

Земля вращается вокруг оси с запада на восток, т. е. против часовой стрелки, если смотреть на Землю с Полярной звезды (с Северного полюса), делая полный оборот за сутки или 24 часа.

Для учета влияния вращения подвижной системы отсчета (каковой является Земля) на относительное движение тела в физике вводят специальную силу инерции - силу Кориолиса (по имени французского ученого Г. Кориолиса). На Земле это явление, которое правильнее называть ускорением Кориолиса, проявляется в том, что все тела, движущиеся относительно земной поверхности в Северном полушарии получают ускорение, направленное вправо, а в Южном - влево от направления их движения. Ускорение Кориолиса влияет на направление движения воздушных масс, морских течений, вызывает подмыв соответствующих берегов рек. На экваторе ускорение Кориолиса равно нулю, а к полюсам нарастает.

Время полного оборота Земли вокруг земной оси относительно звезд, между двумя последовательными кульминациями (наиболее высоким положением какой-либо звезды) называют звездными сутками и используют при астрономических наблюдениях. Звездные сутки равны 23 ч 56 мин. Однако употребляя термин сутки - обычно имеют в виду равные 24 часам солнечные сутки - время полного оборота Земли вокруг оси относительно Солнца. Поскольку Земля вращается вокруг оси в том же направлении, в котором движется вокруг Солнца, за солнечные сутки она совершает оборот чуть более, чем на 360° и солнечные сутки длиннее звездных.

Для измерения времени всю поверхность земного шара разделили на 24 часовых пояса по 15° каждый и пользуются поясным временем - т. е. местным временем среднего меридиана каждого пояса. Границы поясов приспособляются к государственным или административным границам, естественным рубежам. За нулевой принят пояс, по середине которого проходит гринвичский меридиан, его время называется всемирным. Счет поясов ведется на восток, и в соседних поясах время отличается на 1 ч. Например столица Австралии г. Канберра живет по местному времени меридиана 150° в. д., на 10 часов сдвинутому вперед относительно всемирного. По 180-му меридиану проходит линия перемены дат, по обе стороны от которой часы и минуты совпадают, а календарные даты отличаются на одни сутки.

Смена дня и ночи создает суточную ритмику живой и неживой природы, связанную с изменениями световых и термических условий. Наиболее яркие проявления такой ритмики - суточный ход температуры и влажности, дневной и ночной бризы и горно-долинные ветры, оживление днем зеленых растений (поскольку только на свету возможен фотосинтез) и ночная жизнь многих хищников, летучих мышей и бабочек. Социальная жизнь человека тоже подчиняется суточному ритму. Осевое вращение Земли позволяет выделить полюса - неподвижные точки, которые используют при построении на шаре градусной сети из параллелей и меридианов.

1. Движение Земли вокруг Солнца.

Земля делает полный оборот по эллиптической орбите вокруг Солнца за 365,24 солнечных суток. В ходе этого движения Солнце проходит видимый путь по небосводу среди звезд через зодиакальные созвездия, совершая полный круг за год. Плоскость орбиты называется плоскостью эклиптики.

Земная ось наклонена к ней под углом $66,5^\circ$ и перемещается в пространстве параллельно самой себе в течение года. Поэтому освещается то северная, то южная полярные области Земли, что приводит к смене времен года и неравенству дня и ночи в течение года на всех широтах, кроме экватора. Со сменой времен года связана сезонная ритмика природы. Мы можем наблюдать её в колебаниях температуры, влажности воздуха и других метеорологических элементов, в режиме выпадения осадков и колебаниях уровней водоемов. Все эти изменения приводят к переменам в жизни растений, животных и человека.

Началом астрономической весны и осени считаются дни весеннего и осеннего равноденствий (когда солнечные лучи под углом 90° падают на экватор и касаются полюсов - 21 марта и 23 сентября). А началом лета и зимы - дни соответствующих солнцестояний (когда высота Солнца над горизонтом в полдень наибольшая - 22 июня и 22 декабря).

В день летнего солнцестояния - 22 июня земная ось северным концом обращена к Солнцу - солнечные лучи в полдень отвесно падают на $23,5^\circ$ параллель северной широты - так называемый северный тропик (тропик Рака). Все параллели севернее экватора до $66,5^\circ$ с. ш. большую часть суток освещены, на этих широтах день длиннее ночи. Параллель $66,5^\circ$ с. ш. является границей, с которой начинается полярный день - это северный полярный круг. В этот же день на всех параллелях южнее экватора до $66,5^\circ$ ю. ш. день короче ночи. Южнее $66,5^\circ$ ю. ш. - территория на освещена совсем - там полярная ночь. Параллель $66,5^\circ$ ю. ш. - южный полярный круг.

В день зимнего солнцестояния - 22 декабря земная ось южным концом обращена к Солнцу, и солнечные лучи в полдень отвесно падают на $23,5^\circ$ параллель южной широты - так называемый южный тропик (тропик Козерога). На всех параллелях южнее экватора до $66,5^\circ$ ю. ш. день длиннее ночи. Начиная с южного полярного круга солнце не заходит за горизонт - устанавливается полярный день. За северным полярным кругом все погружено во мрак - господствует полярная ночь.

Наклон оси вращения Земли к плоскости орбиты и её движение вокруг Солнца приводят к формированию на Земле пяти поясов освещения, которые являются основой зональной дифференциации географической оболочки. Они отличаются высотой полуденного стояния Солнца над горизонтом, продолжительностью дня и соответственно тепловыми условиями и ограничены тропиками и полярными кругами.

Около 40 % поверхности Земли занимает лежащий между тропиками жаркий пояс. День и ночь здесь мало отличаются по продолжительности, а солнце бывает в зените дважды в году.

52 % территории Земного шара приходится на расположенные между тропиками и полярными кругами умеренные пояса, где солнце никогда не бывает в зените. Продолжительность дня и ночи зависит от широты и времени года. Около полярных кругов (с 60° до $66,5^\circ$) летом Солнце ненадолго и неглубоко уходит за горизонт, вечерняя и утренняя зори сливаются и наблюдаются, так называемые белые ночи.

Холодные пояса занимают всего 8 % земной поверхности к северу и югу от полярных кругов. Зимой здесь наблюдаются полярные ночи, когда Солнце не показывается из-за горизонта, а летом - полярные дни, когда Солнце не заходит за горизонт. Продолжительность их увеличивается от одних суток - на полярных кругах до полугода - на полюсах.

1. Основные виды изображения Земли.

Одной из важнейших задач географии во все времена была фиксация полученных знаний о Земле, о распределении объектов и явлений во времени и пространстве в виде изображений. При изображении шарообразной Земли на плоскости (на листе бумаги) неизбежно возникают искажения. Чтобы свести их к минимуму, используют специальные математические правила - масштаб и проекцию.

Масштабом называется отношение длины отрезка на изображении к его длине в натуре. Это отношение может выражаться дробью - (численный масштаб), словами (именованный) или наглядно (линейный).

Способы перехода от объемных тел к плоскости задаются проекцией. Картографическая проекция - это математически определенное отображение на плоскости поверхности эллипсоида или шара. При этом на карте передаются положения и очертания объектов, сетка меридианов и параллелей. Закон, описывающий картографическую проекцию, может быть выражен уравнениями, указанием графического построения, таблицей координат и т. п.

Основные виды географического (в отличие от художественного) изображения Земли - глобус, карта и план - модели реальной действительности и одновременно мощнейшие средства познания в науках о Земле.

Глобус - это шарообразная модель Земли. Обычно на глобусах изображают очертания суши и водных объектов, рельеф материков и дна Мирового океана, реки, границы государств, города. Кроме глобусов Земли, существуют глобусы небесной сферы, Луны и других планет. Очертания природных объектов на глобусе передаются довольно точно и измерения можно производить, не вводя поправок, кроме масштабных пересчетов.

Карта - уменьшенное и обобщенное изображение на плоскости поверхности Земли, другого космического тела или космического пространства, показывающее расположенные или спроецированные на них объекты в принятой системе условных знаков. Объектами, изображаемыми на картах могут быть любые предметы, явления или процессы. Изображение на карте должно быть математически определено, то есть выполнено в определенном масштабе и проекции. Карты Земли называются географическими.

Среди других картографических произведений назовем рельефные карты (объемное трехмерное изображение местности), фотокарты (совмещающие карты с фотопланами), блок-диаграммы (где изображение поверхности соединено с продольными и поперечными вертикальными разрезами), атласы (систематические собрания карт, выполненных по общей программе, как единое целостное произведение).

Одно из древнейших изображений, напоминающее план местности относится к III тыс. до н. э. - на серебряной вазе из Майкопского кургана показаны две реки, стекающие с залесенных гор и впадающие в озеро, а так же пасущиеся вокруг животные. На территории Греции найдены изображения долины реки с богатой растительностью, дикими животными и плывущей флотилией - им 3500 лет. Впервые с использованием масштаба Анаксимандром (VII-VI вв. до н. э.) была создана круглая карта, на которой помещенную в центр Грецию окаймляет океан. Математическая картография родилась стараниями Клавдия Птолемея, одна из глав его "Руководства по географии" называлась "Способ правильно изображать Земной шар на плоскости", созданные им проекции известны и сейчас, а карта мира Птолемея и есть первая настоящая карта.

Первый глобус был изготовлен немецким географом М. Бехаймом в 1492 году.

План местности. Горизонт. Стороны горизонта.

План

1. План местности.
2. Условные обозначения.
3. Способы ориентации на местности.
4. Масштабы и его виды.
5. Абсолютная и относительная высота местности.

1. План местности.

План местности - простейший вид карты, это чертеж небольшого (порядка 0,5 км) участка местности в крупном масштабе в условных знаках. План напоминает вид сверху и похож на аэрофотоснимок, но предметы здесь показываются условными знаками и сопровождаются надписями. В отличие от карты на план наносятся все объекты (для карты отбираются самые существенные), изображаются значительно меньшие территории, для которых искажения за счет кривизны поверхности настолько малы, что могут не учитываться. На планах нет градусной сетки, а направлением на север считается направление вверх.

Определение своего местоположения относительно сторон горизонта (стран света) называется ориентированием. Ориентирование по карте (плану) предусматривает нахождение и узнавание на местности указанных на карте объектов, определение на карте точки своего нахождения.

Горизонтом называют часть земной поверхности, наблюдаемую на открытой местности. Кроме того различают математический или истинный горизонт (большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии в месте наблюдения) и видимый горизонт (линия, по которой небо кажется сливающимся с земной поверхностью). На ровной поверхности видимый горизонт представляет собой окружность, диаметр которой пропорционален квадратному корню из высоты наблюдения ($D = 3860 \cdot H^{1/2}$). У человека, стоящего на ровной местности, диаметр этой окружности составляет 4,5-5 км, при подъеме на 100 м увеличивается до 40 км. Для ориентирования на местности используют четыре главные точки горизонта (или соответствующие четверти) - стороны горизонта или страны света. Направление к точке горизонта относительно стран света называют румбом, в метеорологии применяют обычно 8 или 16 румбов, в морском деле - 32.

Основные стороны горизонта (румбы) - север, восток, юг и запад, промежуточные - северо-восток, юго-восток, юго-запад, северо-запад. В полдень, когда Солнце находится в южной стороне небосвода (для жителей нашей страны это справедливо всегда), тень от предметов (она при этом самая короткая) падает строго на север. Если встать лицом к северу, сзади будет юг, справа - восток, слева - запад. Полярная звезда - наиболее яркая звезда в созвездии Малой Медведицы. Она сохраняет почти постоянное положение на небе при видимом суточном вращении небесной сферы и в ясные ночи удобна для определения направления на север и широты места, приблизительно равной её высоте над горизонтом.

В любую погоду и время суток направление на север показывает стрелка компаса, прибора указывающего направление магнитного меридиана. Географический и магнитный меридианы не совпадают, как не совпадают соответствующие полюса, поэтому чтобы найти точное направление на север, надо учитывать угол между северным направлением географического меридиана и направлением северного конца магнитной стрелки - магнитное склонение. Если северный (обычно синий) конец магнитной стрелки компаса отклоняется к востоку от географического меридиана склонение называется восточным и имеет знак плюс (положительное), при отклонении к западу - западным и имеет знак минус (отрицательное). Магнитное склонение указывается на топографических картах. Например, магнитное склонение Москвы $+8^\circ$.

Точное направление на объект показывает географический (истинный) азимут - угол, который отсчитывают от северного конца географического меридиана по часовой стрелке до направления на предмет (от 0 до 360°).

При отсутствии компаса направление на север можно определить по местным признакам, отмечающим северные и, значит, получающие меньше

солнечного тепла места. Например, влажные стороны зданий, камней, замшелые стволы деревьев, пятна-снежинки на склонах (весной). С северной стороны у деревьев, растущих на открытой местности, беднее крона; у пней меньше толщина годовых колец; а муравейники, напротив, обычно располагаются к югу от пней и деревьев, с юга на стволах хвойных деревьев выделяется больше смолы.

2. Условные обозначения

Для изображения различных объектов и процессов, их качественных и количественных характеристик, реальных (например, населенные пункты) или абстрактных (например, плотность населения) на картах используют особый искусственный язык условных знаков. Условные знаки выполняют сразу две функции - определяют пространственное положение объектов и указывают их вид и некоторые характеристики. Различают площадные или масштабные, линейные, немасштабные и пояснительные условные знаки. Перечень всех используемых на карте условных знаков и их объяснения (иногда довольно подробные) содержит легенда к карте. Из чтения легенды можно составить представление о карте, не глядя на неё.

На тематических картах применяют самые разнообразные способы изображения. Если нужно показать, как делится территория по какому-нибудь качественному признаку (почвам, типам лесов) применяют способ качественного фона, и части территории с разным качеством окрашивают различными цветами или штриховкой, а из легенды видно, что означает каждый площадной условный знак. Область распространения какого-либо явления (вечная мерзлота, плавучие льды, гнездовья птиц, места обитания видов животных или растений) показывается способом ареалов. Области внутри границ ареалов закрашиваются, а сами ареалы разных явлений могут перекрываться. На картах, выполненных способом картограмм, территории закрашиваются по среднему показателю явления (процент распаханности, плотность населения, потребление продуктов), обычно в политико-административных границах. Применяя картодиаграммы, можно отразить изменение явления во времени, абсолютные величины, или относительные величины по нескольким параметрам. Для этого в пределах контура помещают график, столбчатую или круговую диаграмму, характеризующую территорию, этим контуром ограниченную. Способом изолиний показывают величину явлений - температуру воздуха, давление, количество осадков - распространенных на всей (или почти всей) изображаемой территории. Пункты на карте с одинаковыми величинами соединяют тонкими линиями - изолиниями. На общегеографических картах рельеф изображают отметками высот и горизонталями (на суше это изогипсы, на дне морей и океанов линии равных глубин - изобаты), подкрашивая участки суши по мере увеличения абсолютной высоты в зеленые, желтоватые и коричневые цвета, а море - в голубые тона (чем глубже, тем синее). На топографических картах направление склонов отмечается короткими черточками - бергштрихами, проставляемыми перпендикулярно горизонтали в направлении понижения высоты. На мелкомасштабных картах не так точно отображают детали

рельефа, как на топографических, и сечение горизонталей и интервал высоты у них существенно больше.

Способ знаков движения применяют для показа перемещения воздуха, вод и других явлений вдоль поверхности Земли. Это полосы или стрелки разной формы и цвета, показывающие направление и осевые линии движения, его характер и интенсивность

Географическая карта изображает поверхность Земли с сильным уменьшением и не все объекты (города и села, реки и ручьи, дороги) могут быть на ней зафиксированы - чем меньше масштаб, тем меньше объектов. Поэтому объекты и явления для показа на картах специальным образом отбираются и обобщаются в соответствии с масштабом, назначением карты, особенностями территории. Этот процесс и его продукт называется генерализацией. Основные методы генерализации - отбор, укрупнение рисовки контуров и укрупнение характеристик.

1. Способы ориентации на местности

Ориентирование на местности включает определение своего местоположения относительно сторон горизонта и выделяющихся объектов местности (ориентиров), выдерживание заданного или выбранного направления движения и уяснение положения на местности ориентиров, рубежей, и других объектов.

Ориентироваться можно :

1. По карте,
2. С помощью компаса,
3. По небесным светилам и местным предметам (по различным признакам).

По карте можно определить свое местонахождение, выбрать путь движения с учетом соблюдения маскировки и преодоления возможных препятствий, а также заранее измерить азимуты для движения по бездорожью и в условиях ограниченной видимости.

Чтобы ориентироваться по карте на местности, надо прежде всего сориентировать карту и определить точку своего стояния.

Для ориентирования карты применяются следующие способы:

1. Ориентирование карты по линиям местности. В этом случае необходимо выйти на дорогу (просеку, берег реки или другую линию), отыскать ее на карте и затем поворачивать карту до тех пор, пока направление дороги (линии) на карте не совпадет с направлением дороги (линии) на местности, затем проверить, чтобы предметы, расположенные справа и слева от дороги (линии), на местности находились с тех же сторон, что и на карте.

2. Ориентирование карты по компасу применяется преимущественно на местности, затруднительной для ориентирования (в лесу, в пустыне, в тундре), а также при плохой видимости. В этих условиях компасом определяют направление на север, а затем карту поворачивают (направляют) верхней стороной рамки в сторону севера так, чтобы вертикальная линия координатной сетки карты совпадала с продольной осью магнитной стрелки компаса.

Карту по компасу можно ориентировать более точно с учетом склонения магнитной стрелки. Для этого нужно дополнительно повернуть ее так, чтобы северный конец магнитной стрелки отклонился от штриха 0° шкалы компаса на величину поправки направления, указанную в левом нижнем углу данного листа карты.

Следует помнить, что компасом нельзя пользоваться вблизи железных предметов, боевой техники и линий электропередачи, так как они вызывают отклонение магнитной стрелки.

Определить на карте точку своего стояния легче, когда находишься на местности рядом с ориентиром (местным предметом), изображенным на карте.

В этом случае расположение условного знака будет совпадать с точкой стояния.

Если в точке стояния на местности таких ориентиров нет, то ее можно определить одним из следующих способов :

1. По близлежащим местным предметам (рельефу). Для этого необходимо ориентировать карту и опознать на ней и соответственно на местности 1-2 местных предмета, определить глазомерно свое местонахождение на местности относительно этих предметов и наметить также глазомерно свою точку стояния на карте.

2. Промером расстояний. Двигаясь по дороге (по просеке в лесу или другой линии на местности), обозначенной на карте, замерить парами шагов (по спидометру машины) пройденное расстояние от ближайшего ориентира. Для определения точки своего стояния достаточно лишь отложить измеренное (пройденное) расстояние по масштабу на карте в нужном направлении.

3. Засечками. При движении по дороге (по просеке, вдоль телеграфной линии) свое местонахождение можно определить по местным предметам, расположенным по сторонам дороги. Для этого ориентировать карту по направлению дороги и опознать на ней и на местности какой-либо ориентир. Затем приложить линейку или карандаш к выбранному ориентиру на карте и, не сбивая ориентировки карты, поворачивать линейку вокруг условного знака ориентира до тех пор, пока ее направление не совпадет с направлением на ориентир. То место, где линейка пересечет дорогу, и будет точкой стояния.

При движении по бездорожью, когда точка стояния ничем не обозначена на карте, ее можно определить обратной засечкой по двум-трем направлениям. Для этого надо выбрать на карте и на местности 2-3 ориентира. Затем ориентировать карту по компасу и аналогично предыдущему способу провизировать и прочертить по линейке направления на каждый из выбранных ориентиров. Место пересечения прочерченных линий и будет точкой стояния.

Ориентирование без карты

Заключается в определении сторон горизонта (направлений на север, восток, юг, запад) и своего местонахождения на местности относительно назначенных (выбранных) ориентиров и применяется обычно на ограниченной территории.

При определении сторон горизонта по компасу ему придается горизонтальное положение, тормоз стрелки освобождается. После прекращения колебаний ее светящийся конец укажет направление на север.

Для определения сторон горизонта по Солнцу и часам необходимо встать лицом к Солнцу. Положить часы, показывающие местное время так, чтобы часовая стрелка была направлена на Солнце. Линия, делящая угол между часовой стрелкой и направлением на цифру "1" по зимнему времени или на "2" по летнему времени (только для территории СНГ) пополам, покажет направление на юг

По Луне и часам ориентируются, когда плохо просматривается звездное небо. В полнолуние стороны горизонта можно определить по Луне с помощью часов так же, как и по Солнцу.

Если Луна неполная (прибывает или убывает), то нужно:

- разделить на глаз радиус диска Луны на шесть равных частей, определить, сколько таких частей содержится в поперечнике видимого серпа Луны, и заметить по часам время;

- из этого времени вычесть (если Луна прибывает) или прибавить (если Луна убывает) столько частей, сколько содержится в поперечнике видимого серпа Луны.

Полученная сумма или разность покажет час, когда в том направлении, где находится Луна, будет находиться Солнце;

- направить на Луну то место на циферблате, которое соответствует полученному после сложения или вычитания времени. Биссектриса угла между направлением на Луну и на час (по зимнему времени) или на два часа (по летнему времени) покажет направление на юг.

Определение сторон горизонта по местным предметам.

Производится в сочетании с другими способами. В основе его лежит знание следующих признаков:

- кора большинства деревьев грубее и темнее на северной стороне, тоньше и эластичнее (у березы светлее) - на южной;

- у сосны вторичная (бурая, потрескавшаяся) кора на северной стороне ствола поднимается выше, чем на южной;

- на деревьях хвойных пород смола более обильно накапливается с южной стороны;

- годовые кольца на свежих пнях деревьев расположены гуще с северной стороны;

- с северной стороны деревья, камни, деревянные, черепичные и шиферные кровли раньше и обильнее покрываются лишайниками, грибами;

- муравейники располагаются с южной стороны деревьев, пней и кустов, кроме того, южный скат муравейников пологий, северный - крутой;

- ягоды и фрукты раньше краснеют (желтеют) с южной стороны;

- летом почва около больших камней, строений, деревьев и кустов более сухая с южной стороны, что можно определить на ощупь;

- у отдельно стоящих деревьев кроны пышнее и гуще с южной стороны;

- снег быстрее подтаивает на южных склонах, в результате подтаивания на снегу образуются зазубрины (шипы), направленные на юг;
- алтари православных церквей, часовен и лютеранских кирок обращены на восток, а главные входы расположены с западной стороны;
- приподнятый конец нижней перекладины креста церквей обращен на север.

4. Масштабы и его виды.

Масштаб карты - это отношение длины отрезка на карте к его действительной длине на местности.

Масштаб (от немецкого — мера и Stab — палка) — отношение длины отрезка на карте, плане, аэро- или космическом снимке к его действительной длине на местности.

Численный масштаб — масштаб, выраженный в виде дроби, где числитель — единица, а знаменатель — число, показывающее во сколько раз уменьшено изображение.

Именованный (словесный) масштаб — вид масштаба, словесное указание того, какое расстояние на местности соответствует 1 см на карте, плане, снимке.

Линейный масштаб — вспомогательная мерная линейка, наносимая на карты для облегчения измерения расстояний.

Именованный масштаб выражается именованными числами, обозначающими длины взаимно соответствующих отрезков на карте и в натуре.

Например, в 1 сантиметре 5 километров (в 1 см 5 км). Численный масштаб - масштаб, выраженный дробью, в которой: числитель равен единице, а знаменатель равен числу, показывающему во сколько раз уменьшены линейные размеры на карте. Далее приведены численные масштабы карт и соответствующие им именованные масштабы.

Масштаб плана одинаков во всех его точках.

Масштаб карты в каждой точке имеет свое частное значение, зависящее от широты и долготы данной точки. Поэтому его строгой числовой характеристикой является частный масштаб — отношение длины бесконечно малого отрезка D' на карте к длине соответствующего бесконечно малого отрезка на поверхности эллипсоида земного шара. Однако при практических измерениях на карте используют ее главный масштаб.

Формы выражения масштаба

Обозначение масштаба на картах и планах имеет три формы: численного, именованного и линейного масштабов.

Численный масштаб выражают дробью, в которой числитель — единица, а знаменатель M — число, показывающее, во сколько раз уменьшены размеры на карте или плане (1: M)

В Украине для топографических карт приняты стандартные численные масштабы:

1:1 000 000;

1:500 000;

1: 300 000;
1: 200 000;
1: 100 000;
1 : 50 000;
1 :25 000;
1 : 10 000.

Для специальных целей создают также топографические карты в масштабах 1 : 5 000 и 1 : 2 000.

Основными масштабами топографических планов в Украине являются: 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Однако в землеустроительной практике планы землепользований чаще всего составляют в масштабах 1 : 10 000 и 1 :25 000, а иногда— 1 : 50 000.

При сравнении различных численных масштабов более мелким является тот, у которого больше знаменатель M , и, наоборот, чем меньше знаменатель M , тем крупнее масштаб плана или карты.

Так, масштаб 1 : 10 000 крупнее, чем масштаб 1 : 100 000, а масштаб 1 : 50 000 мельче масштаба 1 : 10 000.

Именованный масштаб

Так как длины линий на местности принято измерять в метрах, а на картах и планах — в сантиметрах, то масштабы удобно выражать в словесной форме, например:

В одном сантиметре 50 метров. Это соответствует численному масштабу 1 : 5000. Поскольку 1 метр равен 100 сантиметрам, то число метров местности, содержащееся в 1 см карты или плана, легко определяют путем деления знаменателя численного масштаба на 100.

Линейный масштаб

Представляет собой график в виде отрезка прямой, разделенного на равные части с подписанными значениями соразмерных им длин линий местности. Линейный масштаб позволяет без вычислений измерять или строить расстояния на картах и планах.

Точность масштаба

Предельная возможность измерения и построения отрезков на картах и планах ограничена величиной 0,01 см. Соответствующее ей число метров местности в масштабе карты или плана представляет собой предельную графическую точность данного масштаба. Поскольку точность масштаба выражает длину горизонтального проложения линии местности в метрах, то для ее определения следует знаменатель численного масштаба разделить на 10 000 (1 м содержит 10 000 отрезков по 0,01 см). Так, для карты масштаба 1: 25 000 точность масштаба равна 2,5 м; для карты 1 : 100 000— 10 м и т. д.

5. Абсолютная и относительная высота местности

Высота местности, отчислена от уровня моря. С древних времен людей интересовали не только формы земной поверхности, но и их высота и взаимное расположение. Поэтому они искали способы определения высоты местности и всестороннего изучения форм рельефа, на которых строили свое жилье или хозяйственные объекты.

За начало отсчета высот на Земле принят уровень Балтийского моря. Высоту местности, определенную от уровня Балтийского моря, называют абсолютной высотой. Абсолютная высота точек, расположенных выше уровня моря, - положительная, а ниже - отрицательная. Так, выше расположены горы суши, ниже - отдельные низменности. Например, абсолютная положительная высота самых высоких гор мира Гималаев равна 8848 м над уровнем моря, а абсолютная отрицательная высота составляет -395 м. Это уровень Мертвого моря.

С давних времен для выяснения вопроса, выше или ниже расположен объект, использовали прибор - уровень. Более ста лет назад люди соединили уровень с трубой и получили новый геодезический инструмент - нивелир. Это слово французского происхождения, в переводе означает «выравнивать».

Чтобы определить абсолютную высоту какой точки, не обязательно каждый раз ехать к Балтийскому морю. На отдельных сооружениях при нивелировании устанавливают специальные знаки. Высоту данной местности. Вне населенных пунктов по линиям нивелирования примерно через 5-8 км закладывают грунтовые реперы.

Превышение одной точки земной поверхности над другой. Кроме абсолютной высоты местности, большое практическое значение имеет относительная высота. Эта высота показывает, на сколько одна точка на земной поверхности выше другой по вертикали. Другими словами, относительная высота равна разности абсолютных высот этих точек, например между высотой горной вершины и уровнем дна ближайшей долины.

Определить относительную высоту между точками в своей местности вы можете с помощью простого нивелира - деревянной рейки высотой 1 м с визгом. Например, вы с приятелем решили определить превышение точек от подножия до вершины холма. Для этого нивелир установить в нижней точке у подножия холма так, чтобы отвес не отклонялся.

Это является своеобразной проверкой того, что нивелир стоит вертикально. Вашему приятелю с рейкой и колышком нужно стать выше по склону, а вы с помощью нивелира заметьте место нижнего края рейки. Если высота нивелира равна 1 м, то точка, где размещен край рейки, будет на 1 м выше того места, где стоит нивелир. В эту точку, чтобы ее не потерять, нужно убить колышек или обозначить ее иначе. Теперь нивелир надо перенести в точку, где стоял ваш приятель, и осуществить нивелирование на другую точку, выше по склону. Конечно, ее высота будет уже на 2 м выше от подножия. Так, пройдя весь склон, можно определить относительную высоту между отдельными точками по склону холма.

Умение определять относительную высоту местности нужно человеку в его хозяйственной деятельности, в частности при строительстве дорог, высотных сооружений, прокладке тоннелей, мостов через реки и т.д.

Географическая карта.

План

1. Понятие о географической карте. Основные виды географических карт.
2. Основные отличия географической карты от плана местности.

3. Градусная сетка на карте и ее элементы.
4. Глазомерная съемка местности.

1. Понятие о географической карте. Основные виды географических карт.

Географическая карта — изображение земной поверхности, содержащее координатную сетку с условными знаками на плоскости в уменьшенном виде, отображающее размещение, состояние и связи различных природных и общественных явлений, их изменения во времени, развитие и перемещение.

Имеющие общий замысел карты могут объединяться в атлас.

Общие определения карты пространства (местности):

Карта — это построенное в картографической проекции, уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или внеземного пространства, показывающее расположенные на ней объекты или явления в определенной системе условных знаков.

Карта — математически определённая образно-знаковая модель действительности.

Все многообразие географических карт можно систематизировать по следующим признакам: по содержанию, масштабу, назначению, по охвату территории.

По содержанию карты бывают общегеографические и тематические. На общегеографических картах все изображаемые объекты равноправны, в основном это рельеф, реки, озера, населенные пункты, дороги и т. д. Тематические карты (физико-географические - геологические, климатические, почвенные, ботанические, природного районирования и социально-экономические - политические, политико-административные, экономические, карты населения и др.) с большей подробностью передают один или несколько определенных элементов, в зависимости от темы карты.

По масштабу выделяют: крупномасштабные, среднемасштабные и мелкомасштабные карты. Крупномасштабные (топографические) карты масштаба 1:200 000 и крупнее создаются в результате обработки аэрофотоснимков и при непосредственной съемке местности; искажения на топокартах весьма незначительны и они точно передают основные особенности территории.

Среднемасштабные (обзорно-топографические) карты (1:200 000 - 1 000 000 включительно) создаются по крупномасштабным картам путем генерализации. Часть объектов изображается внемасштабными знаками. Мелкомасштабные (обзорные) карты (мельче 1:1000000) предназначены для изучения больших территорий и часто используются в качестве основы для тематических карт. Большинство школьных карт - мелкомасштабны.

По назначению карты делятся на научно-справочные, учебные, туристические и др.

По величине (охвату территории) создаются карты мира, полушарий, материков и их частей, океанов и морей, государств и их частей - республик, областей, районов и т. д.

Часто для отображения наиболее характерных черт какого-либо явления, облегчения его понимания (особенно в учебных целях) применяют чертежи, рисунки земной поверхности, построенные без строгого соблюдения масштаба, без градусной сетки. Такие рисунки называются картосхемами; они непригодны для измерений, но часто показывают соотношения между объектами более наглядно, чем карта. В последнее время, особенно для изображения социально-экономических явлений, применяются анаморфированные карты, или анаморфозы. Это картографические изображения, построенные по строгим математическим законам, но не в обычных пространственных координатах, а в координатах рассматриваемого явления или в масштабе времени, цен и т. д. Знакомые очертания объектов на анаморфированных картах порой сильно искажаются.

2. Основные отличия географической карты от плана местности.

План — это чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости (в масштабе Г. 10 000 и крупнее) часть земной поверхности.

Географические карты — уменьшенные, обобщенные изображения земной поверхности на плоскости с использованием специальных картографических обозначений. Карты разнятся между собой по территориальному охвату, содержанию, назначению, масштаб[^]] Различают карты мира, океанов и морей, материков, частей материков, государств, областей, районов и т. д.; общегеографические (изображается земная поверхность со[^]в[^]еми~боъс"кта-ми) и тематические. Среди тематических выделяют карты природных явлений (геологические, климатические, почвенные, геоботанические и др.) и социально-экономические карты (населения, промышленности, сельского хозяйства, транспорта и т. д.).

По назначению карты бывают, учебные, научные, сельскохозяйственные, туристские и др. По масштабу они делятся на мелкомасштабные — масштаб мельче 1:1 000 000 (в 1 см 10 км) — обзорные карты; средне-масштабные (от 1:1 000 000 до 1:200 000 — в 1 см 2 км) — обзорно-топографические; крупномасштабные — от 1:10 000 (в 1 см 0,1 км) до 1:200 000. Крупномасштабные карты называются топографическими. На этих картах географические объекты и их очертания изображаются наиболее подробно. При уменьшении масштаба карты детали обобщают или исключают, отбирают те объекты, которые могут быть выражены в масштабе данной карты. Учитывается также назначение карты. Так, на научно-справочной карте объектов и надписей значительно больше, чем на школьной учебной карте. Отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно назначению, масштабу карты и особенностям картографируемой территории называется картографической генерализацией.

Для изображения различных географических объектов на картах используются специальные условные знаки: масштабные (площадные, линейные), немасштабные и пояснительные. Площадными знаками показывают лесные массивы, луга, болота, озера, линейными — реки, дороги, трубопроводы; в немасштабными знаками изображают заводы, фабрики, мельницы, электростанции, памятники, отдельные деревья, валуны, колодцы,

т. е. «точечные» объекты или площади, которые не выражаются в масштабе карты. К пояснительным условным знакам относят стрелки на реке, показывающие направление течения, рисунки деревьев и др.

Земную поверхность на плоскости изображают с помощью математических способов, которые отражают в картографических проекциях. При развертывании шаровой поверхности Земли на плоскости углы, длины линий, площади, геометрические формы географических объектов искажаются. По характеру искажений картографические проекции делят на равноугольные (не искажаются углы и направления, но искажаются расстояния и площади), равновеликие, или равно'площадные (не искажаются площади, но искажаются углы и формы), и произвольные (искажаются и углы, и площади). Картографические проекции различаются и по построению. Чтобы перенести поверхность шара на плоскость, применяют вспомогательные геометрические поверхности (цилиндр, конус и др.). В зависимости от использования вспомогательных поверхностей при переносе поверхности Земли на плоскость картографические проекции подразделяются на цилиндрические, конические и азимутальные.

Основные отличия плана от географической карты следующие: 1) планы составляют в крупных масштабах (1:10 000 и крупнее), карты — в более мелких; 2) градусной сети на планах нет, ориентированы они по стрелке север — юг; 3) планы составляют на небольшие участки местности, отдельные сооружения. На них с большей детализацией показывают объекты; 4) на плане не учитывается кривизна Земли, на карте учитывается.

По географическим картам можно измерять расстояния, длину рек, береговой линии, вычислять площади отдельных территорий, определять высоты точек над уровнем океана, глубины океанов и морей.

Расстояния по карте измеряют с помощью линейки, циркуля и полученный результат умножают на масштаб карты. Для измерения длин кривых линий (рек, береговой линии) используют циркуль-измеритель маленького раствора (2—3 мм), тонкую влажную нитку или специальный прибор курвиметр, длина окружности колесика которого известна. Величина ошибок измерений зависит от масштаба карты и картографической проекции. Чем крупнее масштаб карты, тем меньше генерализация и тем точнее измерение. Высоты и глубины на картах определяют по шкале высот и глубин, горизонталям, или изогипсам (линиям одинаковых высот), и изобатам (линиям одинаковых глубин), а также по отметкам высот и глубин.

Карты широко используются в практической деятельности: для ориентирования на местности, при навигации, на транспорте, в туристских походах, экспедициях, при передвижении войск и т. д.; они служат основой для размещения различных хозяйственных объектов (плотин, каналов, водохранилищ, тоннелей, гидроэлектростанций, населенных пунктов, санаториев, железнодорожных и автомагистральных линий и т. д.), для оценки природных условий в интересах народного хозяйства, преобразования и охраны окружающей среды.

Карта является хорошим средством научных исследований, помогает прогнозировать многие явления. Так, изучая по ней геологическое строение территории, можно выявить закономерности в размещении полезных ископаемых.

3. Градусная сетка на карте и ее элементы.

Порой людям в их хозяйственной деятельности или в исследованиях очень важно определить точное местонахождение каких-либо географических объектов на поверхности Земли. Это можно сделать с помощью градусной сетки, которая есть на каждой карте или глобусе. Она состоит из линий параллелей и меридианов.

Точки пересечения земной оси с поверхностью земного шара называются полюсами (Северный и Южный). Вокруг этой оси Земля за 24 часа совершает один оборот.

На одинаковом расстоянии от полюсов проведена окружность, которая называется экватором.

Параллель — линии, условно проведенные по поверхности Земли параллельно экватору. Параллели на карте и глобусе направлены на запад и восток. Они не равны между собой по длине. Самая длинная параллель — экватор. **Экватор** — воображаемая линия на земной поверхности, полученная при мысленном рассечении эллипсоида на две равные части (Северное и Южное полушарие). При таком рассечении все точки экватора оказываются равноудаленными от полюсов. Плоскость экватора перпендикулярна оси вращения Земли и проходит через ее центр. Всего на Земле 180 меридианов, 90 из них к северу от экватора, 90 — к югу.

Параллели 23,5° северной и южной широты называются тропическими кругами или просто тропиками. На каждом из них один раз в год полуденное Солнце бывает в зените, т. е. солнечные лучи падают отвесно.

Параллели 66,5° северной и южной широты называют полярными кругами.

Через Северный и Южный полюсы проведены окружности, **меридианы** — **кратчайшие линии**, условно проведенные на поверхности Земли от одного полюса к другому.

Начальный или нулевой меридиан проведен по Гринвичской обсерватории (Лондон, Великобритания). Все меридианы имеют одинаковую длину и форму полуокружностей. Всего на Земле 360 меридианов, 180 к западу от нулевого, 180 — к востоку. Меридианы на карте и глобусе направлены с севера на юг.

Для точного определения местоположения любого объекта на поверхности земли одной линии экватора недостаточно. Поэтому полушария мысленно разделены еще множеством плоскостей, параллельных плоскости экватора — это параллели. Все они, как и плоскость экватора, перпендикулярны оси вращения планеты. Параллелей можно провести сколько угодно, но обычно их проводят с интервалом 10-20°. Параллели всегда ориентированы с запада на восток. Длина окружности параллелей уменьшается от экватора к полюсам. На экваторе она самая большая, а на полюсах равна нулю:

Длина дуг параллелей

Параллели	Длина 1° в км
0	111,3
10	109,6
20	104,6
30	96,5
40	85,4
50	71,7
60	55,8
70	38, 2
80	19,4
90	0

При пересечении земного шара воображаемыми плоскостями, проходящими через ось Земли перпендикулярно плоскости экватора,

образуются большие окружности – меридианы. В переводе на русский язык слово «меридиан» означает «полуденная линия». Действительно, их направление совпадает с направлением тени от предметов в полдень. Если идти все время по направлению этой тени, то обязательно придешь к Северному полюсу. Меридианы – кратчайшая линия, условно проведенная от одного полюса к другому. Все меридианы представляют собой полуокружности. Их можно провести через любые точки на поверхности Земли. Все они пересекаются в точках полюсов. Меридианы ориентированы с севера на юг. Средняя длина дуги 1° меридиана рассчитывается так:

$$40\,008,5 \text{ км} : 360^\circ = 111 \text{ км}$$

Длина всех меридианов одинакова. Направление местного меридиана в любой точке можно определить в полдень по тени от любого предмета. В Северном полушарии конец тени всегда показывает направление на север, в Южном – на юг.

Изображение линий меридианов и параллелей на глобусе и географических картах называют градусной сеткой.

Географическая широта — это расстояние какой-либо точки земной поверхности к северу или югу от экватора, выраженное в градусах. Широта бывает северной (если точка расположена к северу от экватора) и южной (если к югу от него).

Географическая долгота — это расстояние какой-либо точки земной поверхности от начального меридиана, выраженная в градусах. К востоку от нулевого меридиана будет восточная долгота (сокращенно: в. д.), к западу — западная (з. д.).

Географические координаты — географическая широта и географическая долгота заданного объекта.

4. Глазомерная съемка местности.

Упрощенная топографическая съемка местности. Производится с помощью планшета, визирной линейки и компаса на глаз, с небольшой степенью точности и применением самых простых приборов. Краеведу надо уметь составлять такие планы местности.

Возьмите планшет—квадратную доску или папку. К нему прикрепите лист плотной бумаги размером 24х36 см, компас; необходимо также иметь трехгранную визирную линейку длиной около 30 см, простой карандаш и резинку. Тонкими карандашными линиями лист бумаги расчертите на одно- или двухсантиметровые квадраты. Линия север-юг на компасе должна быть параллельна длинному ребру планшета. Внизу справа на листе отметьте линейный масштаб в шагах или в метрах. На планшет нанесите исходную точку. Если снимаемая местность лежит от нее на север, то точку поставьте на южной, нижней части планшета. Теперь надо ориентировать планшет по странам света, поворачивая его до тех пор, пока буква «С» на компасе не совпадет с направлением темного конца магнитной стрелки, указывающего на север.

Отметив карандашом исходную точку, следует осмотреть местность, замечая отдельный холм, высокое дерево, строение, водоем, мост, насыпь и т.

д. Это ориентиры. От исходной точки карандашом прочертите, например, направление дороги до поворота. Для этого планшет поднимите на уровень глаз, нацельте визирную линейку по линии дороги и прочертите ее направление на планшете.

Удобнее работать вдвоем: один следит за положением планшета, другой визирует. Еще лучше — установить планшет на треногу, колышек, пень, камень. Далее, не меняя положения планшета, визируют и прочерчивают направления на характерные местные предметы.

Так появляются ряд линий и условные обозначения ориентиров. Но где на линии они находятся? Их местоположение определяется двумя способами: первый — измерение расстояния на глаз или шагами; второй — метод засечки: визируют на тот же ориентир с другой точки (в месте пересечения линий и будет находиться снимаемый предмет). Размер шага высчитывается на заранее отмеренном 100-метровом отрезке по среднему арифметическому из нескольких промеров.

Значительно проще и удобнее метод засечки. Провизируя и прочертив на планшете направление на предмет с исходной точки, надо двигаться по ходовой линии, измеряя расстояние шагами. Отметив остановку точкой, снова взять направление на тот же ориентир и прочертить линию. В месте пересечений и будет находиться предмет, помечаемый условным топографическим знаком. Во второй точке стояния (ТС 2) работа производится в том же порядке: засечкой определяется положение предметов, визируются и прочерчиваются направления на ориентиры. Закончив работу в ТС 2, следуют по дороге в ТС 3, и так до конца снимаемого участка.

Когда на план нанесены ориентиры, он дополняется деталями местности. Топографическими знаками изображаются кустарники, огороды, сады, болота, каналы, реки и др. Они покрывают пространство между ориентирами. В нашем случае участок снимался с дороги. Ее может заменить тропа, а если и ее нет, то можно идти и без дорог — от одного ориентира к другому.

Если имеется карта данного района, то можно скопировать нужный узкий участок, по которому пролегает маршрут похода, и затем, уже в походе, наметить на карте этот путь и прилегающие к нему дополнительные ориентиры. Такая узкая полоска карты называется маршрутной лентой. На ней обозначают страны света и надписывают, куда идут все отходящие от маршрута дороги, какое расстояние до ближайшего населенного пункта, и размечают путь в километрах. На основании наблюдений и сведений, полученных от местных жителей, карта дополняется и уточняется; на нее наносятся места стоянок, вновь появившиеся дороги, поселки, карьеры, лесные насаждения и т. п. Для удобства маршрутные ленты наклеивают на куски картона, покрытые плотными полосками; тогда карту можно складывать.

В полевой работе часто приходится измерять высоту холмов, определять крутизну склонов. Есть несколько способов их измерения.

1. Измерение с помощью двух реек и ватерпаса. Длина рейки—2 м; на нее наносятся сантиметровые деления. Вешками или кольшками обозначается направление, по которому ведется измерение. У подножия холма ставится первая рейка, вторая кладется горизонтально между рейкой и склоном. Вертикальность и горизонтальность реек выверяются ватерпасом. По первой рейке отсчитывается высота, на которую поднялась горизонтальная рейка, а по второй—расстояние от верха первой рейки до склона холма. Записав эти данные, надо перенести вертикальную рейку на точку, где горизонтальная рейка касалась склона холма. Вторую рейку опять устанавливают горизонтально... Так производятся измерения по склону холма, шаг за шагом, до его вершины. Сложив все отсчеты вертикальной рейки, получаем высоту холма. Зная отсчеты и по горизонтальной рейке, нетрудно изобразить поперечный профиль склона, отложив в масштабе вертикальные и горизонтальные расстояния, как это показано на рисунке.

2. Измерение способом «горизонтального визирирования». У подножия холма или обрыва поднимают к уровню глаз на вытянутой руке полевую книжку, держа ее строго горизонтально. Визируют на какую-либо приметную точку (камень, цветок, пучок травы). Поднимаются по склону до этой точки и снова визируют. Высота вашего роста известна. По числу отсчетов определяют высоту склона берега, холма, оврага. Для большей точности рекомендуется пользоваться простейшим нивелиром, который держат рукой за кольцо.

3. Измерение отвесного или почти отвесного обрыва веревкой, размеченной на метры (мерной лентой).

4. Измерение крутизны склона самодельным эклиметром — прибором для измерения углов наклона на местности. Сделать его можно из картона размером 15x20 см, на который с помощью транспортира нанести полуокружность, разметив ее на градусы; в центре полуокружности подвесить на нитке грузик. Как им пользоваться—видно из рисунков. Отсчет градусов производят, прижимая пальцем нить отвеса.

5. Определение крутизны склона по величине отклонения отвеса от транспортира.

Высоту отдельных предметов (для записи в маршрутной книжке), например дерева, можно измерить несколькими способами.

1. При помощи точно измеренного шеста и при известном росте производящего измерение, а также, когда известно расстояние от него до дерева; высоту дерева определяют из вычисления пропорции подобных треугольников.

2. При помощи транспортира наблюдатель занимает положение, при котором отвес транспортира показывает угол в 45° . Строится прямоугольный треугольник ABC, в котором угол BAC 45° , а следовательно, и угол ABC также равен 45° ; поэтому катеты треугольника AC и BC равны. Измерив расстояние от наблюдателя до дерева, узнают величину AC и BC. Значит, высота дерева равна расстоянию от него до наблюдателя плюс высота роста наблюдателя.

После съемки местности «в поле» чертеж оформляют начисто в «домашних условиях», обычно тушью, реки и озера закрашивают акварельными красками, тщательно делают надписи.

Литосфера и рельеф.

План

1. Литосфера и рельеф.
2. Формы земной коры.
3. Типы земной коры.
4. Внутренние и внешние силы Земли.
5. Происхождение материков и океанов.

1. Литосфера и рельеф.

Слой мантии, лежащий выше астеносферы, вместе с земной корой называют литосферой. Это относительно хрупкая твердая оболочка Земли, разбитая глубинными разломами на крупные блоки - литосферные плиты. Верхняя часть литосферы - земная кора на 90 % состоит из 8 химических элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, калия, натрия, магния). Она также имеет слоистое строение, которое различно для материков и океанов. Континентальная земная кора имеет три слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Скорости распространения сейсмических волн в гранитных и метаморфических слоях близки к скоростям волн в соответствующих горных породах. Отсюда и название. В океанической земной коре гранитный слой отсутствует.

Минералы - природные тела, однородные по химическому составу и природным свойствам, образующиеся в глубинах и на поверхности Земли. Известно около 3000 видов минералов. Наиболее распространены силикаты, оксиды и гидроксиды, сульфиды, фосфаты, карбонаты. Природные агрегаты минералов относительно постоянного минералогического состава называются горными породами. В земной коре они образуют самостоятельное геологическое тело. По происхождению различают магматические, метаморфические и осадочные породы. Магматические горные породы образуются в результате внедрения и застывания магмы на глубине (интрузивные - гранит, сиенит) или на поверхности (эффузивные - базальт, вулканическое стекло, пемза). Основными породообразующими минералами для них служат кварц, полевые шпаты, слюды. Магматические породы занимают около 60 % земной коры, с ними связаны месторождения металлических полезных ископаемых, апатитов, алмазов.

Осадочные породы образуются при осаждении и отложении различного обломочного материала. В зависимости от исходного материала различают терригенные (обломочные - их классифицируют по величине слагающих частиц, сцементированности и окатанности: алеврит, песок, песчаник, щебень, галька и т. п.), хемогенные (осажденные из химических растворов: соли, гипсы, доломиты) и биогенные (образованные при скоплении продуктов жизнедеятельности организмов: известняки, ископаемые угли, гуано, представляющее собой разложившийся помет птиц). С осадочными

горными породами связаны месторождения угля, нефти, газа, строительных материалов, чилийской селитры).

Метаморфические породы образуются из магматических или осадочных при существенном изменении их минерального состава и структуры под воздействием высоких температур, большого давления и высокотемпературных водных растворов. Этот процесс называется метаморфизмом. Так, при перекристаллизации гранитов образуются гнейсы, песчаников - кварциты, известняка или доломита - мрамор.

С метаморфическими горными породами связаны месторождения золота, руд цветных и редких металлов, урановых руд, графита, строительных и поделочных материалов, драгоценных камней.

1. **Формы земной коры.**

Под **рельефом** понимают очертания внешней поверхности Земли, формирующиеся при контакте литосферы с атмосферой или гидросферой.

Рельеф и слагающие его горные породы являются фундаментом, каркасом природных комплексов, всей природы в целом. Особенности рельефа оказывают огромное влияние на природные условия страны: определяют направление течения рек, многие черты климата, распределение почвенно-растительного покрова и животных.

Отдельные неровности этой поверхности называют формами рельефа. Различают положительные (возвышающиеся над окружающим пространством - горные хребты, возвышенности, холмы, гряды, бугры, барханы) и отрицательные формы (относительно пониженные - впадины, котловины, долины, лощины, овраги). По величине выделяют планетарные формы (материки и ложе мирового океана), мегарельеф (великие равнины и горные страны, впадины океанов и срединно-океанические хребты, материковые выступы и островные дуги), макрорельеф (горные хребты, плоскогорья, низменности и т. п.) мезорельеф (отроги хребтов, небольшие котловины, долины рек, холмы, дюны), микрорельеф (амплитуда высот несколько метров - западины, лощины, бугры) и нанорельеф (размером несколько сантиметров - кочки, песчаная рябь).

Особенности рельефа любой территории, размещение и богатство полезными ископаемыми зависят от строения земной коры, геологической истории ее развития и возраста слагающих ее горных пород.

Горы и равнины.

Горы и равнины - основные формы рельефа Земли, занимающие соответственно 40 и 60 % её поверхности.

Равнинами называют обширные участки суши с небольшими уклонами и незначительными колебаниями высот. По абсолютной высоте различают равнины, лежащие ниже уровня моря (впадина Каттара - 133 м, Турфанская впадина - 154 м, Прикаспийская низменность - 28 м), низменные - с высотой 0-200 м (Амазонская, Ла-Платская низменности, Миссисипская и Приатлантическая низменности, Месопотамская и Туранская, впадина Боделе), возвышенные - от 200 до 500 м (Большая пустыня Виктория, Руб-эль-Хали), нагорные (плато) - выше 500 м (Великие равнины Северной Америки,

Таримская впадина, плато Устюрт). Поверхность равнины может быть горизонтальной, наклонной, вогнутой или выпуклой. Различают плоские, холмистые, увалистые, волнистые, ступенчатые равнины. Чем выше равнины, тем они, как правило, более расчленены. Вид равнин зависит от истории их развития и строения. Большинство равнин приурочено к плитам древних и молодых платформ. Они сложены пластами осадочных пород большой мощности и называются пластовыми (Западно-Сибирская низменности,) наибольшие площади среди них занимают аллювиальные (Великая Китайская равнина, песчаные пустыни Каракаумы, Кура-Араксинская и Индоганская), ледниковые (моренные - север Северной Америки до Великих озер, север Европы и России), водно-ледниковые (Полесье, предгорья Альп, Алтай, Кавказа). Низменные плоские морские равнины протягиваются узкой полосой вдоль побережий морей и океанов (Прикаспийская, Причерноморская, север Евразии).

Равнины, возникающие на месте гор после их разрушения, сложенные твердыми кристаллическими породами и смятые в складки называют денудационными (Казахский мелкосопочник, равнины Канадского и Балтийского щитов). Возвышенные ровные, слаборасчлененные поверхности, ограниченные уступами, называют плато (плато Устюрт, Декан, Колорадо).

Виды равнин.

Рельеф равнин не очень разнообразен. Это объясняется однородность геологического строения платформенных участков континентальной коры и малой их подвижностью. Значительная приподнятость некоторых платформенных равнин (например, в Восточной Сибири и Северной Америке), обуславливающая большую глубину их эрозионного расчленения, - результат неотектонических движений.

Платформенные равнины занимают больше половины всей площади суши. Больше 80% всех равнин первично ровные пластовые и аккумулятивные. Аккумулятивные равнины низкие и по общей площади значительно уступают пластовым равнинам - rrra.ru. Денудационные – обычно возвышенные, с неровной поверхностью, в рельефе которой отражается неодинаковая стойкость пород к разрушению.

Поверхность равнин в общем может быть горизонтальной, наклонной, выпуклой, вогнутой; общий характер ее рельефа разнообразен: плоский, холмистый, волнистый, ступенчатый и т.д.

Типы равнин.

Равнинами называют пространства, большей частью значительные по площади, на которых колебания высот очень малы. В геологическом отношении равнины соответствуют платформам. Равнины, лежащие на небольшой высоте над уровнем моря (до 200 м абсолютной высоты), принято называть низменностями, высоко расположенные – плоскими возвышенностями или плато. Примерами плато могут служить Устюрт, плато Колорадо в Северной Америке и др.

Равнины – это понятие чисто морфографическое, и с генетической точки зрения они могут быть очень разнообразными. Итак, выделяют следующие генетические типы равнин:

Первичные равнины, или равнины морской аккумуляции - наиболее обширные по площади, формируются в результате морской аккумуляции при временном затоплении платформенных областей трансгрессиями неглубоких эпиконтинентальных морей с последующим превращением их в сушу при колебательном движении положительного знака - rrra.ru. Они представляют обнажившееся из-под воды морское дно, покрытое осадочными морскими отложениями, обычно уже одевшееся плащом элювия или каких-либо других континентальных образований — ледниковых, флювиальных, эоловых, нередко определяющих собой вторичный микро- и мезорельеф этих равнин. Примерами равнин морской аккумуляции могут служить равнины европейской части бывшего СССР, Западно-Сибирская равнина, Прикаспийская низменность.

Аллювиальные равнины образуются в результате аккумулятивной деятельности рек и сложены с поверхности слоистыми речными наносами. Толща последних в одних случаях может достигать весьма значительной мощности – в несколько десятков и даже сотен метров (низовья р. Ганга, долина р. По, Венгерская низменность), в других — образует лишь тонкую настилку поверх размытых коренных пород. Первое имеет место в дельтах рек и в областях тектонического опускания, захватывающего части речных бассейнов, второе — в нормальных поймах зрелых речных долин. К аллювиальным равнинам относятся Куро-Араксинская, Верхне-Рейнская и др. равнины.

Флювиогляциальные равнины. Перенос, сортировку и переотложение твердого обломочного материала на значительные пространства могут производить также талые воды ледников, вытекающие из-под их концов или краев. Эти воды обычно не имеют вблизи их выхода характера регулярных постоянных водотоков, изменяя часто место выхода из-под льда свою водоносность и направление течения - rrra.ru. Они бывают перегружены перемытым обломочным материалом морен, производят его сортировку по величине, перенос и отложение, широко распределяя его при своем блуждании перед фронтом ледника. В качестве примеров можно привести Мюнхенскую и другие равнины у северной подошвы Альп, Прикубанскую, Кабардинскую, Чеченскую равнины у северной подошвы Большого Кавказа.

Озерные равнины представляют плоские днища бывших озер, осушившихся или вследствие спуска вытекающими из них реками, или вследствие исчезновения плотины, или благодаря заполнению их ванн наносами. По своим окраинам такие озерные равнины часто оконтурены древними береговыми линиями, выраженными в виде невысоких абразионных уступов, береговых валов, береговых дюнных гряд или озерных террас, свидетельствующих о стояниях бывшего уровня озера. В большинстве случаев равнины озерного происхождения бывают незначительной величины и сильно

уступают по размерам первым трем типам. Примером одной из наиболее обширных озерных равнин может служить равнина четвертичного приледникового озера Агассиза в Северной Америке. Также к озерным относятся равнины Турайгыр-кобо, Джаланаши и Кеген в Казахстане.

Остаточные или предельные равнины. Под этими названиями подразумеваются пространства, имевшие первоначально большую абсолютную высоту и резко выраженный рельеф, представлявшие, возможно, некогда даже горную страну, которые приобрели равнинный характер лишь в результате длительного воздействия экзогенных факторов деструкции и сноса - $r_{rrr}.ru$. Эти равнины находятся, следовательно, в заключительной стадии нисходящего развития горной страны, при допущении продолжительного состояния относительного тектонического покоя, что осуществляется, по-видимому, редко. В качестве примера предельной равнины, уже несколько измененной последующими процессами, можно привести протягивающуюся вдоль восточной подошвы Аппалачских гор Северной Америки наклонную равнину, полого опускающуюся к востоку.

Вулканические нагорные плато. Возникают в тех случаях, когда по трещинам земной коры изливаются на поверхность огромные массы преимущественно основной лавы. Растекаясь благодаря своей большой подвижности на обширные пространства, лава заполняет и погребает под собой все неровности первичного рельефа и образует огромные по площади лавовые плато. Примерами могут служить Колумбийское базальтовое плато Северной Америки, трапповое плато северо-западного Декана, некоторые части Закавказского нагорья.

Различия равнин по высоте.

По сравнению с горными территориями равнины, располагающиеся, как правило, на платформенных участках земной коры, удивительно стабильны. Но их история намного древнее и подчас сложнее, чем у горных областей. Равнины различаются по своей высоте над уровнем моря.

Низменности, или низкие равнины, не достигают высот 200 м, а иногда даже лежат ниже уровня моря во внутренних областях континентов, как, например, Прикаспийская низменность (-28 м). Протяжённые низменные равнины протягиваются по побережью Мексиканского залива и Атлантического океана в США, по побережью Балтики и Северного моря в Европе. Частое явление в таких местах — заболачивание территории, подтопление.

Прибрежные равнины иногда располагаются в местах, где земная кора прогибается, испытывает погружение, например, Паданская низменность, лежащая в долине реки По. В этом районе расположена Венеция - знаменитый город с улицами-каналами, ежегодно страдающий от наводнений. Отвоёваны у моря низменные земли Нидерландов - польдеры. Жизнь заставила местное население приспособиться к постоянной угрозе затопления.

Низменности занимают долины и дельты рек. Одни из самых обширных таких низменностей Амазонская в Южной Америке (долина рек Амазонки и

её притоков) и Западно-Сибирская в Азии (между долинами рек Обь и Енисей).

Плодородные земли Месопотамской низменности (долины рек Тигр и Евфрат в Передней Азии) - место зарождения одной из древнейших цивилизаций.

Возвышенности занимают высоты около 200-500 м над уровнем моря. Это Великие Американские равнины, Среднесибирское плоскогорье, Бразильское плоскогорье, пустыни Австралии. Возвышенности - сочетание более ровных и холмистых участков. Иногда на них встречаются «островки» — низкие одиночные горы, остатки прежних горных хребтов.

Плоскогорья имеют все признаки равнин, но подняты на высоты, иногда сопоставимые с высотами гор. Как правило, глубокие крутостенные каньоны делят плоскогорья на отдельные участки. Сначала они были выровнены денудацией, затем приподняты неотектоническими движениями, как, например, Альтиплано в Андах, плато Устюрт в Казахстане, плато Колорадо в Северной Америке.

Часто на равнинах в сухих тропических поясах расположены пустыни: Сахара в Африке, пустыни Средней Азии, высокогорная пустыня Гоби, обширные пустыни Австралии.

Виды гор.

Горы - это обширные (длиной в сотни и тысячи км) высоко поднятые над равнинами и резко расчлененные участки земной поверхности со значительными перепадами высот, со складчатой или складчато-глыбовой структурой. По абсолютной высоте различают низкогорья (до 1000 м), обычно они имеют округлые склоны, пологие вершины и сравнительно широкие долины, среднегорья (1000-2000 м) и высокогорья (выше 2000 м).

Горы — это возвышенные участки земной поверхности, круто поднимающиеся над окружающей территорией. В отличие от плато, вершины в горах занимают небольшую площадь. Горы можно классифицировать по разным критериям: 1) географическому положению и возрасту, с учетом их морфологии; 2) особенностям структуры, с учетом геологического строения. В первом случае горы подразделяются на Кордильеры, горные системы, хребты, группы, цепи и одиночные горы. Название «кордильера» происходит от испанского слова, означающего «цепь» или «веревка». К Кордильерам относятся хребты, группы гор и горные системы разного возраста. Район Кордильер на западе Северной Америки включает Береговые хребты, горы Каскадные, Сьерра-Невада, Скалистые и множество небольших хребтов между Скалистыми горами и Сьерра-Невадой в штатах Юга и Невада. К Кордильерам Центральной Азии относятся, например, Гималаи, Куньлунь и Тянь-Шань. Горные системы состоят из хребтов и групп гор, сходных по возрасту и происхождению (например, Аппалачи). Хребты состоят из гор, вытянутых длинной узкой полосой. Горы Сангре-де-Кристо, простирающиеся в штатах Колорадо и Нью-Мексико на протяжении 240 км, шириной обычно не более 24 км, со многими вершинами, достигающими высоты 4000— 4300 м, являются типичным хребтом. Группа состоит из генетически тесно

связанных гор при отсутствии четко выраженной линейной структуры, характерной для хребта. Горы Генри в Юте и Бэр-По в Монтане — типичные пример и горных групп. Во многих районах земного шара встречаются одиночные горы, обычно вулканического происхождения. Таковы, например, горы Худ в Орегоне и Рейнир в Вашингтоне, представляющие собой вулканические конусы. Вторая классификация гор строится на учете эндогенных процессов рельефообразования. Вулканические горы формируются за счет накопления масс магматических пород при извержении вулканов. Горы могут возникнуть и вследствие неравномерного развития эрозионно-денудационных процессов в пределах обширной территории, испытавшей тектоническое поднятие. Горы могут образоваться и непосредственно в результате самих тектонических движений. Последняя ситуация характерна для многих крупных горных систем земного шара, где орогенез продолжается и в настоящее время. Такие горы называются складчатыми.

Складчатые горы. Изначально многие крупные горные системы были складчатыми, однако в ходе последующего развития их строение весьма существенно усложнилось. Зоны исходной складчатости ограничены геосинклинальными поясами — огромными прогибами, в которых накапливались осадки, главным образом в мелководных океанических обстановках. Перед началом складкообразования их мощность достигала 15 000 м и более. Приуроченность складчатых гор к геосинклиналям кажется парадоксальной, однако, вероятно, те же процессы, которые способствовали формированию геосинклиналей, впоследствии обеспечивали смятие осадков в складки и формирование горных систем. На заключительном этапе складкообразование локализуется в пределах геосинклинали, поскольку вследствие большой мощности осадочных толщ там возникают наименее устойчивые зоны земной коры. Классический пример складчатых гор — Аппалачи на востоке Северной Америки. Геосинклиналь, в которой они образовались, имела гораздо большую протяженность по сравнению с современными горами. В течение примерно 250 млн. лет осадконакопление происходило в медленно погружавшемся бассейне. Максимальная мощность осадков превышала 7600 м. Затем геосинклиналь подверглась боковому сжатию, в результате чего сузилась примерно до 160 км. Осадочные толщи, накопившиеся в геосинклинали, были смяты в складки и разбиты разломами, вдоль которых происходили дизъюнктивные дислокации.

На протяжении стадии складкообразования территория испытывает интенсивное поднятие, скорость которого превышала темпы воздействия эрозионно-денудационных процессов. Со временем эти процессы привели к разрушению гор и снижению их поверхности. Первичные деформации при образовании складчатых гор обычно сопровождаются значительной вулканической активностью. Вулканические извержения проявляются во время складкообразования или вскоре после его завершения, и в складчатых горах изливаются большие массы расплавленной магмы, слагающие батолиты. Многие складчатые горные системы рассечены огромными

надвигами с разломами, по которым покровы горных пород мощностью в десятки и сотни метров смещались на многие километры. В складчатых горах могут быть представлены как довольно простые складчатые структуры (например, в горах Юра), так и весьма сложные (как в Альпах).

В некоторых случаях процесс складкообразования развивается более интенсивно по периферии геосинклиналей, и в результате на поперечном профиле выделяются два краевых складчатых хребта и центральная приподнятая часть гор с меньшим развитием складчатости. От краевых хребтов в сторону центрального массива простираются надвиги. Массивы более древних и более устойчивых горных пород, ограничивающие геосинклинальный прогиб, называются форландами. Такая упрощенная схема строения не всегда соответствует действительности. Например, в горном поясе, расположенном между Нейтральной Азией и Индостаном, представлены субширотно ориентированные горы Куньлунь у его северной границы, Гималаи — у южной, а между ними Тибетское нагорье. По отношению к этому горному поясу Таримский бассейн на севере и полуостров Индостан на юге являются форландами. Эрозионно-денудационные процессы в складчатых горах ведут к формированию характерных ландшафтов. В результате эрозионного расчленения смятых в складки пластов осадочных пород образуется серия вытянутых хребтов и долин. Хребты соответствуют выходам более устойчивых пород, долины же выработаны в менее устойчивых породах. При глубоком эрозионном расчленении складчатой горной страны осадочная толща может быть полностью разрушена, а ядро, сложенное магматическими или метаморфическими породами, может обнажиться.

Глыбовые горы. Многие крупные горные хребты образовались в результате тектонических поднятий, происходивших вдоль разломов земной коры. Горы Сьерра-Невада в Калифорнии — это огромный горст, протяженностью около 640 км и шириной от 80 до 120 км. Наиболее высоко был поднят восточный край этого горста, где высота горы Уитни достигает 418 м над уровнем моря. В строении этого горста преобладают граниты, составляющие ядро гигантского батолита, однако сохранились также и осадочные толщи, накопившиеся в геосинклинальном прогибе, в котором сформировались складчатые горы Сьерра-Невада. Современный облик Аппалачей в значительной мере сложился в результате нескольких процессов: первичные складчатые горы испытали воздействие эрозии и денудации, а затем были подняты вдоль разломов. Однако Аппалачи нельзя считать типичными глыбовыми горами. Ряд глыбовых горных хребтов находится в Большом Бассейне между Скалистыми горами на востоке и Сьерра-Невадой на западе. Эти хребты были подняты как горсты по ограничивающим их разломам, а окончательный облик сформировался под влиянием эрозионно-денудационных процессов. Большинство хребтов простирается в субмеридиональном направлении и имеет ширину от 30 до 80 км. В результате неравномерного поднятия одни склоны оказались круче других. Между хребтами пролегают длинные узкие долины, частично заполненные осадками,

снесенными с сопредельных глыбовых гор. Такие долины, как правило, приурочены к зонам погружения — грабенам. Существует предположение, что глыбовые горы Большого Бассейна образовались в зоне растяжения земной коры, поскольку для большинства разломов здесь характерны напряжения растяжения.

Сводовые горы. Во многих районах участки суши, испытавшие тектоническое поднятие, под влиянием эрозионных процессов приобрели горный облик. Там, где поднятие происходило на сравнительно небольшой площади и имело сводовый характер, образовались сводовые горы, ярким примером которых являются горы Блэк-Хилс в Южной Дакоте, имеющие в поперечнике около 160 км. Эта территория испытала сводовое поднятие, а большая часть осадочного покрова была удалена последующей эрозией и денудацией. В результате обнажилось центральное ядро, сложенное магматическими и метаморфическими породами. Оно обрамлено хребтами, состоящими из более устойчивых осадочных пород, тогда как долины между хребтами выработаны в менее стойких породах. Там, где в толщу осадочных пород внедрялись лакколиты (чечевицеобразные тела интрузивных магматических пород), кроющие отложения тоже могли испытать сводовые поднятия. Наглядный пример эродированных сводовых поднятий — горы Генри в штате Юта. В Озерном округе на западе Англии также произошло сводовое поднятие, но несколько меньшей амплитуды, чем в горах Блэк-Хилс.

Останцовые плато. Вследствие действия эрозионно-денудационных процессов на месте любой возвышенной территории формируются горные ландшафты. Степень их выраженности зависит от исходной высоты. При разрушении высоких плато, как, например, Колорадо (на юго-западе США), формируется сильно расчлененный горный рельеф. Плато Колорадо шириной в сотни километров было поднято на высоту около 3000 м. Эрозионно-денудационные процессы еще не успели целиком его трансформировать в горный ландшафт, однако в пределах некоторых крупных каньонов, например Большого каньона р. Колорадо, возникли горы высотой в несколько сотен метров. Это эрозионные останцы, которые пока еще не денудированы. По мере дальнейшего развития эрозионных процессов плато будет приобретать все более выраженный горный облик. При отсутствии повторных поднятий любая территория в конце концов будет сnivelирована и превратится в низкую монотонную равнину. Тем не менее даже там сохранятся изолированные холмы, сложенные более устойчивыми породами. Такие останцы называются монадками по названию горы Монаднок в Нью-Хэмпшире (США).

Вулканические горы бывают разных типов. Распространенные почти во всех районах земного шара, вулканические конусы образуются за счет скопления лавы и обломков горных пород, изверженных через длинные цилиндрические жерла силами, действующими глубоко в недрах Земли. Показательные примеры вулканических конусов — горы Майон на Филиппинах, Фудзияма в Японии, Попокатепетль в Мексике, Мисти в Перу, Шаста в Калифорнии и др. Пепловые конусы имеют сходное строение, но не так высоки и сложены в основном вулканическими шлаками — пористой

вулканической породой, внешне похожей на пепел. Такие конусы представлены близ Лассен-Пика в Калифорнии и на северо-востоке Нью-Мексико. Щитовые вулканы формируются при повторных излияниях лавы. Обычно они не столь высоки и имеют не столь симметричное строение, как вулканические конусы. Много щитовых вулканов на Гавайских и Алеутских островах. В некоторых районах очаги вулканических извержений были настолько сближены, что изверженные породы образовали целые хребты, соединившие первоначально обособленные вулканы. Цепи вулканов встречаются в длинных узких зонах. Наиболее известный пример — цепь вулканических Гавайских островов протяженностью свыше 1600 км. Все эти острова образовывались в результате излияний лавы и извержений обломочного материала из кратеров, располагавшихся на дне океана. Если вести отсчет от поверхности этого дна, где глубины составляют около 5500 м, то некоторые из вершин Гавайских островов войдут в число высочайших гор мира. Мощные толщи вулканических отложений могут быть отпрепарированы реками или ледниками и превратиться в изолированные горы или группы гор. Характерный пример — горы Сан-Хуан в Колорадо. Активная вулканическая деятельность здесь проявлялась во время формирования Скалистых гор. Лавы различных типов и вулканические брекчии в этом районе занимают площадь более 15,5 тыс. кв. км, а максимальная мощность вулканических отложений превышает 1830 м. Под влиянием ледниковой и водной эрозии массивы вулканических пород были глубоко расчленены и превратились в высокие горы. Вулканические породы в настоящее время сохранились только на вершинах гор. Ниже обнажаются мощные толщи осадочных и метаморфических пород. Горы такого типа встречаются на отпрепарированных эрозией участках лавовых плато, в частности Колумбийского, расположенного между Скалистыми и Каскадными горами.

По происхождению горы могут быть разделены на:

- 1) дислокационные, или тектонические,
- 2) насыпные, или аккумуляционные, и
- 3) эрозионные.

Аккумулятивные образования, за исключением вулканических конусов, редко достигают сколько-нибудь значительной величины и будут рассмотрены нами в главах о вулканах, ледниках и пустынях (формы эоловой аккумуляции).

Эрозия тоже сравнительно редко создает из первоначально ровной поверхности настоящий горный ландшафт. Чаще путем эрозионного расчленения получается лишь холмистая страна, которую удобно рассматривать как преобразованную равнину.

Сравнительное изучение геологической истории горных стран показывает, что первичным типом тектонических гор являются горы складчатые, образовавшиеся в результате смятия пластов в складки действием тангенциального горообразовательного давления.

Горы, основные черты рельефа которых обусловлены вертикальными смещениями отдельных глыб расколовшейся литосферы по плоскостям

сбросов, - сбросовые, или глыбовые, горы - возникают обычно в некогда уже смятых в складки областях в результате повторного горообразовательного процесса.

Геологическая летопись Земли.

Все горные породы имеют абсолютный и относительный возраст. По условиям залегания осадочных горных пород можно определить их относительный возраст: как правило, вышележащие слои отложились позднее слоев, залегающих ниже, и, соответственно, имеют более молодой возраст. Современными научными методами можно определить и абсолютный возраст пород, то есть количество лет, прошедшее со времени их образования. Древнейшие из известных на Земле горных пород имеют абсолютный возраст около 3,8 млрд. лет. Определить возраст можно по законсервированным в породах остаткам ископаемых растений и животных.

На основе изучения горных пород всю геологическую историю Земли ученые разделили на крупные временные отрезки и назвали их эрами. Каждой эре характерен свой этап развития земной коры и органического мира продолжительностью в несколько десятков или сотен миллионов лет. Название эры отражает время и характер существовавшей тогда жизни: архейская (древнейшая жизнь), протерозойская (время простой ранней жизни), палеозойская (эра древней жизни), мезозойская (эра средней жизни) и кайнозойская (эра новой жизни). В свою очередь эры разделены на менее длительные отрезки времени - периоды. Все эти временные отрезки сведены в единую геохронологическую шкалу - шкалу геологической истории.

Названия периодов происходят или от названия горных пород, характерных для этого времени (например, каменноугольный период в палеозое или меловой период в мезозое), или от тех местностей (например, пермский период назван по исторической Пермской Земле, находившейся в предгорьях Урала), в которых исследованы горные породы. Названия периодов - ордовик и силур - происходят от названий древних племен, обитавших на территории нынешней Великобритании еще во времена Римской империи. Геологический период, в котором мы сейчас и живем, так и называется антропогенный - это время появления человека на Земле (от греческого слова "антропос" - "человек").

Минеральные ресурсы.

Полезные ископаемые, как и рельеф, формируются в ходе геологической истории под воздействием внутренних и внешних сил. Отмечается тесная связь размещения полезных ископаемых с геологическим строением и тектоникой. Природные скопления полезных ископаемых, пригодные для разработки (добычи), называются месторождениями.

Рудные полезные ископаемые образовались в основном из магмы, проникшей в земную кору. Поэтому их больше всего в горных складчатых областях, где внедрение магмы было наиболее частым, особенно в периоды активных тектонических движений. Особенно много месторождений разрабатывается в районах разрушенных гор. Здесь их легче находить и дешевле добывать руды металлов, так как магматические породы, прежде

залегавшие на большой глубине, оказываются на самой поверхности. Осадочный чехол платформ наиболее богат полезными ископаемыми осадочного происхождения, образованными на дне древних морей, мелководных лагун и болот. К таким ископаемым относятся горючие: уголь, нефть, газ, торф, горючие сланцы, а также фосфориты, бокситы, соли и разнообразные строительные материалы.

Состав земной коры.

В настоящее время земная кора наиболее изучена на глубину до 15—20 км. По результатам анализа многочисленных образцов горных пород и минералов, выходящих на поверхность земли при горообразовательных процессах, а также взятых из горных выработок, глубоких буровых скважин и обнажений, был вычислен средний состав химических элементов земной коры.

Химический состав земной коры.

Наибольшее распространение в земной коре имеют 46 элементов, из них 8 составляют 97,2—98,8% ее массы, 2 (кислород и кремний) — 75% от общей массы Земли.

Распределение химических элементов в процентах от массы земной коры (по А. Е. Ферсману) следующее:

Кислород 49,13

Кремний 26,00

Алюминий 7,45

Железо 4,20

Кальций 3,25

Натрий 2,40

Магний 2,35

Цинк 0,020

Бор 0,010

Медь 0,010

Иттрий 0,005

Бериллий 0,003

Цезий 0,0029

Первые 13 элементов (за исключением титана), наиболее часто встречающиеся в земной коре, входят в состав органического вещества растений, участвуют во всех жизненно необходимых процессах и играют важную роль в плодородии почв. Большое количество элементов, участвующих в химических реакциях в недрах Земли, приводит к образованию самых разнообразных соединений.

Минералы.

Минералом называется всякое встречающееся в земной коре природное (естественное) однородное тело, имеющее более или менее постоянный химический состав и определенные физические свойства.

Минералы и их образование. Минерал в переводе с латинского *minera* означает руда. В настоящее время известно около 3 тыс. минералов. Минералы, встречающиеся в твердом виде, делятся на аморфные, или

некристаллические (асфальт, лед, опал), и кристаллические (полевой шпат, горный хрусталь, гипс). В аморфных минералах атомы (ионы) или молекулы расположены беспорядочно, в кристаллах — по определенному закону, образующему структуру кристалла, или его кристаллическую решетку. Наиболее часто встречающиеся минералы, входящие в существенных количествах в горные породы, называются породообразующими.

Минералы по условиям происхождения делят на эндогенные и экзогенные. Эндогенные минералы образуются в результате физико-химических процессов, проходящих в магме вблизи поверхности Земли. Примером эндогенных минералов могут быть полевые шпаты, оливин, пироксен, кварц и др. Экзогенные минералы образуются в самых верхних частях земной коры или на поверхности Земли в результате выветривания (разрушения и преобразования) эндогенных минералов. Экзогенные минералы делят на глинистые, образующиеся при выветривании (см. главу III), минералы химических осадков, образующиеся в мелких соленосных водоемах при кристаллизации (гипс, сульфит, сильвинит), и биогенные, образующиеся в результате разложения органических остатков (калиевая селитра, сера, иногда пирит, марказит).

Все минералы классифицируются в зависимости от химического состава и делятся на пять типов, которые приведены ниже (по Е. К. Лазаренко):

1. Тип простых веществ (металлы и неметаллы, группы меди и железа и др.)
2. Тип сульфидов (группы сфалерита, галенита, молибдена и др.)
3. Тип кислородных соединений (окислы, гидроокислы, силикаты, алюмосиликаты, бораты, фосфаты, карбонаты, сульфаты и др.)
4. Тип галоидов (фториды, хлориды)
5. Тип органических соединений

Физические свойства минералов. При подробном изучении минералов исследуют их химический состав, расположение атомов, образование кристаллов, форма и свойства которых зависят от закономерностей расположения атомов и молекул. При этом используют современные химические, физические и опти-ческие методы исследования. Однако минералы часто можно определять в полевых условиях, используя восемь внешних признаков, основанных на физических свойствах: цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, твердость, плотность, спайность и излом.

Цвет зависит от химического состава и физического состояния минералов и может быть самым разным. У одного и того же минерала цвет более или менее постоянный.

Цвет черты — цвет минерала в раздробленном состоянии — обычно определяют на шероховатой поверхности фарфоровой чашки. Он может отличаться от цвета самого минерала.

Прозрачность — способность минерала пропускать свет. Различают прозрачные (хрусталь, кальцит), полупрозрачные, просвечивающие (опал) и непрозрачные (авгит, лимонит, боксит) минералы.

Блеск — способность минерала отражать свет. Различают блеск металлический (пирит, железо), стеклянный (кварц, полевой шпат), жирный (графит, тальк), шелковистый (волокнистый гипс, асбест), матовый; землистые минералы не имеют блеска.

Твердость — способность противостоять разрушению при царапании одного минерала о другой. Различают десять степеней твердости, для установления которых используют набор минералов шкалы Мооса. Твердость минерала выражается цифрой, обозначающей принадлежность его к той или иной группе шкалы твердости:

1. Тальк— $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
2. Гипс— $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3. Кальцит — CaCO_3
4. Флюорит— CaF_2
5. Апатит— $9\text{CaO}\cdot 3\text{P}_2\text{O}_5\cdot \text{Ca}[\text{F}_2, (\text{OH})_2, \text{CO}_3, \text{Cl}_2]$
6. Ортоклаз— $\text{K}_2\text{O}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$
7. Кварц— SiO_2
8. Топаз— $2(\text{Al}, \text{F})\text{OSiO}_2$
9. Корунд— Al_2O_3
10. Алмаз— C

При определении твердости на невыветренной стороне минерала чертят последовательно каждым образцовым минералом до тех пор, пока не обнаружится царапина. Твердость искомого минерала будет находиться между твердостью двух последних образцовых (из шкалы Мооса) минералов: последнего, не дающего царапины, и первого, образующего царапину на испытуемом минерале; при равной твердости минералы царапин не образуют.

Твердость можно определять предметами, находящимися под рукой, например мягким карандашом, который имеет твердость 1, ногтем — 2, бронзовой монетой — 3,5—4,0, стеклом—5, перочинным ножом — 6, напильником — 7.

Плотность определяют в лаборатории. При полевом исследовании минералы по плотности разделяют на легкие, средние и тяжелые. Легкие (до 2,5 г/см³) — графит, сера; средние (2,5 — 4,0 г/см³)—кварц, полевой шпат; тяжелые (более 4 г/см³)—гематит, магнетит и очень тяжелые — свинцовый блеск.

Спайность — свойство минералов колотья по плоскостям, имеющим строго ориентированное направление по осям и граням. При расколе по направлению плоскостей спайности возникают ровные блестящие поверхности. Таких поверхностей может быть от одной до трех. Различают спайность весьма совершенную, если минерал расщепляется на тонкие листочки или волокна (асбест, слюды); совершенную — минералы раскалываются на пластинки с блестящими плоскостями в трех направлениях и несовершенную — минералы раскалываются с образованием блестящей поверхности в одном направлении, а в других образуют излом. У значительного числа минералов образуется излом, т. е. спайность отсутствует.

Излом — характер поверхности, образующейся при раскалывании минерала. Различают изломы ровный, неровный, раковистый, занозистый, землистый.

Главнейшие минералы и их свойства. Из 3 тыс. минералов около 20 имеют наибольшее распространение, участвуя в образовании горных пород и почв. Наиболее распространенными породообразующими минералами являются полевые шпаты (60% всех минералов), кварц (около 10%), пироксены, оливин, слюды. В почвах наиболее часто встречаются кварц, полевые шпаты, гидроокислы железа, кальцит, монтмориллонит, каолинит и др. Ниже приводится краткое описание минералов, наиболее распространенных в почвах и породах.

Пирит FeS_2 (железный колчедан) — сернистое соединение, соломенно-желтый, черта черпая, непрозрачный, блеск металлический, плотность 5 г/см³, твердость 6—6,5, спайность совершенная, излом неровный. Происхождение гидротермальное.

К галоидным соединениям относятся каменная соль, сильвинит, карналлит. Каменная соль NaCl очень часто встречается в природе. Растворима в воде. Бесцветна, сероватого, белесоватого, розоватого оттенков, прозрачна, блеск стеклянный, плотность 2,1—2,2 г/см³, твердость 2,5, спайность совершенная, излом ровный, образуется в мелководных соленых водоемах, осадочный минерал химического происхождения.

Сильвинит KCl , NaCl — белый, желтый, красноватый, прозрачный, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 1,97—1,99 г/см³, твердость 1,5—2, спайность совершенная, ровный, происхождение, как у каменной соли.

Карналлит KCl , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, каинит KO , $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — применяют в качестве калийных удобрений. В форме вторичных минералов они входят в состав засоленных почв. Происхождение то же. Используются в качестве удобрений K и Mg и как источник промышленной добычи Mg и K .

В состав окислов входят кварц, лимонит, боксит и др.

Кварц SiO_2 составляет 10% всей массы земной коры. К этой же группе относятся горный хрусталь, аметист, опал. Цвет различный, прозрачный, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,65 г/см³, твердость 7, спайность отсутствует, излом раковистый. При выветривании кварца образуются песок, пыль.

Лимонит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — очень часто встречающийся минерал, содержащийся в почвах. Цвет ржаво-бурый, черта ржавая, бурая, непрозрачный, излом землистый, плотность 3,4—4 г/см³, твердость 5. Встречается в виде плотных землистых масс. Имеет осадочное происхождение, образуется при выветривании магнетита и гематита. Используется в качестве железной руды.

Боксит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — красный, розовый, белый в зависимости от присутствия железа, часто глиноподобный, плотность 2 г/см³, твердость 3. Лимонит и боксит образуются в почвах в форме полуторных окислов. Имеют осадочное происхождение.

Кальцит, или известковый шпат, CaCO_3 — белый, желтый, сероватый, полупрозрачный, матовый, блеск шелковистый или стеклянный в зависимости от степени кристаллизованности, плотность 3 г/см³, твердость 3—3,5, спайность совершенная. Углекислый кальций является основным минералом многих горных пород. К ним относятся известняки, ракушечники, мраморы. Происхождение CaCO_3 различное.

Используется в качестве известкового удобрения, поделочного и строительного камня.

Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ — разного цвета (от белого до бурого), полупрозрачный, блеск матовый, стеклянный, шелковистый, плотность 2,8—2,9 г/см³, твердость 2,5—4,0, спайность совершенная, излом неровный. Встречается в виде мраморовидных масс, а в почвах — в форме вторичных минералов. Осадочного происхождения. Используется как удобрение.

Силикаты и алюмосиликаты составляют 80% массы земной коры. Наибольшее распространение имеют полевые шпаты: ортоклаз, анортит, альбит, микроклин и Лабрадор.

Ортоклаз $\text{K}_2\text{O} * \text{Al}_2\text{O}_3 * 6\text{SiO}_2$ — розовый, кремовый, реже серый, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,6 г/см³, твердость 6, спайность совершенная, излом ровный.

Микроклины — это ортоклаз с примесью рубидия и цезия, всегда имеет зеленоватый цвет.

Альбит $\text{Na}_2\text{O} * \text{Al}_2\text{O}_3 * 6\text{SiO}_2$ — имеет такие же свойства, как ортоклаз, цвет белый.

Анортит $\text{CaO} * \text{Al}_2\text{O}_3 * 2\text{SiO}_2$ — серый, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,7 г/см³, твердость 6,0—6,5, спайность совершенная.

Мусковит $\text{K}_2\text{O} * 3\text{Al}_2\text{O}_3 * 6\text{SiO}_2 * 2\text{H}_2\text{O}$ — бесцветный, прозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,7—3 г/см³, твердость 2—3, спайность весьма совершенная, распадается на листочки.

Биотит $\text{K}_2\text{O} \cdot 4(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot 2(\text{Al, Fe})_2\text{O}_3 * 6\text{SiO}_2 * \text{H}_2\text{O}$ — черная железомagneзиональная, черная или черно-зеленая слюда в толстых пластинках. Непрозрачна, блеск стеклянный или перламутровый, плотность 3 г/см³, твердость 2,5—3,0, спайность весьма совершенная в одном направлении. Входит в состав горных пород: гранитов, трахитов, гнейсов.

Оливин $2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ — оливково-зеленый, блеск стеклянный, плотность 3,3—3,4 г/см³, твердость 6,5—7,0, спайность несовершенная, излом неровный.

Роговая обманка $\text{Ca}_3\text{Na}_2(\text{Mg, Fe})_9(\text{Al, Fe})_2\text{Si}_5\text{O}_{44}(\text{OH})_4$ — чаще всего черный, темно-зеленый, непрозрачный, блеск шелковистый, игольчатый, плотность 3—3,5 г/см³, твердость 5,5—6,0, спайность совершенная, излом занозистый. Входит в состав многих горных пород.

Авгит — $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Al}) * (\text{Al, Si})_2\text{O}_6$ — черный, зеленовато-черный, кристаллы мелкие, сплошные, плотность 3,2—3,6 г/см³, твердость 5,5—6,0.

Из всех вышеперечисленных силикатов и алюмосиликатов образуются глинистые минералы почв.

Глауконит $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}, \text{MgO}, \text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O}$ — от темно-зеленого до черного, оливковый, блеск матовый, плотность 2,2—2,8 г/см³, твердость 2—3. Встречается в песках, глинах, приобретающих вследствие его присутствия зеленую окраску.

Каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — белый, непрозрачный, землистый, плотность 2,6 г/см³, твердость 1, жирный на ощупь. Кристаллы плоские, чешуйчатые. Образует землистые массы. Плохо поглощает влагу. Используется для изготовления фарфора.

Фосфорит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — встречается в форме конкреций, желваков. Образуется по дну мелководных частей моря. Черный, непрозрачный, матовый, излом игольчатый, землистый, плотность 2,2—3,2 г/см³, твердость 2—6, спайность — от несовершенной у землистых отложений до совершенной у конкреций, излом неровный. Используется как фосфорное удобрение.

Вивианит $3\text{FeO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ — встречается на дне заболачивающихся водоемов в форме землистых скоплений. Зеленоватый, синий, землистый, плотность 2 г/см³, твердость 1,5.

Монтмориллонит $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ — розоватый, серый, мягкий, слоноподобный, обладает способностью сильно набухать при поглощении влаги. Широко распространен в почвах, глинах, морских осадках. Все эти минералы имеют осадочное происхождение.

Из минералов, играющих заметную роль в почвообразовании, следует назвать также апатит $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$, фтор-апатит — бесцветный, зеленый, желтоватый, белый, фиолетовый, желтый (для мелкозернистых масс), блеск стеклянный, плотность 3,2 г/см³, твердость 5, излом неровный или раковистый, спайность несовершенная. Используется для приготовления суперфосфата. Магматический минерал гидротермального или контактового происхождения.

Фосфорит, апатит и вивианит используются в качестве фосфорных удобрений длительного действия. Они могут образовываться в почвах при взаимодействии солей Ca^{2+} и Mg^{2+} с фосфорной кислотой.

Наиболее часто в природе и почвах встречается гипс $\text{CaSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ — бесцветный, прозрачный или полупрозрачный, блеск стеклянный или шелковистый, плотность 2—3 г/см³, твердость 2. Наиболее часто образуется в почвах при засушливом климате и в засоленных почвах.

Значение минералов в жизни растений и в почвообразовании огромно. Можно считать, что мы живем в мире минералов, которые под влиянием живой природы испытывают многообразные превращения. Такие минералы, как кварц, опал, очень устойчивы и при разрушении лишь измельчаются, образуя песок и пыль. Алумосиликатные и силикатные минералы под воздействием природных кислот образуют вторичные глинистые минералы типа каолинита, монтмориллонита и др.

Многие минералы (сильвинит, карналлит, гипс, кальцит, фосфориты, апатиты и различные селитры и др.) оказываются для растений совершенно необходимыми, поскольку содержат элементы питания. Породы, содержащие эти минералы, часто используются в качестве удобрений.

Горные породы.

При различных процессах, протекающих как в недрах Земли, так и на ее поверхности, образуются соединения, сплавы, механические смеси, состоящие из нескольких минералов, называемые горными породами. Горные породы классифицируют по происхождению и химическому составу. По происхождению выделяют магматические, осадочные и метаморфические породы.

Магматические горные породы подразделяют на интрузивные — глубинные и эффузивные — излившиеся. Интрузивные горные породы образуются в недрах земли в условиях высоких давлений и очень медленного остывания. Они обычно имеют ясно выраженную кристаллическую структуру. Эффузивные горные породы образуются при излиянии на поверхность Земли расплавленной магмы, которая быстро остывает в условиях относительно невысоких температур и давления.

По химическому составу магматические горные породы делятся в зависимости от содержания в них кремнекислоты на кислые с содержанием SiO_2 более 65%, средние — 55—65%, основные — 40—55% и ультраосновные — менее 40%. Кислые породы, как правило, имеют светлый цвет, основные, наоборот, — темный. К кислым породам можно отнести граниты (глубинные), пемзы и вулканическое стекло (излившиеся), к основным — базальт и трахит (излившиеся), габбро (глубинные).

Наибольшее распространение в земной коре имеют граниты, составляющие примерно 30% массы земной коры. Граниты состоят в основном из трех минералов: кварца, полевого шпата и слюды (или роговой обманки). Кристаллы ясно выражены. Андезиты — излившиеся породы, средние по содержанию SiO_2 , с вкраплениями из полевых шпатов (альбита, анортита), роговой обманки, слюд и пироксена — составляют около 25% массы земной коры. В состав базальтов входят преимущественно полевые шпаты, пироксен, оливин. Общая масса базальтов равна приблизительно 20% массы земной коры. На долю всех остальных горных пород приходится только несколько процентов.

Осадочные горные породы образуются при механическом и химическом разрушении магматических пород под действием воды, воздуха и органического вещества.

По происхождению они делятся на три группы: обломочные, химические и органические. Обломочные горные породы образуются при процессах разрушения, переноса и отложения обломков горных пород. Это чаще всего каменистые осыпи, галечники, пески, суглинки, глины и лёссы. Обломочные породы по крупности разделяются на крупнообломочные, или грубообломочные, размером более 2 мм (остроугольные обломки — дресва, щебень, цементированные глинистыми сланцами, образуют брекчии, а окатанные — гравий, галька — конгломераты), среднеобломочные размером от 2 до 0,5 мм (образуют пески), мелкообломочные, или пылеватые (образуют лёссы), тонкообломочные, или глинистые, размером менее 0,001 мм (при уплотнении превращаются в глинистые сланцы).

Осадочные породы химического происхождения — соли и отложения, образующиеся в насыщенных водных растворах, — имеют слоистое строение, состоят из галоидных, сернокислых и карбонатных минералов. Они могут образовываться в смеси с обломочными и органическими отложениями. К ним относятся каменная соль, гипс, карналлит, опоки, мергель, фосфориты, железо-марганцевые конкреции и т. д. Опоки представляют смесь аморфного кремнезема и глинистого вещества, легко раскалываются на остросереберные обломки светлой окраски, нередко режутся ножом.

Мергель образуется при вымывании из известняков карбоната кальция, содержит глинистые частицы, часто плотный, светлый. Железо-марганцевые конкреции образуются из коллоидных растворов и под действием микроорганизмов создают ша-риковидные залежи железных руд. Фосфориты образуются в форме шишковидных конкреций неправильной формы, при слиянии которых возникают фосфоритные плиты — залежи фосфоритовых агроруд серого и буроватого цветов. Используются в качестве удобрений.

Горные породы органического происхождения широко распространены в природе — это остатки животных и растений: кораллы, известняки, ракушечники, радиоляриевые, диатомовые и различные черные органические илы, торф, каменные и бурые угли, нефть. Метаморфические горные породы — это магматические и осадочные горные породы, измененные температурой, давлением и химически активными веществами. Метаморфоз горных пород происходит под влиянием давления, возникающего при горообразовательных процессах, повышения температуры, вызванного внедряющейся в литосферу магмой, горячих водных растворов и газов, несущих новые химически активные соединения, а также давления вышележащих горных пород. Так, при накоплении осадочных горных пород мощностью 10—14 км нижние слои их испытывают огромное давление, сопровождающееся повышением температуры и перекристаллизацией всего материала. В результате из глин образуются сначала сланцы, а затем гнейсы, напоминающие по составу гранит. Состав гнейсов различен. Из песков в присутствии соединений железа сначала образуются песчаники, очень легко рассыпающиеся при приложении небольших усилий, а затем кварциты, т. е. кристаллическая горная порода. Кварциты и гнейсы сохраняют слоистое строение, характерное для осадочных пород. Известняки при перекристаллизации образуют мрамор.

Таким образом, процессы метаморфизма (превращения) как бы заключают цикл изменений, происходящих с горными породами.

3. Типы земной коры.

Земная кора — внешняя твёрдая оболочка Земли (геосфера). Ниже коры находится мантия, которая отличается составом и физическими свойствами — она более плотная, содержит в основном тугоплавкие элементы. Разделяет кору и мантию граница Мохоровичича, или сокращённо Мохо, на которой происходит резкое увеличение скоростей сейсмических волн. С внешней стороны большая часть коры покрыта гидросферой, а меньшая находится под воздействием атмосферы. Кора есть на Марсе и Венере, Луне и многих спутниках планет-гигантов. На Меркурии, хотя он и принадлежит к

планетам земной группы, кора земного типа отсутствует. В большинстве случаев она состоит из базальтов. Земля уникальна тем, что обладает корой двух типов: континентальной и океанической. Масса земной коры оценивается в $2,8 \cdot 10^{19}$ тонн (из них 21 % — океаническая кора и 79 % — континентальная). Кора составляет лишь 0,473 % общей массы Земли.

Океаническая кора состоит главным образом из базальтов. Согласно теории тектоники плит, она непрерывно образуется в срединно-океанических хребтах, расходуется от них и поглощается в мантию в зонах субдукции. Поэтому океаническая кора относительно молодая, и самые древние её участки датируются поздней юрой.

Толщина океанической коры практически не меняется со временем, поскольку в основном она определяется количеством расплава, выделившегося из материала мантии в зонах срединно-океанических хребтов. До некоторой степени влияние оказывает толщина осадочного слоя на дне океанов. В разных географических областях толщина океанической коры колеблется в пределах 5-7 километров.

В рамках стратификации Земли по механическим свойствам, океаническая кора относится к океанической литосфере. Толщина океанической литосферы, в отличие от коры, зависит в основном от её возраста. В зонах срединно-океанических хребтов астеносфера подходит очень близко к поверхности, и литосферный слой практически полностью отсутствует. По мере удаления от зон срединно-океанических хребтов толщина литосферы сначала растёт пропорционально её возрасту, затем скорость роста снижается. В зонах субдукции толщина океанической литосферы достигает наибольших значений, составляя 130-140 километров.

Континентальная кора имеет трёхслойное строение. Верхний слой представлен прерывистым покровом осадочных пород, который развит широко, но редко имеет большую мощность. Большая часть коры сложена под верхней корой — слоем, состоящим главным образом из гранитов и гнейсов, обладающим низкой плотностью и древней историей. Исследования показывают, что большая часть этих пород образовались очень давно, около 3 миллиардов лет назад. Ниже находится нижняя кора, состоящая из метаморфических пород — гранулитов и им подобных.

Земную кору составляет сравнительно небольшое число элементов. Около половины массы земной коры приходится на кислород, более 25% — на кремний. Всего 18 элементов: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, H, Ti, C, Cl, P, S, N, Mn, F, Ba — составляют 99,8 % массы земной коры.

Определение состава верхней континентальной коры стало одной из первых задач, которую взялась решать молодая наука геохимия. Собственно из попыток решения этой задачи и появилась геохимия. Эта задача весьма сложна, поскольку земная кора состоит из множества пород разнообразного состава. Даже в пределах одного геологического тела состав пород может сильно варьировать. В разных районах могут быть распространены совершенно разные типы пород. В свете всего этого и возникла задача определения общего, среднего состава той части земной коры, что выходит на

поверхность на континентах. С другой стороны, сразу же возник вопрос о содержательности этого термина.

Первая оценка состава верхней земной коры была сделана Кларком. Кларк был сотрудником геологической службы США и занимался химическим анализом горных пород. После многих лет аналитических работ, он обобщил результаты анализов и рассчитал средний состав пород. Он предположил, что многие тысячи образцов, по сути, случайно отобранных, отражают средний состав земной коры (см. Кларки элементов). Эта работа Кларка вызвала фурор в научном сообществе. Она подверглась жёсткой критике, так как многие исследователи сравнивали такой способ с получением «средней температуры по больнице, включая морг». Другие исследователи считали, что этот метод подходит для такого разнородного объекта, каким является земная кора. Полученный Кларком состав земной коры был близок к граниту.

Следующую попытку определить средний состав земной коры предпринял Виктор Гольдшмидт. Он сделал предположение, что ледник,двигающийся по континентальной коре, соскребаёт все выходящие на поверхность породы, смешивает их. В результате породы, отлагающиеся в результате ледниковой эрозии, отражают состав средней континентальной коры. Гольдшмидт проанализировал состав ленточных глин, отлагавшихся в Балтийском море во время последнего оледенения. Их состав оказался удивительно близок к среднему составу, полученному Кларком. Совпадение оценок, полученных столь разными методами, стало сильным подтверждением геохимических методов.

Впоследствии определением состава континентальной коры занимались многие исследователи. Широкое научное признание получили оценки Виноградова, Ведеполя, Ронова и Ярошевского.

Некоторые новые попытки определения состава континентальной коры строятся на разделении её на части, сформированные в различных геодинамических обстановках.

Граница между верхней и нижней корой.

Для изучения строения земной коры применяются косвенные геохимические и геофизические методы, но непосредственные данные можно получить в результате глубинного бурения. При проведении научного глубинного бурения часто ставится вопрос о природе границы между верхней (гранитной) и нижней (базальтовой) континентальной корой. Для изучения этого вопроса в СССР была пробурена Саатлинская скважина. В районе бурения наблюдалась гравитационная аномалия, которую связывали с выступом фундамента. Но бурение показало, что под скважиной находится интрузивный массив. При бурении Кольской сверхглубокой скважины граница Конрада также не была достигнута. Недавно (2005) в печати обсуждалась возможность проникновения к границе Мохоровичича и в верхнюю мантию с помощью самопогружающихся вольфрамowych капсул, обогреваемых теплом распадающихся радионуклидов.

4. Внутренние и внешние силы Земли.

Внутренние силы земли.

Движение литосферных плит приводит к образованию складчатых областей, прогибов, растяжений в земной коре. Тектонические движения приводят к расколам земной коры, появлению разрывных нарушений её пластов и образованию складок. По линиям разломов поднимаются и опускаются участки поверхности. Вулканизм создаёт свои особые формы рельефа. Землетрясения могут катастрофически изменить уже созданный рельеф.

Внешние силы земли.

Деятельность внешних сил в целом ведет к разрушению горных пород, слагающих земную поверхность, и сносу продуктов разрушения с высоких мест на более низкие. Этот процесс называется денудацией. Снесённый материал накапливается в низких местах — долинах, котловинах, впадинах. Этот процесс называется аккумуляцией - прим. от geoglobus.ru. Разрушение горных пород вблизи поверхности Земли под действием разных факторов — выветривание подготавливает материал для перемещения.

Особенно велика роль воды, попавшей в трещины, почти всегда имеющиеся в горных породах. Замерзая, она расширяет, раздвигает края трещины; оттаивая, вытекает из неё, унося с собой разрушенные частицы.

Ветер, перенося песок с места на место, не только расширяет трещины, но и шлифует их, обтачивает поверхности скал, создавая причудливые фигуры. Там, где ветер стихает, в ветровой «тени», например за скалой или за кустарником, песок накапливается. Создаётся новая форма рельефа, которая со временем даст начало бархану — песчаному холму. Такие образования называют эоловыми формами рельефа, по имени древнегреческого бога Эола, повелителя ветров.

Свою лепту в изменение рельефа вносят морские волны и приливы. Они разрушают берега, уносят разрушенный материал и перемещают его на разные расстояния вдоль берега, формируя прибрежные валы и пляжи, постоянно меняют береговую линию.

На поверхности горных ледников и в их толще перемещаются обломки пород, песок, пыль с окрестных скал и склонов долин. При таянии ледника весь этот материал ложится на земную поверхность - прим. от geoglobus.ru. Сама ледяная масса способна оказывать сильное формирующее действие на рельеф. Под её воздействием образуются ледниковые долины корытообразной формы — трюги, остроконечные пики — карлинги, огромные насыпные валы — морены.

В последние столетия человек настолько активно влияет на окружающую природную среду, что сам становится мощной внешней силой. Вредные выбросы в атмосферу промышленных предприятий приводят к возникновению кислотных дождей.

Возбуждаемые энергией солнечных лучей и силой тяжести экзогенные силы, с одной стороны, разрушают формы, созданные эндогенными силами, с другой - создают новые формы. В этом процессе выделяют: 1) разрушение горных пород (выветривание - оно не создает формы рельефа, а

подготавливает материал), 2) удаление разрушенного материала, обычно это снос вниз по склону (денудация) и 3) переотложение (аккумуляция) сносимого материала. Если при этом формируется практически ровная поверхность, говорят о пенепленизации.

Важнейшими агентами проявления внешних сил являются воздух и вода. Различают физическое, химическое и биогенное выветривание.

Физическое выветривание происходит из-за неодинакового расширения и сжатия частиц горных пород при колебаниях температуры. Особенно интенсивно оно в переходные сезоны и в районах с континентальным климатом, большими суточными амплитудами температур - на нагорьях Сахары или в горах Сибири, при этом часто формируются целые каменные реки - курумы. Если в трещины пород проникает вода, а затем, застывая и расширяясь, увеличивает эти трещины, говорят о морозном выветривании.

Химическое выветривание - это разрушение горных пород и минералов под действием содержащихся в воздухе воде, породах и почвах активных веществ (кислорода, углекислоты, солей, кислот, щелочей и др.) в результате химических реакций. Для химического выветривания, напротив, благоприятны влажные и теплые условия, характерные для приморских районов, влажных тропиков и субтропиков.

Биогенное выветривание часто сводится к химическому и физическому воздействию на горные породы организмов.

Обычно наблюдается одновременно несколько видов выветривания, и когда говорят о физическом или химическом выветривании это не значит, что другие силы при этом не участвуют - просто название дается по ведущему фактору.

Вода - "скульптор лика земного" и один, из самых мощных агентов перестройки рельефа. Текучие воды воздействуют на рельеф, разрушая горные породы. Временные и постоянные водные потоки, реки и ручьи миллионы лет "вгрызаются" в земную поверхность, размывают ее (эрозия), перемещают и переоткладывают смытые частицы. Если бы не происходило постоянного поднятия земной коры, хватило бы всего 200 млн. лет, чтобы вода смыла все выступающие над морем участки и вся поверхность нашей планеты представляла бы единый безбрежный океан. Наиболее распространенными эрозионными формами рельефа являются формы линейной эрозии: речные долины, овраги и балки.

Для понимания процессов формирования таких форм важным является осознание того факта, что базис эрозии (место, куда стремится вода, уровень, на котором поток теряет свою энергию - для рек это устье или место впадения, или скальный участок в русле) изменяет свое положение с течением времени. Обычно он понижается при размывании рекой тех горных пород, по которым она протекает, особенно интенсивно это происходит при увеличении водности рек или тектонических колебаниях.

Овраги и балки образованы временными водотоками, возникающими после таяния снега или выпадения ливневых дождей. Между собой они

отличаются тем, что овраги - это постоянно растущие, врезающиеся в рыхлые породы, узкие крутосклонные рытвины, а балки - имеющие широкое днище и прекратившие свое развитие ложбины, заняты лугами или лесами.

Самые разнообразные формы рельефа создают реки. В речных долинах выделяют следующие формы: коренной берег (в его строении не участвуют речные наносы), пойму (часть долины, затопляемая в паводки или половодья), террасы (бывшие поймы, поднявшиеся над урезом в результате понижения базиса эрозии), старицы (участки реки, отделившиеся в результате меандрирования от прежнего русла).

Кроме природных факторов (наличия уклонов поверхности, легко размываемых грунтов, обильных осадков и т. д.), образованию эрозионных форм способствует нерациональная деятельность человека - сплошная вырубка лесов и распашка склонов.

Кроме воды важным фактором экзогенных сил является ветер. Обычно он обладает меньшей, чем вода силой, но работая с рыхлым материалом может творить чудеса. Формы, созданные ветром, называются эоловыми. Они преобладают в засушливых районах, или там, где засушливые условия были в прошлом (реликтовые эоловые формы). Это барханы (песчаные холмы серповидной формы) и дюны (холмы овальной формы), обточенные скалы.

Работа ледников.

Ледник – природное скопление движущегося льда территории суши. Ледниками занято более 11% площади суши Земли. Возникают они благодаря скоплению и последующей трансформации (метаморфизации) снега по следующей схеме: снег – фирн (зернистый лед) – глетчер (ледниковый лед).

Такие преобразования идут длительное время за счет следующих процессов: скопление и уплотнение снега; промачивание снега талыми водами, уплотнение и промерзание; сублимация (сухая возгонка льда и новая кристаллизация водяного пара). В итоге глетчерный лед приобретает структуру плотно упакованных равновеликих кристаллов, чем резко отличается ото льда озерного и морского. Для накопления 1 куб. метра глетчерного льда расходуется около 10 – 11 куб. метров снега. Существуют три главных типа ледников: горные, покровные и промежуточные. В строении каждого из них можно выделить две группы областей: области питания, где накапливаются снег и лед, и области стока, где лед движется и тает.

Горные ледники бывают четырех видов. Долинные (альпийские) имеют четко разделенные области питания и стока. В свою очередь, долинные ледники подразделяются на простые (одна область питания и одна стока) и сложные (языки из нескольких областей питания сливаются в одну общую область стока). Переметные ледники растекаются по разным склонам горы или хребта из одной, расположенной на вершине, области питания. Каровые ледники являются небольшими, залегают в мелких кресло-образных углублениях (карах) на затененной части склона, не имеют области стока. Висячие ледники также формируются в карах, но обладают короткой, нависающей над обрывом зоной стока.

Покровные (материковые, щитовые) ледники характеризуются огромной мощностью и площадью; рельеф подледной суши не влияет на распространение ледника и щитообразный рельеф его поверхности; область питания располагается в центре ледника, где его мощность максимальна; область стока расположена на периферии ледника, а само движение носит радиальный характер.

Промежуточные ледники бывают двух видов. Плоскогорные (скандинавские) залегают и движутся подобно материковым ледникам, но гораздо меньше их по объему. Предгорные ледники формируются в приполярье. Типично горные в горах, они спускаются к подножьям, где растекаются веером. Сливающиеся конусы выноса этих ледников и образуют сплошной предгорный ледник.

Всякий ледник сочетает в себе качества как хрупкого, так и пластичного тела. Движение ледников подобно движению воды, только происходит неизмеримо медленнее. Так, скорость сползания горных ледников обычно составляет несколько десятков сантиметров в сутки, хотя изредка она может достигать 100 – 150 м/сут. Ледники движутся благодаря приобретению пластических свойств, возникающих при давлении вышележащих ледовых масс на нижележащие. Чем толще лед (и выше давление), тем пластичнее становятся его нижние слои. Таким образом, ледник движется за счет выдавливания нижних слоев из-под верхних. В силу этого, ледник может даже преодолевать некоторые возвышения рельефа, перетекая через них. На движение горных ледников влияет еще и уклон поверхности суши. Трение о подстилающие горные породы сильнее всего тормозит движение маломощных краев ледникового потока. Поэтому быстрее всего наступает центральная часть – своеобразная стремнина ледника. Силы трения и разная скорость движения обуславливают возникновение многочисленных горизонтальных и вертикальных трещин в теле ледника. Эти трещины направлены как поперек, так и по движению ледника. В итоге, движущийся ледник по вертикали можно разделить на два слоя. Верхний хрупкий слой, толщиной до 50 – 60 метров, разбит трещинами на глыбы (блоки), которые скользят по нижележащему льду. В нижнем слое, где благодаря давлению ледник становится пластичным, трещин гораздо меньше, и движение льда носит характер пластического течения, хотя и здесь скорости потоков также отличаются (хотя бы из-за трения подошвы ледника о подстилающие породы, или из-за разной насыщенности слоев обломками переносимых пород). В результате, нижняя часть также разбивается внутренними сколами (преимущественно наклонными или горизонтальными трещинами), по которым с разной скоростью скользят и выдавливаются пластины и чешуи льда. Таким образом может происходить перемешивание как самого льда, так и переносимого ледником материала. Трещины, возникшие на поверхности и в теле ледника, играют роль каналов стока талых вод. Очевидно, что пленка жидкой воды, благодаря трению, существует и под днищем ледника.

Процессы работы ледников, накопленные ими отложения, и созданные ледниками формы рельефа называются гляциальными.

Разрушительная работа ледников называется экзарацией. Она осуществляется за счет воздействия на горные породы как самого льда, так и переносимых ледником обломков. Огромное значение при этом играют процессы морозного выветривания и эрозионной деятельности талых вод. Давление ледника и активное морозное выветривание в области питания ведут к дроблению пород. Обломки вмержают в днище ледника и начинают вместе с ним перемещаться, царапая подстилающие породы. Так образуются ледниковые шрамы, указывающие направление движения ледника. Продолжающийся вынос обломков из области питания ведет к образованию кара – кресло-образного углубления на горном склоне. В результате роста или слияния каров возникают ледниковые цирки – обширные, подобные амфитеатрам впадины, окруженные крутыми склонами. Если кары или цирки опоясывают горную вершину, то она приобретает заостренную, с крутыми склонами форму, подобную обелиску. Такие горные вершины в областях оледенения называются пирамидальными. Наибольшая активность выпахающей работы ледника наблюдается там, где дно или склоны долины стока неровные, или где резко изменяется крутизна долины. Естественно, быстрее разрушаются участки, сложенные податливыми породами. Если ледник движется по ранее созданной речной долине, то и она подвергается коренной перестройке: поперечный профиль долины, из типичного для горных рек V-образного, становится U-образным, с широким дном и крутыми, часто отвесными склонами. Такие долины называются троговыми. За счет шлифовки в области стока ледника образуются бараньи лбы – выступы твердых пород, у которых обращенный в сторону ледника склон пологий и гладкий, а противоположный склон крутой и шероховатый. Если бараньи лбы занимают большую площадь, то возникает рельеф курчавых скал. В областях развития четвертичных покровных ледников, на территориях, сложенных мощным комплексом осадочных пород, к экзарационной работе ледника добавлялась еще и активная эрозионная деятельность талых ледниковых вод. В результате, речные долины, по которым полз ледник, углублялись. Происходили также многочисленные деформации пород ледникового ложа (смятие слоев в складки, образование разрывов и сбросов и др.). Такие нарушения ледником первоначального залегания пород называют гляциодислокациями.

Транспортная работа ледников заключается в переносе обломков самого разного размера: от глинистых частиц до глыб. Благодаря трению и морозному выветриванию форма и размеры переносимых частиц постепенно изменяются. На поверхности грубых обломков часто можно наблюдать ледниковые шрамы. Совокупность обломков, переносимых или отложенных ледником называется мореной. В зависимости от расположения в теле ледника, выделяют пять типов движущейся морены. Из них на поверхности ледника могут возникнуть три типа. Боковая морена, формирующаяся в горах, представлена насыпями, вытянутыми параллельно трущимся о горные склоны краям ледникового языка. Она образуется за счет поступления обломков с надледных частей горных склонов (скатывание продуктов выветривания, осыпи, обвалы).

Срединная морена также имеет вид насыпей, валов, но располагается в осевой части ледникового языка. Она возникает в горах при слиянии двух ледниковых потоков, во время которого соединяются две боковых морены. Следовательно, число валов срединной морены может сообщить о количестве слившихся воедино ледниковых потоков. Сплошная поверхностная морена полностью перекрывает поверхность ледника. Ее формирование может быть вызвано как перемешиванием материала при движении ледника по внутренним сколам, так и другими причинами. Кроме поверхностных, известны и другие типы движущихся морен. Внутренняя морена представлена внутри ледникового тела. Она накапливается либо в зоне питания ледника, когда обломки, скатывающиеся в ледниковый цирк с горных склонов, засыпаются новыми порциями снега. Либо поверхностная морена по трещинам попадает внутрь ледника. Донная морена выстилает подошву ледника. Возникает путем экзарации и вмораживания обломков в лед.

Ледниковая аккумуляция происходит по мере движения, а наиболее активно – при остановке и таянии ледника. При этом на территориях, занятых ледником и прилегающих к нему, формируется целый ряд генетических типов отложений, из которых наибольший объем занимают комплексы собственно-ледниковых, водно-ледниковых и озерно-ледниковых пород. Все они на земной поверхности распространены в зонах современного и древнего (четвертичного) оледенения.

Собственно-ледниковые (моренные, гляциальные) отложения представлены двумя главными генетическими типами: донной и конечной моренами. Их объединяет неотсортированность слагающего материала, наличие как грубых, так и мельчайших обломков, отсутствие или плохая выраженность слоистости, преобладание угловатых или плохо окатанных обломков. Вещественный состав морен зависит от состава подстилающих пород, мощности и особенностей динамики ледника и от других факторов. В горных областях абсолютно преобладают крупные обломки, а на равнинах, по мере удаления от гор, все большее значение принадлежит песчано-глинистым породам. Донная (основная) морена накапливается под днищем ледника только во время его наступания. Поэтому количество горизонтов донной морены на какой-либо территории свидетельствует о числе имевших здесь место ледниковых покровов. Осаждение материала донной морены на поверхность происходит из-за перенасыщения подошвы ледника обломками или по другим причинам. Содержащиеся в ней грубые обломки обычно вытянуты по направлению движения ледника. В рельефе равнинных областей донная морена древних оледенений представлена полого-волнистыми, реже полого-холмистыми или плоскими равнинами. Конечная (краевая) морена отлагается при остановке и таянии ледника. Накопление ее происходит путем осыпания обломков с края тающего ледника, или путем выдавливания горных пород из-под тела или края ледника. В последних случаях отложения конечной морены характерны гляциодислокации. В рельефе данный тип осадков представлен крупными холмами, группирующимися в гряды, вытянутые вдоль края ледника. С областями развития гляциальных отложений

связано наличие на дневной поверхности эрратических (блуждающих) валунов, по составу которых возможно определение местоположения зоны питания или траектории движения ледника.

Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения накапливаются талыми ледниковыми водами. В зависимости от места формирования, они подразделяются на внутриледниковые и приледниковые. Всех их объединяет высокая степень отсортированности слагающего материала, ярко выраженная слоистость, хорошая окатанность крупных обломков. Петрографический состав грубообломочных пород в целом совпадает с составом одновозрастной моренной толщи. Формирование флювиогляциальных отложений происходило как при наступании и остановках ледника, так и, особенно активно, при его таянии. Внутриледниковые накопления представлены озами и камами. Первоначально они отлагались талыми водами в различных углублениях на поверхности или в теле ледника, а затем, по мере таяния, проецировались на земную поверхность. При этом краевые части оседающих массивов обрушивались, следовательно, озам и камам в разрезе характерны многочисленные сбросы. Озовые отложения накапливались в ледниковых трещинах, поэтому в рельефе озы имеют вид крутосклонных, узких и длинных (до нескольких километров) насыпей, обычно вытянутых по направлению движения ледника. Сложены озы наклонно- и горизонтально-слоистыми галечно-гравийно-песчаными породами. Камовые отложения накапливались в изометричных озеровидных углублениях, поэтому в рельефе камы представляют собою холмы более или менее правильной куполовидной формы. Литологический состав их разнообразен: наряду с галечно-гравийно-песчаными породами присутствуют прослойки и линзы алевроитов и глин, а иногда и не отсортированного, с валунами и глыбами, моренного материала. Такие особенности объясняются тем, что изменение интенсивности выпадающих в ледниковый водоем потоков вызывало смену диаметра приносимых и отлагаемых обломков. Кроме того, в ледниковое озеро могли соскальзывать глыбы льда со всей содержащейся в них мореной. Отложения камов и озов обычно подстилаются донной мореной, территориально они часто приурочены к поясам конечной морены. В этом случае все три типа отложений объединяют в комплекс краевых ледниковых образований. Среди приледниковых наибольшим распространением пользуются зандровые отложения. Они возникают за пределами распространения ледника, у самого его края. Формируются они потоками талых вод, которые, вырываясь из рассекающих ледник трещин, разливаются в виде веера. Следовательно, зандры, по сути, являются конусами выноса, самая высокая часть которых располагается у края ледника, а самая низкая на удалении от него. В вершине конуса размер слагающих обломков большой, чем во внешней его части. В горах, где мощность водных потоков огромна, зандры сложены галечно-валунным материалом. Наоборот, на равнинных территориях областей распространения покровных ледников скорость потока талых вод была мала, поэтому в составе зандров здесь преобладают отсортированные наклонно-слоистые пески с примесью гравия. Благодаря слиянию конусов выноса друг

с другом, за пределами пояса краевых ледниковых образований возникал шлейф зандровых отложений, представленный в рельефе пологоволнистой равниной. По мере таяния ледника, накопление зандровых осадков продолжается, следуя за его отступающим краем. Тот же процесс происходит и с поясами краевых образований, возникающими поверх донной морены при всякой остановке уходящего ледника.

Озерно-ледниковые (лимногляциальные) отложения преимущественно накапливались в приледниковых озерах. Такие бассейны возникали, если рельеф создавал препятствия для стока талых вод. В этом случае на дне озера у края ледника осаждались более крупные обломки (гравий, песок), а в центральной части озера – горизонтальные слои самых мелких частиц. Наиболее характерными отложениями приледниковых озер являются ленточные глины, представленные ритмичным чередованием слоев глин и алевритов. Указанная ритмичность объясняется климатическим фактором: летом талые воды и ветер приносят в озеро основную массу обломков, и на дно оседают сравнительно тяжелые алевриты. Зимой обломочный материал в водоем не поступает: озеро покрывается льдом, таяние ледника прекращается. Следовательно, зимой, в неподвижной воде осаждаются мельчайшие глинистые частицы, до того удерживавшиеся в воде во взвешенном состоянии. Итак, летний слой алевритовый, а зимний глинистый, то есть каждая пара слоев формируется за год. Значит, по числу пар слоев (лент) можно определить продолжительность существования водоема. Приледниковое озеро существует до тех пор, пока его воды не размоют в каком-либо месте сдерживающее их препятствие. Возникший таким образом поток создает долину прорыва, через которую стекают озерные воды, оставляя на поверхности лимногляциальные отложения. Последние в рельефе имеют вид плоской равнины.

В конечном итоге, идеализированная последовательность залегания ледниковых отложений может иметь следующий вид. В основании лежат водно-ледниковые (зандровые) отложения времени наступания ледника. Выше залегает донная морена. Еще выше лежат пояса краевых ледниковых образований (конечная морена, озы, камы). Между этими поясами на поверхности донной морены представлены озерно-ледниковые осадки и водно-ледниковые (зандровые) отложения времени отступления ледника. За внешней границей распространения морен залегают водно-ледниковые (зандровые) и озерно-ледниковые породы.

Установлено несколько **этапов глобального похолодания климата**, во время которых огромные территории Земли захватывались покровными ледниками. Об этом свидетельствуют **тиллиты** – переуплотненные, иногда метаморфизированные древние морены. Тиллиты найдены, в частности, в слоях позднего протерозоя, силура, карбона на материках северного и южного полушарий. Во время последнего, четвертичного этапа оледенений, ледники занимали до 30% площади суши (в три раза больше, чем ныне). Крупнейшие из них располагались в северном полушарии: Северной Америке, Европе, Азии. Доказано, что холодные ледниковые отрезки времени сменялись

теплыми межледниковыми. На территории Беларуси признается пять четвертичных оледенений: наревское, березинское, днепровское, сожское, поозерское. Последний, поозерский ледник покинул пределы Беларуси примерно 15 тыс. лет назад, а полностью растаял 10 тыс. лет назад. Деятельность четвертичных оледенений привела к широкому распространению ледниковых отложений, а также к изменению рельефа и других составляющих географической оболочки. Причины периодических похолоданий климата не установлены. Есть гипотезы тектонические (рост площади и высоты суши ведет к охлаждению), биологические (развитие биосферы ведет к потреблению CO₂ из атмосферы и к исчезновению парникового эффекта) и другие. Наибольшим признанием пользуются астрономические гипотезы о циклических вариациях солнечной активности, а также о периодическом изменении ориентировки Земли относительно Солнца (гипотеза Миланковича).

Вулканы и землетрясения.

При дальнейшем повышении температуры в недрах Земли горные породы, несмотря на высокое давление, расплавляются, образуя магму. При этом выделяется много газов. Это еще больше увеличивает и объем расплава, и его давление на окружающие породы. В результате очень плотная, насыщенная газами магма стремится туда, где давление меньше. Она заполняет трещины в земной коре, разрывает и приподнимает пласты слагающих ее пород. Часть магмы, не достигнув земной поверхности, застывает в толще земной коры, образуя магматические жилы и лакколиты. Иногда же магма вырывается на поверхность, и происходит ее извержение в виде лавы, газов, вулканического пепла, обломков горных пород и застывших сгустков лавы.

Вулканы. У каждого вулкана имеется канал, по которому происходит извержение лавы (). Это жерло, которое всегда заканчивается воронкообразным расширением – кратером. Диаметр кратеров колеблется от нескольких сот метров до многих километров. Например, диаметр кратера Везувия – 568 м. Очень большие кратеры называют кальдерами. Например, кальдера вулкана Узон на Камчатке, которую заполняет озеро Кроноцкое, достигает 30 км в поперечнике.

Форма и высота вулканов зависят от вязкости лавы. Жидкая лава быстро и легко растекается и не образует горы конусообразной формы. Примером может служить вулкан Килауза на Гавайских островах. Кратер этого вулкана представляет собой округлое озеро диаметром около 1 км, заполненное клокочущей жидкой лавой. Уровень лавы, подобно воде в чаше родника, то опускается, то поднимается, выплескиваясь через край.

Более широко распространены вулканы с вязкой лавой, которая, остывая, образует вулканический конус. Конус всегда имеет слоистое строение, которое свидетельствует о том, что излияния происходили многократно, а вулкан вырастал постепенно, от извержения к извержению.

Высота вулканических конусов колеблется от нескольких десятков метров до нескольких километров. Например, вулкан Аконкагуа в Андах имеет высоту 6960 м.

Гор-вулканов, действующих и потухших, насчитывается около 1500. Среди них такие гиганты, как Эльбрус на Кавказе, Ключевская Сопка на Камчатке, Фудзияма в Японии, Килиманджаро в Африке и многие другие.

Большая часть действующих вулканов расположена вокруг Тихого океана, образуя Тихоокеанское «огненное кольцо», и в Средиземноморско-Индонезийском поясе. Только на Камчатке известно 28 действующих вулканов, а всего их более 600. Распространены действующие вулканы закономерно – все они приурочены к подвижным зонам земной коры.

Зоны вулканизма и землетрясений.

В геологическом прошлом Земли вулканизм был более активным, чем теперь. Кроме обычных (центральных) извержений происходили трещинные излияния. Из гигантских трещин (разломов) в земной коре, протянувшихся на десятки и сотни километров, лава извергалась на земную поверхность. Создавались сплошные или пятнистые лавовые покровы, выравнивающие рельеф местности. Толща лавы достигала 1,5–2 км. Так образовались лавовые равнины. Примером таких равнин служат отдельные участки Среднесибирского плоскогорья, центральной части плоскогорья Декан в Индии, Армянское нагорье, плато Колумбия.

Землетрясения. Причины землетрясений бывают разные: извержение вулканов, обвалы в горах. Но наиболее сильные из них возникают в результате движений земной коры. Такие землетрясения называют тектоническими. Зарождаются они обычно на большой глубине, на границе мантии и литосферы. Место зарождения землетрясения называется гипоцентром или очагом. На поверхности Земли, над гипоцентром, находится эпицентр землетрясения (E). Здесь сила землетрясения наиболее велика, а при удалении от эпицентра она ослабевает.

Земная кора сотрясается непрерывно. В течение года наблюдается свыше 10 000 землетрясений, но большая часть из них настолько слаба, что не ощущается человеком и фиксируется только приборами.

Сила землетрясений измеряется в баллах – от 1 до 12. Мощные 12-балльные землетрясения бывают редко и носят катастрофический характер. При таких землетрясениях происходят деформации в земной коре, образуются трещины, сдвиги, сбросы, обвалы в горах и провалы на равнинах. Если они происходят в густонаселенных местах, то возникают большие разрушения и многочисленные человеческие жертвы. Крупнейшими землетрясениями в истории являются Мессинское (1908), Токийское (1923), Ташкентское (1966), Чилийское (1976) и Спитакское (1988). В каждом из этих землетрясений погибли десятки, сотни и тысячи человек, а города были разрушены почти до основания.

Нередко гипоцентр находится под океаном. Тогда возникает разрушительная океаническая волна – цунами.

5. Происхождение материков и океанов.

В 20-е годы XX века Альфредом Вегенером была предложена гипотеза дрейфа материков. Он заметил, что некоторые материки имеют сходные очертания по береговой линии, как будто раньше они представляли единое целое. Изначально гипотеза столкнулась с большим количеством критики, а потому долгое время не признавалась, однако, во второй половине прошлого века с развитием технических средств появились доказательства, подтверждающие её правомерность. На сегодняшний день измерения, производимые со спутников, подтверждают, что отдельные участки земной коры движутся относительно-друг-друга со скоростью несколько сантиметров в год. Эти небольшие расстояния, конечно же, неощутимы на протяжении человеческой жизни и даже всей истории цивилизации, однако, за миллионы лет литосферные плиты перемещаются на столь значительные расстояния, что география планеты меняется до неузнаваемости.

Считается, что около 200 миллионов лет назад на Земле существовал единый суперматерик - Пангея. Он включал в свой состав все современные материки, однако, постепенно он начал раскалываться. В начале он раскололся на два материка: Лавразию (в её составе оказалась современная Северная Америка и Евразия) и Гондвану (она включала Африку, Южную Америку, Индостан, Австралию и Антарктиду). За последующие миллионы лет материки постепенно приняли современные очертания и месторасположение, однако, они не прекратили своего движения. В будущем они продолжат перемещаться, пока рано или поздно снова не образуется новая Пангея, но это произойдет не раньше, чем еще через 200-250 миллионов лет.

Не стоит думать, что материки всегда имели такую форму, как сейчас. Если обратить внимание на карту геологических складчатостей, то можно заметить, что разные участки материков сформировались в разные временные промежутки. В будущем существующие сейчас горы превратятся в равнины, при столкновении литосферных плит на материках сформируются новые горы, а очертания континентов полностью изменятся. По всей видимости, движение литосферных плит происходит из-за циркуляции раскаленной мантии нашей планеты и будет продолжаться до полного её остывания.

Литосферные плиты - большие части литосферы. Земная кора не является сплошной. Она разделена разломами на отдельные огромные блоки - литосферные плиты, которые вглубь достигают верхних слоев мантии. Крупнейшие плиты - Евразийская, Африканская, Североамериканская, Южноамериканская, Индо-Австралийская, Антарктическая, Тихоокеанская, Аравийская (рис. 56). Почти все они состоят как из материковой, так и океанической коры. Земная кора легче от мантии. Поэтому она как бы «плавает» на астеносфере. Итак, литосферные плиты медленно, но непрерывно перемещаются в горизонтальном направлении.

Наука утверждает, что и полуострова путешествуют. Аравийская литосферная плита, на которой расположен крупнейший полуостров Евразии, непрерывно движется на север. И хотя это движение достаточно медленно - около 24 мм в год, его последствия уже ощутимы. Под давлением крепкого

полуострова участки земной коры, в частности на Кавказе, в Турции, на территории Ирана, сжимаются, что чревато опасными землетрясениями.

Материки и океаны - следствие движения литосферных плит.

Предполагают, что привычные ныне очертания материков и океанов в далеком прошлом имели совсем другой вид. Более полумиллиарда лет назад существовал только один материк - Пангея, что на греческом языке означает «вся земля», и один океан.

Позже, в результате движения литосферных плит, Пангея раскололась, и в Северном полушарии возник огромный сухопутный массив - материк Лавразия. В него входили нынешняя Евразия и Северная Америка. Одновременно в Южном полушарии образовалась материк Гондвана, который объединял современные территории Африки, Южной Америки, Антарктиды, Австралии и часть Южной Азии.

Около 250 млн лет назад Гондвана распалась на отдельные части, которые постепенно приобрели очертания нынешних материков Южного полушария - Южной Америки, Африки, Австралии и Антарктиды. Лавразия также раскололась, но на две части - нынешние Северную Америку и Евразию. Вместе с образованием современных материков начали формироваться и котловины нынешних океанов. создание современных материков и океанов можно сравнить с тем, как под действием определенных сил огромная льдина раскололась на отдельные части, и они поплыли в разные стороны. Полюньи, возникшие после этого, стали океаническими впадинами.

Рельеф дна Мирового океана.

Рельеф дна Мирового океана погребен под толщей воды. Различить неровности на нем можно по глубинам. Измеряют их эхолотом. Этот прибор с судна посылает звуковые сигналы. Они достигают дна, отражаются от него и возвращаются обратно. Исследователи фиксируют время, за которое звук прошел до дна и обратно. Зная скорость распространения звука в воде (1500 м / с), можно определить глубину океана. Сейчас на помощь пришли космические и подводные аппараты, способные фотографировать дно океанов.

Это позволило составить карты рельефа дна морей и океанов. Они дают возможность видеть, что рельеф океанического дна не менее сложный, чем на суше. На каждой физической карте вместе со шкалой высот содержат и шкалу глубин. Пользуясь ею, можно определить глубины морей и океанов. Выяснилось, что на дне, как и на суше, крупнейшими формами рельефа есть подводные равнины и горы. Кроме того, четко прослеживаются части океанического дна: подводная окраина материков, ложе и срединно-океанические хребты.

Действительно мелководный: до 200 м глубиной. Шельф является подводным слабо наклоненной равниной. Его ширина разная. Шельф покрыт осадочными обломочными породами, принесенными реками с суши.

Глубже, до 3000 м, располагается материковый склон. Это довольно крутой уступ. Во многих местах он изрезан глубокими долинами. Нижняя часть склона имеет вид волнистой наклоненной равнины.

Там, где материковый склон переходит к ложу океана, располагаются глубоководные моря. Со стороны океана их обрамляют цепи островов. Такие острова являются огромными подводными хребтами, вершины которых поднимаются над водой. К островам прилегающих глубоководных желобов. Это длинные и узкие впадины с крутыми склонами, имеют значительные глубины (свыше 6 000 м). Ярким примером такого сочетания является Охотское море, Курильские острова и Курило-Камчатский желоб. Переходные зоны являются поясами высокой сейсмичности. Там часто бывают землетрясения и извержения вулканов. И только за желобами начинается ложе океана.

Ложе океана - это центральная наибольшая часть дна Мирового океана. Его глубин достигают 4 000-6 000 м. Ложе имеет земную кору океанического типа.

Рельеф ложа является сочетанием гигантских равнин - **котловин**. В их центральных частях слой осадочных пород очень тонкий. Он образован вулканической пылью, скелетами морских организмов. Накапливается он очень медленно: 1 мм за тысячу лет. Иногда в котловинах возвышаются конусы подводных вулканов. **Действующие - извергают лаву, которая оседает на дне. Потухшие** вулканы имеют плоские вершины, их выравнивают морские течения. Котловины разделены горными хребтами. Например, на дне Северного Ледовитого океана вздымаются хребты Ломоносова и Менделеева.

Срединно-океанические хребты. Почти посередине океанов проходят валообразные поднятия океанической коры. Их называют срединно-океаническими хребтами. Это грандиозные горные сооружения. Они непрерывной широкой полосой простираются дном всех океанов, образуя цепь длиной почти 70 000 км. Высота хребтов относительно дна превышает 3 000 м. Срединноатлантический хребет разделяет ложе Атлантического океана на две части.

Срединно-океанические хребты рассечены вдоль глубоким ущельем с крутыми склонами. Ее дно пересекают трещины, из которых выливается лава. На склонах скапливаются вулканы. Вершины вулканических гор иногда достигают поверхности океана и образуют острова из застывшей лавы (например, о. Исландия). Это свидетельство того, что срединно-океанические хребты являются зонами вулканизма и землетрясений.

Изменения рельефа дна океана. Рельеф дна океанов, как суши, формируют внутренние и внешние процессы. Внутренние процессы образуют подводные хребты, вулканы, глубоководные желоба. Наибольшие изменения поверхности дна связанные с землетрясениями и извержениями вулканов.

Внешние процессы обеспечивают снос и накопления осадочных пород на дне. Это приводит к выравниванию подводных форм рельефа. Больше осадочных пород накапливается у материкового склона. В центральных частях Океана они накапливаются очень медленно: слой в 1 мм - за тысячу лет.

Атмосфера.

План

1. Понятие атмосферы. Высота, границы, ее строение. Общая циркуляция атмосферы. Солнечная радиация. Нагрев атмосферы.

2. Нагревания атмосферы. Изменение температуры воздуха в зависимости от географической широты, высоты над уровнем океана.

3. Понятие об атмосферном давлении.

4. Движение воздуха. Ветры и их происхождения. Виды ветров. Большие атмосферные вихри. Воздушные массы и атмосферные фронты.

5. Вода в атмосфере. Погода.

6. Климат. Основные типы климата. Климат и широта. Мезо- и микроклиматы. Климатообразующие факторы.

1. Понятие атмосферы. Высота, границы, ее строение. Общая циркуляция атмосферы. Солнечная радиация. Нагрев атмосферы.

Атмосфера (от. греч. ατμός — «пар» и σφαῖρα — «сфера») - газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией. Поскольку не существует резкой границы между атмосферой и межпланетным пространством, то обычно атмосферой принято считать область вокруг небесного тела, в которой газовая среда вращается вместе с ним как единое целое. Глубина атмосферы некоторых планет, состоящих в основном из газов (газовые планеты), может быть очень большой.

Атмосфера - это воздушная оболочка, окружающая Землю и связанная с ней силой тяжести. Атмосфера участвует в суточном вращении и годовом движении нашей планеты.

Воздух атмосферы - смесь газов, в котором находятся во взвешенном состоянии жидкие (капельки воды) и твердые частицы (дым, пыль). Газовый состав атмосферы является неизменным до высоты 100-110 км, что обусловлено равновесием в природе. Объемные доли газов составляют: азот - 78%, кислород - 21%, инертные газы (аргон, ксенон, криптон) - 0,9%, углерод - 0,03%. Кроме того, в атмосфере всегда присутствует водяной пар.

Кроме биологических процессов, кислород, азот и углерод активно участвуют в химическом выветривании горных пород. Очень важна роль озона, который поглощает большую часть ультрафиолетового излучения Солнца, что в больших дозах опасно для живых организмов. Твердые частицы, которых особенно много над городами, служат ядрами конденсации (вокруг них образуются капли воды и снежинки).

Следует отметить, что атмосфера имеет очень большое экологическое значение. Она защищает все живые организмы Земли от губительного влияния космических излучений и ударов метеоритов, регулирует сезонные температурные колебания, уравнивает и выравняет суточные. Если бы атмосферы не существовало, то колебание суточной температуры на Земле достигло бы ± 200 °С. Атмосфера есть не только животворным «буфером» между космосом и поверхностью нашей планеты, носителем тепла и влаги, через нее происходят также фотосинтез и обмен энергии - главные процессы биосферы. Атмосфера влияет на характер и динамику всех экзогенных процессов, которые происходят в литосфере (физическое и химическое выветривания, деятельность ветра, природных вод, мерзлоты, ледников).

Развитие гидросферы также в значительной мере зависел от атмосферы из-за того, что водный баланс и режим поверхностных и подземных бассейнов и акваторий формировались под влиянием режима осадков и испарений. Процессы гидросферы и атмосферы тесно связанные между собой.

Одной из главнейших составных атмосферы есть водный пар, который имеет большую пространственно-временную изменчивость и сосредоточенный преимущественно в тропосфере. Важной изменчивой составной атмосферы есть также углекислый газ, изменчивость содержания которого связана с жизнедеятельностью растений, его растворимостью в морской воде и деятельностью человека (промышленные и транспортные выбросы). В последнее время все более большую роль в атмосфере сыграют аэрозольные пылеватые частицы - продукты человеческой деятельности, которые можно обнаружить не только в тропосфере, но и на больших высотах (что правда, в мизерных концентрациях). Физические процессы, которые происходят в тропосфере, оказывают большое влияние на климатические условия разных районов Земли.

Атмосфера имеет слоистую структуру.

От поверхности Земли вверх эти слои:

Тропосфера

Стратосфера

Мезосфера

Термосфера

Экзосфера

Границы между слоями не резкие и их высота зависит от широты и времени года. Слоистая структура - результат температурных изменений на разных высотах. Погода формируется в тропосфере (нижние примерно 10 км: около 6 км над полюсами и более 16 км над экватором). И верхняя граница тропосферы выше летом, чем зимой.

Тропосфера - нижняя часть атмосферы, до высоты 10-15 км, в которой сосредоточено 4/5 всей массы атмосферного воздуха. Для нее характерно, что температура здесь с высотой падает в среднем на $0.6^{\circ}/100$ м (в отдельных случаях распределение температуры по вертикали варьирует в широких пределах). В тропосфере содержится почти весь водяной пар атмосферы и возникают почти все облака. Сильно развита здесь и турбулентность, особенно вблизи земной поверхности, а также в так называемых струйных течениях в верхней части тропосферы. Высота, до которой простирается тропосфера, над каждым местом Земли меняется изо дня в день. Кроме того, даже в среднем она различна под разными широтами и в разные сезоны года. В среднем годовом тропосфера простирается над полюсами до высоты около 9 км, над умеренными широтами до 10-12 км и над экватором до 15-17 км. Средняя годовая температура воздуха у земной поверхности около $+26^{\circ}$ на экваторе и около -23° на северном полюсе. На верхней границе тропосферы над экватором средняя температура около -70° , над северным полюсом зимой около -65° , а летом около -45° . Давление воздуха на верхней границе тропосферы соответственно ее высоте в 5-8 раз меньше, чем у земной

поверхности. Следовательно, основная масса атмосферного воздуха находится именно в тропосфере. Процессы, происходящие в тропосфере, имеют непосредственное и решающее значение для погоды и климата у земной поверхности.

В тропосфере сосредоточен весь водяной пар и именно поэтому все облака образуются в пределах тропосферы. Температура уменьшается с высотой.

Солнечные лучи легко проходят через тропосферу, а тепло, которое излучает нагретая солнечными лучами Земля, накапливается в тропосфере: такие газы, как углекислый газ, метан а также пары воды удерживают тепло. Такой механизм прогрева атмосферы от Земли, нагретой солнечной радиацией, называется **парниковый эффект**. Именно потому, что источником тепла для атмосферы является Земля, температура воздуха с высотой уменьшается

Граница между турбулентной тропосферой и спокойной стратосферой называется **тропопауза**. Здесь образуются быстро движущиеся ветры, называемые "**реактивные потоки**".

Над тропосферой до высоты 50-55 км лежит **стратосфера**, характеризующаяся тем, что температура в ней в среднем растет с высотой. Переходный слой между тропосферой и стратосферой (толщиной 1-2 км) носит название **тропопаузы**.

Выше были приведены данные о температуре на верхней границе тропосферы. Эти температуры характерны и для нижней стратосферы. Таким образом, температура воздуха в нижней стратосфере над экватором всегда очень низкая; притом летом много ниже, чем над полюсом.

Нижняя стратосфера более или менее изотермична. Но, начиная с высоты около 25 км, температура в стратосфере быстро растет с высотой, достигая на высоте около 50 км максимальных, притом положительных значений (от +10 до +30°). Вследствие возрастания температуры с высотой турбулентность в стратосфере мала.

Водяного пара в стратосфере ничтожно мало. Однако на высотах 20-25 км наблюдаются иногда в высоких широтах очень тонкие, так называемые перламутровые облака. Днем они не видны, а ночью кажутся светящимися, так как освещаются солнцем, находящимся под горизонтом. Эти облака состоят из переохлажденных водяных капелек. Стратосфера характеризуется еще тем, что преимущественно в ней содержится атмосферный озон, о чем было сказано выше

Стратосфера очень важна для жизни на Земле, так именно в этом слое находится небольшое количество озона, которое поглощает сильное ультрафиолетовое излучение, вредное для жизни. Поглощая ультрафиолетовое излучение озон нагревает стратосферу.

Над стратосферой лежит слой мезосферы, примерно до 80 км. Здесь температура с высотой падает до нескольких десятков градусов ниже нуля . Вследствие быстрого падения температуры с высотой в мезосфере сильно развита турбулентность. На высотах, близких к верхней границе мезосферы

(75-90 км), наблюдаются еще особого рода облака, также освещаемые солнцем в ночные часы, так называемые серебристые. Наиболее вероятно, что они состоят из ледяных кристаллов.

На верхней границе мезосферы давление воздуха раз в 200 меньше, чем у земной поверхности. Таким образом, в тропосфере, стратосфере и мезосфере вместе, до высоты 80 км, заключается больше чем 99,5% всей массы атмосферы. На вышележащие слои приходится ничтожное количество воздуха.

На высоте около 50 км над Землей температура снова начинает падать, обозначая верхнюю границу стратосферы и начало следующего слоя - мезосферы. Мезосфера имеет самую холодную температуру в атмосфере: от -2 до -138 градусов Цельсия. Здесь же находятся самые высокие облака: в ясную погоду их можно видеть при закате. Они называются *postilucens* (светящиеся ночью).

Верхняя часть атмосферы, над мезосферой, характеризуется очень высокими температурами и потому носит название **термосферы**. В ней различаются, однако, две части: ионосфера, простирающаяся от мезосферы до высот порядка тысячи километров, и лежащая над нею внешняя часть - экзосфера, переходящая в земную корону.

Воздух в ионосфере чрезвычайно разрежен. Ионосфера характеризуется очень сильной степенью ионизации воздуха - содержание ионов здесь во много раз больше, чем в нижележащих слоях, несмотря на сильную общую разреженность воздуха.

От степени ионизации зависит электропроводность атмосферы. Поэтому в ионосфере электропроводность воздуха в общем в 10¹² раз больше, чем у земной поверхности. Радиоволны испытывают в ионосфере поглощение, преломление и отражение. Волны длиной более 20 м вообще не могут пройти сквозь ионосферу: они отражаются уже электронными слоями небольшой концентрации в нижней части ионосферы (на высотах 70-80 км). Средние и короткие волны отражаются вышележащими ионосферными слоями. Именно вследствие отражения от ионосферы возможна дальняя связь на коротких волнах. Многократное отражение от ионосферы и земной поверхности позволяет коротким волнам зигзагообразно распространяться на большие расстояния, огибая поверхность Земного шара. Так как положение и концентрация ионосферных слоев непрерывно меняются, меняются и условия поглощения, отражения и распространения радиоволн. Поэтому для надежной радиосвязи необходимо непрерывное изучение состояния ионосферы. Наблюдения над распространением радиоволн как раз являются средством для такого исследования.

В ионосфере наблюдаются полярные сияния и близкое к ним по природе свечение ночного неба - постоянная люминесценция атмосферного воздуха, а также резкие колебания магнитного поля - ионосферные магнитные бури.

Ионизация в ионосфере обязана своим существованием действию ультрафиолетовой радиации Солнца. Ее поглощение молекулами атмосферных газов приводит к возникновению заряженных атомов и свободных электронов, о чем говорилось выше. Колебания магнитного поля в

ионосфере и полярные сияния зависят от колебаний солнечной активности. С изменениями солнечной активности связаны изменения в потоке корпускулярной радиации, идущей от Солнца в земную атмосферу.

Температура в ионосфере растет с высотой до очень больших значений. На высотах около 800 км она достигает 1000°.

Термосфера находится выше мезосферы на высоте от 90 до 500 км над поверхностью Земли. Молекулы газа здесь сильно рассеяны, поглощают рентгеновское излучение (X rays) и коротковолновую часть ультрафиолетового излучения. Из-за этого температура может достигать 1000 градусов Цельсия. Термосфера в основном соответствует ионосфере, где ионизированный газ отражает радиоволны обратно к Земле - это явление дает возможным устанавливать радиосвязь.

Выше 800-1000 км атмосфера переходит в **экзосферу** и постепенно в межпланетное пространство. Скорости движения частиц газов, особенно легких, здесь очень велики, а вследствие чрезвычайной разреженности воздуха на этих высотах частицы могут облетать Землю по эллиптическим орбитам, не сталкиваясь между собою. Отдельные частицы могут при этом иметь скорости, достаточные для того, чтобы преодолеть силу тяжести. Для незаряженных частиц критической скоростью будет 11,2 км/сек. Такие особенно быстрые частицы могут, двигаясь по гиперболическим траекториям, вылетать из атмосферы в мировое пространство, "ускользать", рассеиваться. Поэтому экзосферу называют еще сферой рассеяния.

Ускользанию подвергаются преимущественно атомы водорода, который является господствующим газом в наиболее высоких слоях экзосферы.

Недавно предполагалось, что экзосфера, и с нею вообще земная атмосфера, кончается на высотах порядка 2000-3000 км. Но из наблюдений с помощью ракет и спутников вышло представление, что водород, ускользающий из экзосферы, образует вокруг Земли так называемую земную корону, простирающуюся более чем до 20 000 км.

С помощью спутников и геофизических ракет установлено существование в верхней части атмосферы и в околоземном космическом пространстве радиационного пояса Земли, начинающегося на высоте нескольких сотен километров и простирающегося на десятки тысяч километров от земной поверхности. Этот пояс состоит из электрически заряженных частиц - протонов и электронов, захваченных магнитным полем Земли и движущихся с очень большими скоростями. Их энергия - порядка сотен тысяч электрон-вольт. Радиационный пояс постоянно теряет частицы в земной атмосфере и пополняется потоками солнечной корпускулярной радиации.

Солнечная радиация. Нагрев атмосфер.

Солнце излучает огромное количество энергии, лишь маленькую долю которой получает Земля.

Излучение Солнцем света и тепла называют **солнечной радиацией**. Солнечная радиация, прежде чем достичь земной поверхности, проходит долгий путь в атмосфере. Преодолевая его, она поглощается и

рассеивается воздушной оболочкой. Радиацию, непосредственно достигает земной поверхности в виде прямых лучей, называют **прямой радиацией**. Часть радиации, рассеивается в атмосфере, также попадая на поверхность Земли в форме рассеянной радиации.

Совокупность прямой и рассеянной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, называют **суммарной солнечной радиацией**. Атмосфера поглощает около 20% солнечной радиации, поступающей на ее верхнюю границу. Еще 34% радиации отражается от поверхности Земли и атмосферы (отражена радиация); 46% солнечной радиации поглощает земная поверхность. Такое радиацию называют **поглощенной (впитанной)**.

Отношение интенсивности отраженной солнечной радиации к интенсивности всей лучистой энергии Солнца, поступающей на верхнюю границу атмосферы, называют **альбедо Земли и выражают в процентах**.

Табл. 1. - Строение атмосферы

Название слоя	Высота верхней границы	Характеристика слоя
Тропосфера	8—10 км в полярных, 10—12 км в умеренных и 16—18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом	Нижний основной слой атмосферы. Содержит более 80% всей массы атмосферного воздуха и около 90% всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты, со средним вертикальным градиентом 0,65°/100 м.
Тропопауза	Переходной слой между тропосферой и стратосферой; толщина колеблется от нескольких сотен метров до 1-2 км.	Зимой тропопауза ниже, чем летом; кроме того, высота тропопаузы колеблется при прохождении циклонов и антициклонов. Средняя температура над полюсом зимой около -65 °С, летом около -45 °С; над экватором весь год около -70 °С и ниже.
Стратосфера	50-55 км	Температура с ростом высоты возрастает до уровня 0 °С. Малая турбулентность, ничтожное содержание водяного пара, повышенное по сравнению с ниже- и вышележащими слоями содержание озона (максимальная концентрация озона на высотах 20-25 км).
Стратопауза	-	Пограничный слой атмосферы между стратосферой и мезосферой. В

		вертикальном распределении температуры имеет место максимум (около 0 °С) .
Мезосфера	80—85км	Температура с высотой понижается со средним вертикальным градиентом (0,25-0,3)°/100 м. Основным энергетическим процессом является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбуждённых молекул и т. д. обуславливают свечение атмосферы.
Мезопауза	-	Переходной слой между мезосферой и термосферой. В вертикальном распределении температуры имеет место минимум (около -90 °С).
Термосфера	Ок. 800 км	Температура растёт до высот 200 — 300 км, где достигает значений порядка 1500 К, после чего остаётся почти постоянной до больших высот. Под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха — основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород.
Экзосфера (сфера рассеяния)	-	Внешний слой атмосферы, из которого, быстро движущиеся лёгкие атомы водорода могут вылетать (ускользать) в космическое пространство. Температура достигает уровня более 3000 К. На больших расстояниях от Земли (2 - 3 тыс. км и более) нейтральную экзосферу образуют почти исключительно атомы водорода, на более низких высотах заметную долю составляют атомы гелия, а ещё ниже — также и атомы кислорода.

2. Нагревания атмосферы. Изменение температуры воздуха в зависимости от географической широты, высоты над уровнем океана.

Климат Земли всего зависит от трех основных факторов: географической широты, подстилающей поверхности, циркуляции атмосферы. Географическая широта местности влияет на угол падения

солнечных лучей и соответственно вызывает неодинаковое нагревание земной поверхности. На разных широтах климат неодинаков, меняется по сезонам года, когда Земля возвращается к Солнцу то Северной (июнь-август), то Южной (декабрь-февраль) полушариями.

На территории, расположены между тропиками Земли, Солнце бывает в зените 22 июня - над Северным тропиком, 21 марта и 23 сентября - над экватором, 22 декабря - над Южным тропиком. Поэтому температуры на Земле высокие между тропиками. 22 июня и 22 декабря - дни летнего и зимнего солнцестояния, когда наблюдаются длинные дни и короткие ночи. 21 марта и 23 сентября - дни весеннего и осеннего равноденствия. В это время день равен ночи на всей территории Земли, кроме полюсов. На территориях, находящихся за полярными кругами, наблюдают полярный день и ночь продолжительностью от одного дня до полугода. Учитывая неодинаковые угол падения солнечных лучей на земную поверхность, продолжительность освещения и температуру воздуха на Земле, определяют пять тепловых поясов: жаркий, два умеренных и два холодных. Они ограничены линиями тропиков и полярных кругов.

Рельеф суши существенно нарушает закономерности распределения температур на континенте. Горные хребты задерживают воздушные массы. Например, Крымские горы не пропускают зимой холодный воздух северных широт. Поэтому на южном берегу Крыма морозов почти не бывает. С высотой температура воздуха снижается. В тропосфере происходит понижение температуры в среднем на $6,5^{\circ}\text{C}$ на 1 км высоты. В местах, расположенных высоко над уровнем моря, климат холоднее. Лето там короче, зима длиннее. На вершине горы Килиманджаро в Африке, размещенном недалеко от экватора, весь год лежат снег и лед. Равнины, наоборот, свободно пропускают похолодание на территорию, куда дуют холодные ветры.

На Памире, который находится на крайнем юге Средней Азии, зимой такие же холодные, как и за полярным кругом. Иногда здесь температура зимой понижается до -46°C . Средняя многолетняя температура января на Памире - 18°C , июля -15°C . На юге Туранской низменности температура января -2°C , а июля $+30^{\circ}\text{C}$.

Самые высокие в мире горы Гималаи задерживают влажный воздух, поступающий из Индийского океана на север. Поэтому у подножия южного склона гор климат не только теплый, но и очень влажный. В восточной части бывает очень много осадков - в поселке Чероспунджи в среднем около 12 000 мм в год. А к северу от Гималаев протянулись безводные пустыни.

Количество солнечного тепла не объясняет причин распределения температур и осадков по одной широте. Париж, Киев, Алматы и Южно-Сахалинск размещены почти на одной параллели, но климат их имеет большие различия.

Неравномерное распределение солнечного тепла на земной поверхности обуславливает образование различных поясов давления. От положения поясов атмосферного давления зависят доминирующие ветры, поскольку воздух всегда движется из зоны высокого давления в зону пониженного.

Океан нагревается и охлаждается медленнее суши, поэтому в умеренных широтах воздух имеет разную температуру: зимой выше над океаном, летом - над сушей. С удалением от Атлантического океана зима холоднее, а лето-теплее, растут годовые амплитуды температур, а также уменьшается годовое количество осадков. Климат с теплой зимой, прохладным летом, небольшой амплитудой температур воздуха и значительным количеством осадков называют морским.

Континентальным называют климат с холодной зимой, жарким летом и сравнительно небольшим количеством осадков, уменьшается с удалением от моря. Такой тип климата характерен для территорий, лежащих в глубине континентов. Есть климат умеренно-континентальный (Киев и почти вся Украина), континентальный (север Казахстана), резко континентальный (большая часть Сибири).

3. Понятие об атмосферном давлении.

Вес воздуха обуславливает **атмосферное давление** (1 м³ воздуха весит 1,033 кг). На каждый метр земной поверхности воздух давит с силой 10033 кг. Это столб воздуха от уровня моря до верхних слоев атмосферы. Для сравнения: столб воды такого же диаметра имел бы высоту всего 10 м. Иначе говоря, собственная масса воздуха создает атмосферное давление, величина которого на единицу площади соответствует массе находящегося над ней воздушного столба. При этом уменьшение воздуха в этом столбе приводит к уменьшению (падению) давления, а увеличение воздуха — к увеличению (росту) давления. За нормальное атмосферное давление принято давление воздуха на уровне моря на широте 45° и при температуре 0°C. В этом случае атмосфера давит на каждый 1 см² земной поверхности с силой 1,033 кг, а масса этого воздуха уравнивается ртутным столбиком высотой 760 мм. На этой зависимости построен принцип измерения давления. Оно измеряется в миллиметрах (мм) ртутного столба (или в миллибарах (мб): 1 мб = 0,75 мм ртутного столба) и в гектопаскалях (гПа), когда 1 мм = 1 гПа.

Давление атмосферы измеряется при помощи **барометров**. Существуют два типа **барометров: ртутный и металлический (или aneroid)**.

Ртутный чашечный барометр состоит из запаянной сверху стеклянной трубки, погруженной нижним открытым концом в металлическую чашку с ртутью. Столбик ртути в стеклянной трубке уравнивает своим весом давление воздуха, действующего на ртуть в чашке. При изменении давления изменяется и высота ртутного столба. Эти изменения фиксируются наблюдателем по шкале, прикрепленной рядом со стеклянной трубкой барометра. **Металлический барометр, или aneroid**, состоит из герметически закрытой тонкостенной гофрированной металлической коробки, внутри которой воздух разрежен. При изменении давления стенки коробки колеблются и вдавливаются или выпячиваются. Эти колебания системой рычагов передаются стрелке, которая перемещается по шкале с делениями.

Для записи изменений давления применяются самопишущие барометры - **барографы**. Работа барографа основана на том, что колебания стенок

анероидной коробки передаются перу, которое чертит линию на ленте вращающегося вокруг своей оси барабана.

Давление на земном шаре может изменяться в широких пределах. Так, максимальная величина атмосферного давления 815,85 мм рт.ст. (1087 мб) зарегистрирована зимой в Туруханске, минимальная — 641,3 мм рт.ст. (854 мб) — в урагане “Ненси” над Тихим океаном.

Давление изменяется с высотой. Принято считать **средним значением атмосферного давления давление над уровнем моря — 1013 мб (760 мм рт.ст.)**. С увеличением высоты воздух становится все более разреженным и давление уменьшается. В нижнем слое тропосферы до высоты 10 м - оно понижается на 1 мм рт.ст. на каждые 10 м, или на 1 мб (гПа) на каждые 8 м. На высоте 5 км оно уже меньше в два раза, 15 км — в 8 раз, 20 км — в 18 раз.

Атмосферное давление непрерывно меняется в связи с изменением температуры и перемещением воздуха. В течении суток оно повышается дважды (утром и вечером), дважды понижается (после полудня и после полуночи). В течении года на материках максимальное давление наблюдается зимой, когда воздух переохлажден и уплотнен, а минимальное — летом.

Распределение атмосферного давления по земной поверхности носит хорошо выраженный **зональный характер**, что обусловлено неравномерным нагреванием земной поверхности, а следовательно, и изменением давления. Изменение давления объясняется перемещением воздуха. Оно высокое там, где воздуха становится больше, низкое там, откуда воздух уходит. Нагреваясь от поверхности, воздух устремляется вверх и давление на теплую поверхность понижается. Но на высоте воздух охлаждается, уплотняется и начинает опускаться на соседние холодные участки, где давление возрастает. Таким образом, нагревание и охлаждение воздуха от поверхности Земли сопровождается его перераспределением и изменением давления.

В экваториальных широтах температуры воздуха постоянно высокие, воздух, нагреваясь, поднимается и уходит в сторону тропических широт. Поэтому в экваториальной зоне давление постоянно пониженное. В тропических широтах в результате притока воздуха создается повышенное давление. Над постоянно холодной поверхностью полюсов (в Арктике и Антарктике) давление повышенное, его создает воздух, приходящий из умеренных широт. Вместе с тем в умеренных широтах отток воздуха формирует пояс пониженного давления. В результате на Земле формируются пояса пониженного (экваториальный и два умеренных) и повышенного (два тропических и два полярных) давления. В зависимости от сезона они несколько смещаются в сторону летнего полушария (вслед за Солнцем).

Полярные области высокого давления зимой расширяются, летом сокращаются, но существуют весь год. Пояса пониженного давления весь год сохраняются близ экватора и в умеренных широтах южного полушария. Иная картина в северном полушарии. Здесь зимой в умеренных широтах над материками давление сильно повышается и поле низкого давления как бы “разрывается”: оно сохраняется только над океанами в виде замкнутых областей пониженного давления — Исландского и Алеутского минимумов. Но

над материками, где давление заметно повысилось, образуются так называемые зимние максимумы: Азиатский (Сибирский) и Северо-Американский (Канадский). Летом в умеренных широтах северного полушария поле пониженного давления восстанавливается. При этом обширная область пониженного давления формируется над Азией — Азиатский минимум.

В тропических широтах — поясе повышенного давления — материки всегда нагреваются сильнее, чем океаны, и давление над ними ниже. Это обуславливает субтропические максимумы над океанами: Северо-Атлантический (Азорский), Северо-Тихоокеанский, Южно-Атлантический, Южно-Тихоокеанский и Индийский.

Иначе говоря, пояса повышенного и пониженного давления Земли, несмотря на крупномасштабные сезонные изменения своих показателей, являются довольно устойчивыми образованиями.

4. Движение воздуха.

Воздух движется непрерывно: он поднимается (сходящее движение), опускается (нисходящее движение) и перемещается в горизонтальном направлении (**ветер**).

Причина, вызывающая образования ветра - разница атмосферного давления. Ветер дует из области более высокого атмосферного давления, в область с более низким. Чем больше разница в атмосферном давлении, тем сильнее ветер. Распределение атмосферного давления на Земле определяет направление ветров, господствующих в тропосфере на разных широтах.

Ветры и их происхождение.

Воздух непрерывно движется: он поднимается — восходящее движение, опускается — нисходящее движение. **Движение воздуха в горизонтальном направлении называется ветром.** Причиной возникновения ветра является неравномерное распределение давления воздуха на поверхность Земли, которое вызвано неравномерным распределением температуры. При этом воздушный поток движется от мест с большим давлением в сторону, где давление меньше.

При ветре воздух движется не равномерно, а толчками, порывами, особенно у поверхности Земли. Существует много **причин**, которые влияют на движение воздуха: трение воздушного потока о поверхность Земли, встреча с препятствиями и др. Кроме того, воздушные потоки под влиянием вращения Земли отклоняются в северном полушарии вправо, а в южном — влево.

Ветер характеризуется скоростью, направлением и силой.

Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с), километрах в час (км/ч), баллах (по шкале Бофорта от 0 до 12, в настоящее время до 13 баллов). Скорость ветра зависит от разницы давления и прямо пропорциональна ей: чем больше разность давления (горизонтальный барический градиент), тем больше скорость ветра. Средняя многолетняя скорость ветра у земной поверхности 4-9 м/с, редко более 15 м/с. В штормах и ураганах (умеренных широт) — до 30 м/с, в порывах до 60 м/с. В тропических ураганах скорости ветра достигают до 65 м/с, а в порывах могут достигать 120 м/с.

Направление ветра определяется той стороной горизонта, с которой дует ветер. Для его обозначения применяется восемь основных направлений (румбов): С, СЗ, З, ЮЗ, Ю, ЮВ, В, СВ. Направление зависит от распределения давления и от отклоняющего действия вращения Земли.

Сила ветра зависит от его скорости и показывает, какое динамическое давление оказывает воздушный поток на какую-либо поверхность. Сила ветра измеряется в килограммах на квадратный метр (кг/м²).

Ветры чрезвычайно разнообразны по происхождению, характеру и значению. Так, в умеренных широтах, где господствует западный перенос, преобладают ветры западных направлений (СЗ, З, ЮЗ). Эти области занимают обширные пространства — примерно от 30 до 60° в каждом полушарии. В полярных областях ветры дуют от полюсов к зонам пониженного давления умеренных широт. В этих областях преобладают северо-восточные ветры в Арктике и юго-восточные в Антарктике. При этом юго-восточные ветры Антарктики, в отличие от Арктических, более устойчивые и имеют большие скорости.

Самая обширная зона ветров земного шара находится в тропических широтах, где дуют пассаты.

На Земле ветер является потоком воздуха, который движется преимущественно в горизонтальном направлении; на других планетах он является потоком свойственным этим планетам атмосферных газов. Сильнейшие ветры Солнечной системы наблюдаются на Нептуне и Сатурне. Солнечный ветер является потоком разряженных газов от звезды, а планетарный ветер является потоком газов, отвечающих за дегазацию планетарной атмосферы в космическое пространство. Ветры, как правило, классифицируют по масштабам, скорости, видам сил, которые их вызывают, местам распространения и воздействию на окружающую среду.

Ветры классифицируют, в первую очередь, **по их силе, продолжительности и направлению**. Таким образом, порывами принято считать кратковременные (несколько секунд) и сильные перемещения воздуха. Сильные ветры средней продолжительности (примерно 1 минута) называются **шквалами**. Названия более продолжительных ветров зависят от силы, например, такими названиями являются бриз, буря, шторм, ураган, тайфун и др.

Ветры всегда влияли на человеческую цивилизацию, они вдохновляли на мифологические рассказы, влияли на исторические действия, расширяли диапазон торговли, культурного развития и войн, поставляли энергию для разнообразных механизмов производства энергии и отдыха. Благодаря парусным судам, которые плыли за счет ветра, впервые появилась возможность преодолевать большие расстояния по морям и океанам. Воздушные шары, которые тоже двигались с помощью ветра, впервые позволили отправляться в воздушные путешествия, а современные летательные аппараты используют ветер для увеличения подъемной силы и экономии топлива. Однако, ветры могут быть и небезопасными, так градиентные колебания ветра могут вызвать потерю контроля над самолетом,

быстрые ветры, а также вызванные ими большие волны, на больших водоемах часто приводят к разрушению штучных построек, а в некоторых случаях ветры способны увеличивать масштабы пожара.

Ветры могут влиять и на формирование рельефа, вызывая эоловые отложения, которые формируют различные виды грунтов (например, лёсс) или эрозию. Они могут переносить пески и пыль из пустынь на большие расстояния. Ветры разносят семена растений и помогают передвижению летающих животных, которые приводят к расширению видов на новой территории. Связанные с ветром явления разнообразными способами влияют на живую природу.

Ветер возникает в результате неравномерного распределения атмосферного давления и направлен от зоны высокого давления к зоне низкого давления. Вследствие непрерывного изменения давления во времени и пространстве скорость и направление ветра постоянно меняются. С высотой скорость ветра меняется из-за убывания силы трения.

Для визуальной оценки скорости ветра служит **шкала Бофорта**. Метеорологическое направление ветра указывается **азимутом точки**, откуда дует ветер; тогда как аэронавигационное направление ветра - куда дует, таким образом, значения различаются на 180° . Многолетние наблюдения за направлением и силой ветра изображают в виде графика - розы ветров.

Скорость ветра измеряют в метрах в секунду. При штиле скорость ветра не превышает 0 м/с. Ветер, скорость которого более 29 м/с, называется ураганом.

Самые сильные ураганы отмечены в Антарктиде, где скорость ветра достигала 100 м/с.

Силу ветра измеряют в баллах, она зависит от его скорости и плотности воздуха. По шкале Бофорта штилю соответствует 0 баллов, а урагану максимальное количество баллов – 12 .

На береговых станциях **направление и силу ветра** определяют по флюгеру и анемометру.

Зная общие закономерности распределения атмосферного давления, можно установить направление основных потоков воздуха в нижних слоях атмосферы Земли.

Роза ветров (в большинстве языков она называется «**Роза компаса**»), - векторная диаграмма, характеризующая в метеорологии и климатологии режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям и выглядит как многоугольник, у которого длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях (румбах горизонта), пропорциональны повторяемости ветров этих направлений («откуда» дует ветер). Розу ветров учитывают при строительстве взлётно-посадочных полос аэродромов, автомобильных дорог, планировке населенных мест (целесообразной ориентации зданий и улиц), оценке взаимного расположения жилмассива и промзоны (с точки зрения направления переноса примесей от промзоны) и множества других

хозяйственных задач (агронмия, лесное и парковое хозяйство, экология и др.).

Роза ветров, построенная по реальным данным наблюдений, позволяет по длине лучей построенного многоугольника выявить направление господствующего, или преобладающего ветра, со стороны которого чаще всего приходит воздушный поток в данную местность. Поэтому настоящая роза ветров, построенная на основании ряда наблюдений, может иметь существенные различия длин разных лучей. То, что в геральдике традиционно называют «розой ветров» — с равномерным и регулярным распределением лучей по азимутам сторон света в данной точке является распространённой метеорологической ошибкой; на самом деле это всего лишь географическое обозначение основных географических азимутов сторон горизонта в виде лучей.

Роза ветров помимо направления ветра может демонстрировать частоту ветров (дискретизированную по определённому признаку - в день, в месяц, в год), а также силу ветра, продолжительность ветра (минут в день, минут в час). Причём могут существовать розы ветров как для обозначения средних значений, так и для обозначения максимальных значений. Также возможно создание комплексной розы ветров, на которой будут присутствовать диаграммы двух и более параметров.

Вертикальное движение воздуха называется восходящим или нисходящим потоком.

Виды ветров.

Постоянные ветры.

1. Пассаты - постоянные ветры, дующие с довольно постоянной силой трёх-четырёх баллов; направление их практически не меняется, лишь слегка отклоняясь.

Пассаты - постоянные ветры тропических широт. Они распространены в зоне от 30°с.ш. до 30°ю.ш., то есть ширина каждой зоны 2-2,5 тыс. км. Это устойчивые ветры умеренной скорости (5-8 м/с). У земной поверхности они вследствие трения и отклоняющего действия суточного вращения Земли имеют преобладающее северо-восточное направление в северном полушарии и юго-восточное в южном. Образуются они потому, что в экваториальном поясе нагретый воздух поднимается вверх, а на его место с севера и юга приходит тропический воздух. Пассаты имели и имеют большое практическое значение в мореплавании, особенно раньше для парусного флота, когда их называли “торговыми ветрами”. Эти ветры образуют устойчивые поверхностные течения в океане вдоль экватора, направленные с востока на запад. Именно они привели к Америке каравеллы Колумба.

2. Западные ветры умеренного пояса - преобладающие ветры, дующие в умеренном поясе примерно между 35 и 65 градусами северной и южной широты, от субтропического хребта до полярного фронта, часть глобальных процессов циркуляции атмосферы и приповерхностная часть ячейки Феррела. Эти ветры дуют преимущественно с запада на восток, точнее с юго-запада в Северном полушарии и с северо-запада в Южном полушарии и могут

образовывать внетропические циклоны на своих границах, где градиент скорости ветра высок. Тропические циклоны, которые проникают в зону этих ветров через субтропический хребет, теряя силу, вновь усиливаются благодаря градиенту скорости западных ветров умеренного пояса.

Западные ветры умеренного пояса сильнее дуют зимой, когда давление над полюсами ниже, и слабо — летом. Эти ветры наиболее сильны в Южном полушарии, где меньше суши, которая имеет свойство отклонять или задерживать ветер. Полоса сильных западных ветров умеренного пояса расположена между 40 и 50 градусами южной широты и известна как «ревущие сороковые». Эти ветры играют важную роль в образовании океанических течений, переносящих теплые экваториальные воды к западным берегам континентов, особенно в Южном полушарии.

3. Северо - восточные ветры (в Северном полушарии) и **юго – восточные ветра** (в Южном полушарии) – дуют из областей повышенного давления на полюсах.

Сезонные ветры.

4. Муссоны - периодический ветер, несущий большое количество влаги, дующий зимой с суши на океан, летом - с океана на сушу. Муссоны наблюдаются главным образом в тропическом поясе.

Со сменой муссонов происходит смена сухой малооблачной зимней погоды на дождливую летнюю. Однако неодинаковый характер циркуляции атмосферы в разных районах земного шара определяет и различия в причинах и характере муссонов. **Различают внетропические и тропические муссоны.**

Внетропические муссоны - муссоны умеренных и полярных широт. Они образуются в результате сезонных различий давления над морем и сушей. Наиболее типичная зона их распространения - Дальний Восток, Северо-Восточный Китай, Корея, в меньшей степени - Япония и северо-восточное побережье Евразии.

Тропические муссоны - муссоны тропических широт. Они обусловлены сезонными различиями в нагревании и охлаждении Северного и Южного полушарий. В результате зоны давления смещаются по сезонам относительно экватора в то полушарие, в котором в данное время лето, а пассаты проникают в “летнее” полушарие. При этом характерный для тропиков режим пассатов заменяется зимним муссоном, совпадающим по направлению с пассатом и летним муссоном, более или менее противоположным по направлению (чаще с западной составляющей). Этой смене направления ветра в летнем тропическом муссоне немало способствует западное течение воздуха в зоне экваториальной области низкого давления, которая смещается вместе с другими зонами. Тропические муссоны наиболее типичны и устойчивы в северной части бассейна Индийского океана, включая Индию и сопредельные с нею тропические районы. Этому в немалой мере способствует сезонная смена режима атмосферного давления над Азиатским материком. С южно-азиатскими муссонами связаны коренные особенности климата этого региона. Образование тропических муссонов в других районах

земного шара происходит менее характерно, когда более четко выражается один из них - зимний или летний муссоны. Такие муссоны отмечаются в тропической Африке, в северной Австралии и в приэкваториальных районах Южной Америки.

5. Бриз - тёплый ветер, дующий с берега на море ночью и с моря на берег днём; в первом случае называется береговым бризом, а во втором - морским.

Дневной (морской) бриз образуется в результате того, что днем суша нагревается быстрее, чем море, и над ней устанавливается более низкое давление. В это время над морем (более охлажденным) давление выше и воздух начинает перемещаться с моря на сушу. Ночной (береговой) бриз дует с суши на море, так как в это время суша охлаждается быстрее, чем море, и пониженное давление оказывается над водной поверхностью — воздух перемещается с берега на море.

Смена берегового бриза на морской происходит незадолго до полудня, а морского на береговой — вечером. Слой воздуха, охваченный бризом, может распространяться на высоту до нескольких сот метров, а выше, как правило, отмечается движение воздуха в обратном направлении — антибриз. Антибризы вместе с бризами образуют замкнутую циркуляцию.

Бризы могут образовываться по берегам не только морей, но и больших озер, крупных водохранилищ, а также на некоторых больших реках, на опушке леса, на окраине города и могут проникать на сушу от береговой черты на десятки километров. Бризы особенно часты летом при ясной и тихой (антициклональной) погоде. Они наблюдаются также на Балтийском море, когда долго стоит ясная и жаркая погода.

6. Бора - холодный резкий ветер, дующий с гор на побережье или долину.

Бора - холодный порывистый местный ветер, возникающий в случае, когда поток холодного воздуха встречает на своём пути возвышенность; преодолев препятствие, бора с огромной силой обрушивается на долину. Вертикальные размеры боры — несколько сот метров. Охватывает, как правило, небольшие районы, где невысокие горы непосредственно граничат с морем. В России особенно сильны боры Новороссийской бухты, где имеют северо-восточное направление и дуют свыше 40 дней в году, Новой Земли, берегов Байкала. В Европе наиболее известны боры Адриатического моря (Триест, Риека и др.). Продолжительность боры — от суток до недели. Суточный перепад температур во время боры может достигать 40 °С.

Перед появлением боры у вершин гор можно наблюдать густые облака, которые жители Новороссийска называют «борода». Первоначально ветер крайне неустойчив, меняет направление и силу, но постепенно приобретает определённое направление и огромную скорость — до 60 м/с на Маркотхском перевале близ Новороссийска. Иногда бора вызывает значительные разрушения в прибрежной полосе (так, в Новороссийске в 2002 бора стала причиной гибели нескольких десятков человек); на море ветер способствует сильному волнению; усилившиеся волны затапливают берега и также приносят разрушения; при сильных морозах (в Новороссийске — 20-24° ниже

нуля) они застывают, и образуется ледяная корка. Иногда бора ощущается и далеко от берега.

7. Фён (фен) - сильный тёплый и сухой ветер, дующий с гор на побережье или долину.

Разновидностями фена, но только приносящими зимой холодную погоду, являются нордост (бора) в Новороссийске, бора в Триесте и мистраль в Провансе.

Летом новороссийская бора представляет, подобно фену, сухой знойный ветер. Зимой, когда в наших южных степях стоит антициклон с низкой температурой и высоким давлением, а к юго-западу от Кавказского хребта на Черном море сравнительно высокая температура и низкое давление, холодный воздух вследствие разности давления притекает к Кавказскому хребту. Высокая стена Кавказских гор защищает Закавказье от этого холодного ветра, но в западной части хребта, около Новороссийска, где хребет невысок, холодный воздух переваливает через хребет и вследствие своей большой плотности, подобно лавине, обрушивается вниз к теплому побережью. Вследствие этого температура быстро падает, водяные пары конденсируются и в виде инея оседают на снастях судов, мачтах, телеграфных проволоках и т. д. Брызги волн, поднятые силой ветра на поверхности моря, замерзают. Вывали случаи, когда суда тонули под тяжестью осевшего на них инея и льда, двери в каютах пароходов настолько примерзали, что приходилось их вырубать. В приморской части города здания покрывались инеем и льдом и принимали весьма фантастический вид вследствие такого убора.

Для наглядности возьмем такой пример. Предположим, что в Новороссийске температура у моря 5° , тогда как на северном склоне Кавказа - 20° , что не представляет ничего необычного. При поднятии на 500 м воздух охладится на $0^{\circ},5 \cdot 5 = 2^{\circ},5$, а при опускании на южном склоне он нагревается на 5° , так что в результате воздух придет в Новороссийск, имея температуру - $20^{\circ} + 5^{\circ} - 2,5^{\circ} = -17^{\circ},5$. Естественно, что это вызовет сильное понижение температуры. Мы видим, что и в этом случае воздух, перевалив через хребет, нагрелся, но для Черноморского побережья он явится очень холодным. При такой громадной разнице температур воздуха вверху - на хребте - и внизу - у уровня моря - естественно, что воздух, как снежная лавина, стремительно падает вниз, и сила его падения так велика, что сваливает людей с ног. Этот ветер ощущается не только в Новороссийске, но и далее к югу, в Геленджике и до Туапсе, но южнее горы поднимаются настолько высоко, что защищают побережье от норд-оста.

При аналогичных условиях возникают бора в Триесте, на берегу Адриатического моря, мистраль в Провансе, сарма на Байкале.

8. Сирокко - итальянское название сильного южного или юго-западного ветра, зарождающегося в Сахаре. Это сильный южный или юго-западный ветер в Италии, а также это название применяется к ветру всего Средиземноморского бассейна, зарождающегося в Северной Африке, на Ближнем Востоке и имеющего в разных регионах своё название и свои особенности.

Отличие этого регулярного воздушного потока некоторыми особенностями от главного характера общей циркуляции атмосферы, а также заметное влияние на режим погоды в регионе Средиземного моря, позволяет отнести сирокко к местным ветрам. Направление южное, юго-восточное или восточное (иногда даже юго-западное). В очагах формирования, и когда переваливает через горы на юге Европы, на подветренной стороне приобретает характер фёна. Возникает во все времена года; летом — реже, весной и осенью — чаще. Наибольшей силы он достигает в марте и ноябре. В некоторых регионах иногда развивает скорость до 100 км/ч (55 узлов — сила урагана), достигая штормовой силы (от 2 до 9 баллов по шкале Бофорта), хотя кое-где считается ветром средней силы. Обычно усиливается после полудня, а вечером и ночью ослабевает. Дует по 2—3 дня подряд, но может продолжаться и полдня, и множество дней. Действует на людей угнетающе.

Сирокко зарождается в глубинах аравийских и североафриканских пустынь. Он возникает в тёплых, сухих, тропических воздушных массах, которые двигаются на север в направлении низкого давления к востоку через Средиземное море. Горячий сухой континентальный воздух смешивается с более холодным, влажным воздухом морского циклона, и, двигаясь против часовой стрелки, перемещается к южному побережью Европы. По пути через Средиземное море он становится более влажным, но тем не менее часто иссушает растительность юга Европы, принося к тому же большие массы пыли.

Обычно считается, что сирокко — это удушающий, обжигающий, очень пыльный ветер с высокой температурой (до 35 °С ночью) и низкой относительной влажностью (см. суховея), однако, в некоторых районах Средиземноморья он является тёплым влажным морским ветром. Иногда он служит причиной пыльной, сухой погоды вдоль северного побережья Африки, штормов в Средиземном море и холодной, влажной погоды в Европе. Он вызывает сухие туманы и пыльную мглу.

9. Суховея - ветер с высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха в степях, полупустынях и пустынях. Суховея отмечается в условиях антициклона по его краям. Температура воздуха в суховея в тени может иногда превышать 40 °С, а влажность - быть менее 30%.

Скорость суховея обычно умеренная, но иногда может достигать ураганной силы. Относительная влажность в суховея всегда невелика (менее 30%). Суховея характерны для Прикаспия и Казахстана, юга Украины, а иногда могут наблюдаться и в лесостепной и даже лесной зоне. Суховея — иссушающий ветер со скоростью от 5 до 20 м/с, исходящий от периферии антициклонов летом преимущественно при вторжении тропических масс воздуха (аналоги хамсин, сирокко и др.). При высокой температуре (20—25°С) воздуха суховея имеет большой дефицит влаги при незначительной относительной влажности (менее 30%), что вызывает резкое усиление испарения с почв. Малая подвижность антициклонов вызывает устойчивую продолжительность суховея (несколько суток), который при недостаточной влажности почв вызывает засуху, порчу урожаев зерновых и плодовых

культур, гибель растений. Тропические воздушные массы зарождаются над пустынями Африки, Малой Азии, а также и в Южном Казахстане, а с ними суховеи распространяются до лесостепей России и Казахстана, но чаще вторгаются в полупустыни и степи. Защитой от суховеев служат лесозащитные полосы, орошение почвы и мелиорация.

10. Штиль - затишье, безветренная или тихая погода со слабым ветром, скорость которого по шкале Бофорта не более 0,5 м/с. Обычно штили наблюдаются в экваториальной зоне затишья, в области Азиатского антициклона зимой, чаще в котловинах, чем на открытой местности.

11. Ледниковый ветер – ветер, дующий вниз по леднику в горах.

12. Ветры склонов – ветры, что характеризуются дневным подъёмом или ночным опусканием воздуха по горным склонам; одна из причин возникновения горно-долинных ветров.

13. Горно-долинные ветры – ветра с суточной периодичностью, схожие с бризами, что наблюдаются в горных системах.

14. Солнечный ветер - поток ионизированных частиц (в основном гелиево-водородной плазмы), истекающий из солнечной короны в окружающее космическое пространство. Является одним из основных компонентов межпланетной среды.

15. Микропорыв - сильное кратковременное нисходящее движение воздуха, связанное с грозовой деятельностью.

16. Тропический циклон - атмосферный вихрь с пониженным атмосферным давлением в центре, образовавшийся в тропических широтах. Часто сопряжён со штормовыми скоростями ветра.

17. Афганец - сухой, пекущий местный ветер с пылью, который дует в Центральной Азии. Дует от нескольких суток до нескольких недель. Очень агрессивен. В Афганистане называется кара-буран, что означает чёрная буря.

18. Баргузин - могучий байкальский ветер. Дует ровно, с постепенно нарастающей мощностью. Обычно предваряет устойчивую солнечную погоду.

19. Зефир - ветер, господствующий на востоке Средиземья. Он тёплый, но часто приносит с собой дожди и даже бури, тогда как на западе Средиземного моря Зефир является почти всегда лёгким, приятным ветром.

20. Погон - на Волге - попутный ветер.

21. Самум - знойный сухой ветер в пустынях. Обычно перед налетающим шквалом самума пески начинают «петь» — слышен звук трущихся друг о друга песчинок. Поднятые «тучи» песка затмевают Солнце. Ветер несёт раскалённый песок и пыль и иногда сопровождается грозой.

22. Торнадо - в Северной Америке сильный атмосферный вихрь над сушей, отличающийся исключительно частой повторяемостью.

23. Сарма - «падающий» северо-западный ветер, дующий на западном берегу озера Байкал со скоростью до 40 м/с.

24. Бакинский норд - обычно сильный, сухой и холодный северный ветер, достигающий скорости 20-40 м/с.

25. Мистраль - очень тёплый и влажный ветер, сопровождающийся значительной облачностью и осадками и наблюдаемый в Италии, Аравии,

Палестине и Месопотамии, называют сирокко, в Испании - **левеш**, в Алжире и Тунисе - **самум**, в Египте - **шамсин**.

26. Стоковые ветры – формируются в условиях горных ледников и особенно ледников Гренландии и Антарктиды. Они возникают в центральных, наиболее высоких частях ледниковых куполов, где температура подстилающей поверхности минимальна. Холодный воздух непрерывно стекает вниз, набирая, по мере движения под уклон, очень высокую скорость. Поскольку условия на ледниках почти неизменны, стоковые ветры дуют почти непрерывно.

Большие атмосферные вихри.

Воздушной массой называется большое количество воздуха, имеющего сравнительно однородные свойства в горизонтальных направлениях, порой на протяжении тысяч километров.

Воздушная масса,двигающаяся над более теплой подстилающей поверхностью, называется холодной;двигающаяся над более холодной подстилающей поверхностью — теплой; находящаяся в тепловом равновесии с окружающей средой — местной.

Воздушная масса, формирующаяся в Арктике, называется арктическим воздухом, который сильно охлажден по всей толще, обладает малой абсолютной и большой относительной влажностью, несущий с собой туманы и дымки. В умеренных широтах формируется полярный воздух. Зимой массы такого воздуха близки по своим свойствам к арктическому; летом полярный воздух сильно запылен и отличается пониженной видимостью. Формирующийся в субтропиках и тропиках тропический воздух сильно прогрет, запылен, отличается большой абсолютной влажностью, нередко вызывающий явления опалесценции (красноватое солнце и далекие предметы в голубой дымке). Континентальный тропический воздух днем неустойчив (конвекция, пыльные вихри и бури, смерчи). Видимость понижена.

Экваториальный воздух имеет в общем те же свойства, что и тропический, но некоторые из них выражены еще в большей степени.

Место соприкосновения двух воздушных масс, обладающих различными физическими свойствами, называется поверхностью раздела (фронтом). Линия пересечения такой поверхности с подстилающей поверхностью (моря или земли) называется **линией фронта**. Фронты разделяются на **подвижные и стационарные**.

Главный арктический фронт отделяет арктический воздух от полярного; главный полярный фронт — полярный воздух от тропического; главный тропический фронт — тропический воздух от экваториального.

Теплый фронт возникает при наплыве теплой воздушной массы на холодную. Давление перед таким фронтом падает. Предвестником теплого фронта служат также перистые облака в виде «коготков». Перед теплым фронтом наблюдаются предфронтные туманы. Пересекая зону теплого фронта, судно попадает в широкую полосу обложного дождя или снега с пониженной видимостью.

Холодный фронт возникает когда холодные воздушные массы вклиниваются под теплые. Он наступает «стеной» ливневых облаков. Давление перед фронтом значительно падает. При встрече с холодным фронтом судно попадает в зону ливней, гроз, шквалов и сильного волнения. Однако если клин холодного воздуха «подсекает» теплые массы медленно, то за линией такого холодного фронта судно попадает в зону обложных осадков.

Фронт окклюзии возникает при взаимодействии двух масс воздуха — теплого и холодного. Если догоняющая масса имеет температуру ниже впереди идущей, то фронт называют фронтом холодной окклюзии; если догоняющая масса имеет температуру выше впереди идущей — фронт теплой окклюзии. Проходя фронты окклюзии, судно может попасть в условия пониженной видимости, осадков, сильного ветра, сопровождаемого волнением.

Циклон – область приземного слоя атмосферы с низким атмосферным давлением, где ветры дуют от периферии к центру. Диаметр циклона колеблется от нескольких сот до 5000 км; средняя скорость перемещения 30—60 км/ч.

В отличие от зарождающихся в умеренных широтах циклонов, циклонические возмущения, возникающие между тропиками, называются **тропическими циклонами**. В Вест- Индии они называются ураганами; к востоку от Азии — тайфунами; в Индийском океане — циклонами; в южной части Индийского океана — арканами. Тропические циклоны обычно менее 100—300 миль в поперечнике с диаметром центральной части 20—30 миль. Барический градиент в тропическом циклоне порой превышает 40 мб, а скорость ветра достигает 100 км/час, причем эти показатели, в отличие от циклонов умеренных широт, сохраняются практически во всей области урагана (тайфуна и т. Д.).

Антициклоны – область повышенного атмосферного давления, где воздух растекается от центра до периферии.

Антициклоны – области повышенного атмосферного давления бывают, как и циклоны, стационарными и подвижными.

Антициклон, проникший с севера, в холодное время года приносит понижение температуры, ясную погоду и хорошую видимость; в теплое время года — грозы, Антициклон, приходящий с юга, в холодное время года несет длительную пасмурную погоду; в теплое — дожди с грозами, а по ночам — росу и поземные туманы. Явным признаком антициклонической погоды является резкий суточный ход температуры воздуха, влажности и других метеозлементов.

Воздушные массы и атмосферные фронты.

Над большими площадями земной поверхности формируются обширные и разнообразные воздушные течения, из которых складывается общая циркуляция атмосферы.

В нижних слоях атмосферы выделяют воздушные массы, которые объединяются общим происхождением, сходными свойствами и движутся как одно целое. Они занимают большие пространства над материками и океанами.

Каждая такая масса простирается на тысячи километров. Температура, влажность, прозрачность и другие свойства каждой воздушной массы меняются медленно. Но над водной поверхностью или влажной почвой воздух становится влажным, над пустынями или другими запыленными территориями — мутным и т. д. При движении воздушных масс из одних широт в другие, с океана на материк или наоборот их физические свойства изменяются весьма существенно. Идет преобразование, трансформация воздушных масс.

Перемещение воздушных масс определяет изменение погоды: теплые вызывают потепление, так как массы движутся с более теплой подстилающей поверхности; холодные — приносят похолодание, перемещаясь с более холодной поверхности на более теплую. Подстилающая поверхность — море, горы или равнины, лес или поле — влияет на состояние воздушных масс, так как каждая из этих поверхностей по-разному поглощает, накапливает и отражает лучистую энергию Солнца.

В зависимости от места формирования, т. е. от географического очага, различают 4 основных типа воздушных масс.

1. Арктический (антарктический) воздух (АВ) формируется над ледяной поверхностью полярных стран; характеризуется низкими температурами, малым содержанием влаги, небольшим количеством пыли, большой прозрачностью. Вторгаясь в низкие широты, этот воздух значительно понижает температуры. Он может проникнуть далеко от области своего возникновения, задерживаясь только горными цепями. По своим свойствам АВ подразделяется на континентальный и морской. От континентального морской воздух отличается повышенным содержанием влаги.

2. Полярный воздух (ПВ) — воздух умеренных широт. Название не совсем точное и сохраняется, скорее, по традиции. Очаги ПВ располагаются в средних и субполярных, т. е. во внетропических, широтах обоих полушарий. Он также бывает континентальным и морским. Зимой континентальный ПВ сильно охлажден. Он отличается небольшим содержанием влаги. С вторжением континентального ПВ устанавливается ясная, морозная погода. Летом он сильно нагрет. Морской ПВ обычно формируется над океанами; он влажный, умеренной температуры; зимой приносит оттепели; летом — пасмурную погоду и похолодание.

3. Тропический воздух (ТВ) - воздушная масса, круглый год формирующаяся в тропиках и субтропиках, а летом над сушей на юге умеренных широт (юг Европы, Казахстан, Средняя Азия, Забайкалье и др.). Обычно ТВ вторгается из низких широт в более высокие, вызывая резкое повышение температуры — оттепели зимой и жаркую погоду летом. Морской ТВ отличается высокой влажностью и температурой, континентальный — запыленностью и более высокой температурой.

4. Экваториальный воздух (ЭВ) - формируется в экваториальной зоне, перемещаясь в северное и южное полушария. И над морем, и над сушей всегда имеет высокую температуру и влажность; поэтому на морской и континентальный не подразделяется. При переходе с океана на более нагретую

сушу из экваториального воздуха выпадают тропические дожди. За пределы тропиков экваториальный воздух (ЭВ) не распространяется.

При сближении разнородных воздушных масс возникают переходные, или фронтальные, зоны, которые непрерывно зарождаются, обостряются и разрушаются; скорость и сила этих процессов зависят от разности температур встречающихся масс. Здесь усиливается ветер, достигающий ураганных скоростей на высоте 9—12 км (200 км/ч и более), возникают большие атмосферные вихри — циклоны и антициклоны, а также выявляются поверхности разделов между холодными и теплыми воздушными массами, которые называются **атмосферными фронтами**. Ширина этой зоны незначительна—несколько десятков километров, толщина по вертикали — несколько сотен метров. Наклон фронтальной поверхности к земной очень незначительный, менее 1°. Этот клин при таких малых углах наклона фронтов очень трудно изобразить на чертеже; во всяком случае, горизонтальный масштаб приходится уменьшать в 100 раз. Нагляднее будет представить себе следующее: если удалиться на 300 км от линии фронта у поверхности Земли, то фронтальная поверхность будет на высоте 2—3 км; когда мы отъедем на 600 км, она поднимется на высоту только 4—6 км и т. д. Если фронт перемещается в сторону высоких температур, это означает, что наступает холодный воздух. Он более тяжелый и подтекает под теплый, который, не успевая отступить, скользит вверх. Такой фронт называется холодным; его прохождение вызывает похолодание. При наступлении теплого воздуха фронт перемещается в сторону низких температур и теплый воздух натекает на холодный. Такой фронт называется теплым, и после его прохождения наступает потепление. Линия фронтов извилистая: их изгибы к северу обычно вызваны языками теплого воздуха, изгибы к югу — языками холодного воздуха. Когда изгибы фронтальной линии смыкаются, возникают циклоны и антициклоны—мощные атмосферные вихри.

Вместе с воздушными массами фронты перемещаются со скоростью 30—35 км/ч, проходя за сутки свыше 600—800 км. Иногда скорость их замедляется, и они могут подолгу почти не передвигаться. Так как во фронтальной зоне происходит подъем воздуха и образование облаков, то погода здесь всегда облачная и выпадают осадки.

5. Вода в атмосфере.

Вода в атмосфере содержится в виде молекул (пар), капелек и кристалликов. Влажность воздуха характеризуется содержанием водяного пара в 1 м. куб. воздуха. **Абсолютная влажность** — количество водяного пара, которое может содержаться в 1 м. куб. воздуха при данной температуре. Чем выше температура, тем больше влаги в нем может содержаться.

Относительная влажность - процентное отношение количества водяного пара, содержащегося в воздухе, к тому количеству, которое может содержаться при данной температуре (%). Она показывает степень насыщения воздуха водяным паром.

Облака образуются при конденсации водяного пара в поднимающемся воздухе вследствие его охлаждения.

Вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая на земную поверхность, называется **атмосферными осадками**.

По происхождению выделяют **два вида осадков**:

- выпадающие из облаков (дождь, снег, крупа, град);
- образующиеся у поверхности Земли (туман, роса, гололед, изморозь).

Измеряются осадки слоем воды (в мм.), который образуется, если выпавшая вода не стекает и не испаряется. В среднем за год на Землю выпадает 1130 мм. осадков.

Атмосферные осадки распределены по земной поверхности очень **неравномерно**. Одни территории страдают от избытка влаги, другие от её недостатка. Особенно мало получают осадков территории, расположенные вдоль северного и южного тропиков, где температуры воздуха высоки и потребность в осадках особенно велика.

Главная причина такой неравномерности - **размещение поясов атмосферного давления**. Так, в области экватора в поясе низкого давления постоянно нагретый воздух содержит много влаги, он поднимается вверх, охлаждается и становится насыщенным. Поэтому в области экватора образуется много облаков, и идут обильные дожди. Немало осадков и в других областях земной поверхности, где низкое давление.

В поясах высокого давления преобладают нисходящие воздушные потоки. Холодный воздух, опускаясь, содержит мало влаги. При опускании он сжимается и нагревается, благодаря чему удаляется от точки насыщения, становится суше. Поэтому в областях повышенного давления над тропиками и у полюсов выпадает мало осадков.

По количеству выпадающих осадков ещё нельзя судить об обеспеченности территории влагой. Необходимо учитывать возможное испарение — испаряемость. Она зависит от количества солнечного тепла: чем больше его, тем больше влаги может испариться, если она есть. Испаряемость может быть большой, а испарение маленьким. Например, в Сахаре испаряемость (сколько влаги может испариться при данной температуре) 4500 мм/год, а испарение (сколько действительно испаряется) всего 100 мм/год. По соотношению испаряемости и испарения судят об увлажненности территории. Для определения увлажнения пользуются коэффициентом увлажнения. **Коэффициент увлажнения** – отношение годового количества осадков к испаряемости за один и тот же промежуток времени. Он выражается дробью в процентах. Если коэффициент равен 1 — увлажнение достаточное, если меньше 1, увлажнение недостаточное, а если больше 1, то увлажнение избыточное. По степени увлажнения выделяются влажные (гумидные) и сухие (аридные) области.

Погода.

Погода – совокупность значений метеорологических элементов и атмосферных явлений, наблюдаемых в определенный момент времени в той или иной точке пространства.

Выделяют **периодические и непериодические изменения погоды**. **Периодические** изменения погоды зависят от суточного и годового

вращения Земли. **Непериодические** обусловлены переносом воздушных масс. Они нарушают нормальный ход метеорологических величин (температура, атмосферное давление, влажность воздуха и т.д.). Несовпадения фазы периодических изменений с характером непериодических приводят к наиболее резким изменениям погоды.

Наука, изучающая изменения основных показателей состояния воздуха, **называется метеорологией**. Наблюдения за погодой ведут на метеорологических станциях с помощью специальных приборов. Такие станции расположены на территории всего земного шара.

Температура воздуха характеризует тепловое состояние атмосферы и измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) и Кельвина (К). Она определяет условия формирования и характер погоды и зависит от угла падения солнечных променей. На температуру также влияют прозрачность атмосферы, облачность, направление ветра, осадки и др. Разница между самой высокой и самой низкой температурами воздуха называют амплитудой колебаний температур.

Различают **суточную амплитуду** - разность между самой высокой и самой низкой температурой в течение суток, **месячный** - разность средних температур суток в течение месяца, **летнюю** - разность между самым теплым и холодным в месяце года. Годовые амплитуды колебаний температур увеличиваются от экватора к полюсам. На экваторе они составляют около 1°C , на широте Киева - $27,7^{\circ}\text{C}$.

Атмосферное давление - сила, с которой воздух давит на земную поверхность. Давление измеряется с помощью барометра. Единицей измерения атмосферного давления является миллиметр ртутного столба или миллибары. Средняя величина атмосферного давления над уровнем моря ("**нормальное ДАВЛЕНИЕ**") около 760 мм ртутного столба или 1013 мб. Единицей измерения атмосферного давления в международной системе единиц (СИ) является паскаль (Па), который эквивалентен 0,01 мб; числовая величина атмосферного давления в гектопаскалях (гПа) равна числовой величине в миллибарах, т.е. $760\text{ мм} = 1013\text{ мб} = 1013\text{ гПа}$. С высотой давление снижается на каждые 100 м подъема на 10 мм ртутного столба. Это явление характерно только для нижних слоев тропосферы. Распределение атмосферного давления влияет на перемещение тепла и влаги, скорость и направление ветра, развитие циклонов и антициклонов.

Ветер - горизонтальное движение воздуха из области высокого давления в область низкого. Ветер характеризуется скоростью (измеряется в м/с, км/ч), направлением, определяемым по стороне горизонта, откуда он дует. Ветер со скоростью 5-8 м/с считается умеренным, до 15 м/с - сильным, более 20-25 м/с - штормовым, более 30 м/с - ураганом. Есть такие ветры: бриз - днем дует на сушу, направленный из океана на сушу, зимой - наоборот; пассаты - постоянные ветры умеренной силы (в среднем 5-8 м/с), дующие из субтропических антициклонов в сторону экватора.

Влажность воздуха - это содержание водяного пара в воздухе. Она измеряется в граммах на 1 м^3 ($\text{г} / \text{м}^3$). Влажность воздуха зависит от температуры: чем выше температура воздуха, тем больше водяных паров в нем.

Абсолютная влажность - это количество водяного пара в граммах, которое может содержаться на 1 м³ воздуха при данной температуре. Относительная влажность - отношение фактического содержания водяного пара в воздухе к возможному при данной температуре, выраженное в процентах. Измеряют относительную влажность прибором, который называется гигрометром.

Облачность - это степень покрытия небосвода облаками, зависит от температуры воздуха. Облака - скопления взвешенных в атмосфере мелких капель воды или кристаллов льда. Есть несколько десятков видов облаков, и на их частище встречаются перистые (образуются на высоте более 6000 м, состоят из кристалликов льда, по форме напоминают перья птицы), слоистые (расположены на высоте около 0,2-2 км, покрывая плотной пеленой небо), кучевые-образуются на высоте 2-3 км. Они напоминают куски ваты, разбросанные на небосводе.

Облачность определяется в баллах - от 0 (при ясном небе) до 10 (небо сплошь затянуто облаками). Средняя облачность Земли - 5,5 балла, над материками она меньше, над океанами - больше. Облачность влияет на другие показатели погоды, в частности на температуру.

Атмосферные осадки - это вода, выпадающая из облаков или непосредственно из воздуха в жидком или твердом состоянии. К жидким осадкам принадлежат дождь, роса, туман. К твердым - снег, град, иней. Измеряется количество осадков слоем воды (в мм), который образуется, если вода, выпавшая, не стекает и не испаряется.

6. Климат. Основные типы климата. Климат и широта. Мезо- и микроклиматы. Климатообразующие факторы.

Климат - многолетний режим погоды, характерный для данной местности в силу её географического положения.

Под климатом принято понимать усреднённое значение погоды за длительный промежуток времени (порядка нескольких десятилетий). То есть климат - это средняя погода. Таким образом, **погода** — это **мгновенное состояние некоторых характеристик (температура, влажность, атмосферное давление)**. Отклонение погоды от климатической нормы не может рассматриваться как изменение климата, например, очень холодная зима не говорит о похолодании климата. Для выявления изменений климата нужен значимый тренд характеристик атмосферы за длительный период времени порядка десятилетия.

Основные типы климата

Классификация климатов даёт упорядоченную систему для характеристики типов климата, их районирования и картографирования. Типы климата, преобладающие на обширных территориях, называются макроклиматами. Макроклиматический район должен иметь более или менее однородные климатические условия, отличающие его от других районов, хотя и представляющие собой лишь обобщённую характеристику (поскольку не существует двух мест с идентичным климатом), больше отвечающую реалиям, чем выделение климатических районов только на основе принадлежности к определённому широтно-географическому поясу.

1. **Климат ледниковых покровов** господствует в Гренландии и Антарктиде, где средние месячные температуры ниже 0°C . В темное зимнее время года эти регионы совершенно не получают солнечной радиации, хотя там бывают сумерки и полярные сияния. Даже летом солнечные лучи падают на земную поверхность под небольшим углом, что снижает эффективность прогрева. Большая часть приходящей солнечной радиации отражается льдом. Как летом, так и зимой в возвышенных районах Антарктического ледникового покрова преобладают низкие температуры. Климат внутренних районов Антарктиды гораздо холоднее климата Арктики, поскольку южный материк отличается большими размерами и высотами, а Северный Ледовитый океан смягчает климат, несмотря на широкое распространение паковых льдов. Летом во время коротких потеплений дрейфующий лед иногда тает.

Осадки на ледниковых покровах выпадают в виде снега или мелких частичек ледяного тумана. Внутренние районы ежегодно получают всего 50–125 мм осадков, но на побережье может выпасть и более 500 мм. Иногда циклоны приносят в эти районы облачность и снег. Снегопады часто сопровождаются сильными ветрами, которые переносят значительные массы снега, сдувая его со скал. Сильные стоковые ветры с метелями дуют с холодного ледникового щита, вынося снег на побережья.

1. **Субполярный климат** проявляется в тундровых районах на северных окраинах Северной Америки и Евразии, а также на Антарктическом п-ове и прилегающих к нему островах. В восточной Канаде и Сибири южная граница этого климатического пояса проходит значительно южнее Полярного круга из-за сильно выраженного влияния обширных массивов суши. Это приводит к затяжным и крайне холодным зимам. Лето короткое и прохладное со средними месячными температурами, редко превышающими $+10^{\circ}\text{C}$. До некоторой степени длинные дни компенсируют непродолжительность лета, однако на большей части территории получаемого тепла недостаточно для полного оттаивания грунтов. Постоянно мерзлый грунт, называемый многолетней мерзлотой, сдерживает рост растений и фильтрацию талых вод в грунт. Поэтому летом плоские участки оказываются заболоченными. На побережье зимние температуры несколько выше, а летние – несколько ниже, чем во внутренних районах материка. Летом, когда влажный воздух находится над холодной водой или морским льдом, на арктических побережьях часто возникают туманы.

Годовая сумма осадков обычно не превышает 380 мм. Большая их часть выпадает в виде дождя или снега летом, при прохождении циклонов.

На побережье основная масса осадков может быть принесена зимними циклонами. Но низкие температуры и ясная погода холодного сезона, характерные для большей части областей с субполярным климатом, неблагоприятны для значительного снегонакопления.

3. Субарктический климат известен также под названием «климат тайги» (по преобладающему типу растительности – хвойным лесам). Этот климатический пояс охватывает умеренные широты Северного полушария – северные области Северной Америки и Евразии, расположенные

непосредственно к югу от субполярного климатического пояса. Здесь проявляются резкие сезонные климатические различия из-за положения этого климатического пояса в достаточно высоких широтах во внутренних частях материков. Зимы затяжные и крайне холодные, и чем севернее, тем дни короче. Лето короткое и прохладное с длинными днями.

Зимой период с отрицательными температурами очень продолжителен, а летом температура временами может превышать $+32^{\circ}\text{C}$. В Якутске средняя температура января -43°C , июля $+19^{\circ}\text{C}$, т.е. годовая амплитуда температур достигает 62°C . Более мягкий климат характерен для приморских территорий, например южной Аляски или северной Скандинавии.

На большей части рассматриваемого климатического пояса выпадает менее 500 мм осадков в год, причем их количество максимально на наветренных побережьях и минимально во внутренней части Сибири. Снега зимой выпадает очень мало, снегопады сопряжены с редкими циклонами. Лето обычно более влажное, причем дожди идут в основном при прохождении атмосферных фронтов. На побережьях часто бывают туманы и сплошная облачность. Зимой в сильные морозы над снежным покровом висят ледяные туманы.

4. Влажный континентальный климат с коротким летом характерен для обширной полосы умеренных широт Северного полушария. В Северной Америке она простирается от прерий на юге центральной Канады до побережья Атлантического океана, а в Евразии охватывает большую часть Восточной Европы и некоторые районы Средней Сибири. Такой же тип климата наблюдается на японском о. Хоккайдо и на юге Дальнего Востока. Основные климатические особенности этих районов определяются преобладающим западным переносом и частым прохождением атмосферных фронтов. В суровые зимы средние температуры воздуха могут понижаться до -18°C . Лето короткое и прохладное, безморозный период менее 150 дней. Годовая амплитуда температур не столь велика, как в условиях субарктического климата. В Москве средние температуры января -9°C , июля $+18^{\circ}\text{C}$. В этом климатическом поясе постоянную угрозу для сельского хозяйства представляют весенние заморозки. В приморских провинциях Канады, в Новой Англии и на о. Хоккайдо зимы теплее, чем во внутриконтинентальных районах, так как восточные ветры временами приносят более теплый океанический воздух.

Годовое количество осадков колеблется от менее 500 мм во внутренних частях материков до более 1000 мм на побережьях. На большей части района осадки выпадают преимущественно летом, часто при грозовых ливнях. Зимние осадки, в основном в виде снега, связаны с прохождением фронтов в циклонах. Метели часто наблюдаются в тылу холодного фронта.

5. Влажный континентальный климат с длинным летом.

Температуры воздуха и продолжительность летнего сезона увеличиваются к югу в районах влажного континентального климата. Такой тип климата проявляется в умеренном широтном поясе Северной Америки от

восточной части Великих Равнин до атлантического побережья, а в юго-восточной Европе – в низовьях Дуная.

Сходные климатические условия выражены также в северо-восточном Китае и центральной Японии. Здесь также преобладает западный перенос. Средняя температура наиболее теплого месяца $+22^{\circ}\text{C}$ (но температуры могут превышать $+38^{\circ}\text{C}$), летние ночи теплые. Зимы не такие холодные, как в областях влажного континентального климата с коротким летом, но температура иногда опускается ниже 0°C . Годовая амплитуда температур обычно составляет 28°C , как, например, в Пеории (шт. Иллинойс, США), где средняя температура января -4°C , а июля – $+24^{\circ}\text{C}$. На побережье годовые амплитуды температур уменьшаются.

Чаще всего в условиях влажного континентального климата с длинным летом выпадает от 500 до 1100 мм осадков в год. Наибольшее количество осадков приносят летние грозовые ливни во время вегетационного сезона. Зимой дожди и снегопады в основном сопряжены с прохождением циклонов и связанных с ними фронтов.

6. Морской климат умеренных широт присущ западным побережьям материков, прежде всего, северо-западной Европы, центральной части тихоокеанского побережья Северной Америки, югу Чили, юго-востоку Австралии и Новой Зеландии. На ход температуры воздуха смягчающее влияние оказывают преобладающие западные ветры, дующие с океанов. Зимы мягкие со средними температурами наиболее холодного месяца выше 0°C , но, когда побережий достигают потоки арктического воздуха, бывают и морозы. Лето в целом довольно теплое; при вторжениях континентального воздуха днем температура может на короткое время повышаться до $+38^{\circ}\text{C}$. Этот тип климата с небольшой годовой амплитудой температур является наиболее умеренным среди климатов умеренных широт. Например, в Париже средняя температура января $+3^{\circ}\text{C}$, июля – $+18^{\circ}\text{C}$. В районах умеренного морского климата средняя годовая сумма осадков колеблется от 500 до 2500 мм. Наиболее увлажнены наветренные склоны прибрежных гор. Во многих районах осадки выпадают довольно равномерно в течение года, исключение составляет северо-западное тихоокеанское побережье США с очень влажной зимой. Циклоны, движущиеся с океанов, приносят много осадков на западные материковые окраины. Зимой, как правило, держится облачная погода со слабыми дождями и редкими кратковременными снегопадами. На побережьях обычны туманы, особенно летом и осенью.

7. Влажный субтропический климат

Влажный субтропический климат характерен для восточных побережий материков к северу и югу от тропиков. Основные области распространения – юго-восток США, некоторые юго-восточные районы Европы, север Индии и Мьянмы, восточный Китай и южная Япония, северо-восточная Аргентина, Уругвай и юг Бразилии, побережье провинции Натал в ЮАР и восточное побережье Австралии. Лето во влажных субтропиках продолжительное и жаркое, с такими же температурами, как и в тропиках. Средняя температура самого теплого месяца превышает $+27^{\circ}\text{C}$, а максимальная – $+38^{\circ}\text{C}$. Зимы

мягкие, со средними месячными температурами выше 0°C , но случайные заморозки оказывают губительное влияние на плантации овощей и цитрусовых.

Во влажных субтропиках средние годовые суммы осадков колеблются от 750 до 2000 мм, распределение осадков по сезонам довольно равномерное. Зимой дожди и редкие снегопады приносятся главным образом циклонами. Летом осадки выпадают в основном в виде грозных ливней, связанных с мощными заточками теплого и влажного океанического воздуха, характерными для муссонной циркуляции восточной Азии. Ураганы (или тайфуны) проявляются в конце лета и осенью, особенно в Северном полушарии.

8. Субтропический климат с сухим летом типичен для западных побережий материков к северу и югу от тропиков. В Южной Европе и Северной Африке такие климатические условия характерны для побережий Средиземного моря, что послужило поводом называть этот климат также средиземноморским. Такой же климат в южной Калифорнии, центральных районах Чили, на крайнем юге Африки и в ряде районов на юге Австралии. Во всех этих районах жаркое лето и мягкая зима. Как и во влажных субтропиках, зимой изредка бывают морозы. Во внутренних районах летом температуры значительно выше, чем на побережьях, и часто такие же, как в тропических пустынях. В целом преобладает ясная погода.

Летом на побережьях, близ которых проходят океанические течения, нередко бывают туманы. Например, в Сан-Франциско лето прохладное, туманное, а самый теплый месяц – сентябрь.

Максимум осадков связан с прохождением циклонов зимой, когда преобладающие западные воздушные потоки смещаются по направлению к экватору. Влияние антициклонов и нисходящие потоки воздуха под океанами обуславливают сухость летнего сезона. Среднее годовое количество осадков в условиях субтропического климата колеблется от 380 до 900 мм и достигает максимальных величин на побережьях и склонах гор. Летом обычно осадков не хватает для нормального роста деревьев, и поэтому там развивается специфический тип вечнозеленой кустарниковой растительности, известный под названиями маквис, чапарраль, мали, маккия и финбош.

9. Семиаридный климат умеренных широт (синоним – степной климат) характерен преимущественно для внутриматериковых районов, удаленных от океанов – источников влаги – и обычно расположенных в дождевой тени высоких гор. Основные районы с семиаридным климатом – межгорные котловины и Великие

Равнины Северной Америки и степи центральной Евразии. Жаркое лето и холодная зима обусловлены внутриматериковым положением в умеренных широтах. По крайней мере один зимний месяц имеет среднюю температуру ниже 0°C , а средняя температура самого теплого летнего месяца превышает $+21^{\circ}\text{C}$. Температурный режим и продолжительность безморозного периода существенно изменяются в зависимости от широты.

Термин «семиаридный» применяется для характеристики этого климата, потому что он менее сухой, чем собственно аридный климат. Средняя годовая

сумма осадков обычно менее 500 мм, но более 250 мм. Поскольку для развития степной растительности в условиях более высоких температур необходимо большее количество осадков, широтно-географическое и высотное положение местности определяют климатические изменения. Для семиаридного климата не существует общих закономерностей распределения осадков в течение года. Например, в районах, граничащих с субтропиками с сухим летом, отмечается максимум осадков зимой, в то время как в районах, смежных с областями влажного континентального климата, дожди выпадают в основном летом. Циклоны умеренных широт приносят большую часть зимних осадков, которые часто выпадают в виде снега и могут сопровождаться сильными ветрами. Летние грозы нередко бывают с градом.

Количество осадков сильно изменяется от года к году.

10. Аридный климат умеренных широт присущ главным образом центрально-азиатским пустыням, а на западе США – лишь небольшим участкам в межгорных котловинах. Температуры такие же, как в районах с семиаридным климатом, однако осадков здесь недостаточно для существования сомкнутого естественного растительного покрова и средние годовые суммы обычно не превышают 250 мм. Как и в семиаридных климатических условиях, количество осадков, определяющее аридность, зависит от термического режима.

11. Семиаридный климат низких широт в основном типичен для окраин тропических пустынь (например, Сахары и пустынь центральной Австралии), где нисходящие потоки воздуха в субтропических зонах высокого давления исключают выпадение осадков. От семиаридного климата умеренных широт рассматриваемый климат отличается очень жарким летом и теплой зимой. Средние месячные температуры выше 0° С, хотя зимой иногда случаются заморозки, особенно в районах, наиболее удаленных от экватора и расположенных на больших высотах. Количество осадков, необходимое для существования сомкнутой естественной травянистой растительности, здесь выше, чем в умеренных широтах. В приэкваториальной полосе дожди идут в основном летом, тогда как на внешних (северных и южных) окраинах пустынь максимум осадков приходится на зиму. Осадки большей частью выпадают в виде грозовых ливней, а зимой дожди приносятся циклонами.

12. Аридный климат низких широт. Это жаркий сухой климат тропических пустынь, простирающихся вдоль Северного и Южного тропиков и находящихся большую часть года под влиянием субтропических антициклонов. Спасение от изнуряющей летней жары можно найти лишь на побережьях, омываемых холодными океаническими течениями, или в горах. На равнинах средние летние температуры заметно превышают +32° С, зимние обычно выше +10° С. На большей части этого климатического района средняя годовая сумма осадков не превышает 125 мм. Бывает так, что на многих метеорологических станциях несколько лет подряд вообще не регистрируются осадки. Иногда средняя годовая сумма осадков может достигать 380 мм, но и этого все же достаточно лишь для развития разреженной пустынной растительности. Изредка осадки выпадают в форме непродолжительных

сильных грозовых ливней, но вода быстро стекает, образуя ливневые паводки. Самые засушливые районы расположены вдоль западных берегов Южной Америки и Африки, где холодные океанические течения препятствуют формированию облаков и выпадению осадков. На этих побережьях часто бывают туманы, образующиеся за счет конденсации влаги в воздухе над более холодной поверхностью океана.

13. Переменно-влажный тропический климат. Районы с таким климатом расположены в тропических субширотных поясах, на несколько градусов севернее и южнее экватора. Этот климат называется также муссонным тропическим, так как преобладает в тех частях Южной Азии, которые находятся под влиянием муссонов. Другие районы с таким климатом – тропики Центральной и Южной Америки, Африки и Северной Австралии. Средние летние температуры обычно ок. $+27^{\circ}\text{C}$, а зимние – ок. $+21^{\circ}\text{C}$. Самый жаркий месяц, как правило, предшествует летнему сезону дождей.

Средние годовые суммы осадков колеблются от 750 до 2000 мм. В течение летнего дождливого сезона определяющее воздействие на климат оказывает внутритропическая зона конвергенции. Здесь часто бывают грозы, иногда в течение длительного времени сохраняется сплошная облачность с затяжными дождями. Зима сухая, так как в этот сезон господствуют субтропические антициклоны. В некоторых районах дожди не выпадают в течение двух-трех зимних месяцев. В Южной Азии влажный сезон совпадает с летним муссоном, который приносит влагу с Индийского океана, а зимой сюда распространяются азиатские континентальные сухие воздушные массы.

14. Влажный тропический климат, или климат влажных тропических лесов, распространен в экваториальных широтах в бассейнах Амазонки в Южной Америке и Конго в Африке, на п-ове Малакка и на островах Юго-Восточной Азии. Во влажных тропиках средняя температура любого месяца не менее $+17^{\circ}\text{C}$, обычно средняя месячная температура ок. $+26^{\circ}\text{C}$. Как в переменно-влажных тропиках, из-за высокого полуденного стояния Солнца над горизонтом и одинаковой продолжительности дня в течение всего года сезонные колебания температуры невелики. Влажный воздух, облачность и густой растительный покров препятствуют ночному охлаждению и поддерживают максимальные дневные температуры ниже $+37^{\circ}\text{C}$, более низкие, чем в более высоких широтах. Среднее годовое количество осадков во влажных тропиках колеблется от 1500 до 2500 мм, распределение по сезонам обычно довольно равномерное. Осадки в основном связаны с внутритропической зоной конвергенции, которая располагается немного севернее экватора. Сезонные смещения этой зоны к северу и югу в некоторых районах приводят к формированию двух максимумов осадков в течение года, разделенных более сухими периодами. Ежедневно тысячи гроз прокатываются над влажными тропиками. В промежутках между ними солнце светит в полную силу.

15. Климаты высокогорий. В высокогорных районах значительное разнообразие климатических условий обусловлено широтно-географическим

положением, орографическими барьерами и различной экспозицией склонов по отношению к Солнцу и влагонесущим воздушным потокам. Даже на экваторе в горах встречаются снежники-перелетки. Нижняя граница вечных снегов опускается к полюсам, достигая уровня моря в полярных районах. Подобно ей и другие границы высотных термических поясов понижаются по мере приближения к высоким широтам. Наветренные склоны горных хребтов получают больше осадков. На горных склонах, открытых для вторжений холодного воздуха, возможно понижение температуры. В целом для климата высокогорий характерны более низкие температуры, более высокая облачность, большее количество осадков и более сложный ветровой режим, чем для климата равнин на соответствующих широтах. Характер сезонных изменений температур и осадков в высокогорьях обычно такой же, как и на прилегающих равнинах.

Климат и широта.

В климатических обзорах Земли целесообразно рассматривать широтные зоны.

Распределение климатических поясов в Северном и Южном полушариях симметрично. К северу и югу от экватора расположены тропическая, субтропическая, умеренная, субполярная и полярная зоны. Также симметричны барические поля и зоны преобладающих ветров. Следовательно, большую часть типов климата одного полушария можно найти на аналогичных широтах в другом полушарии.

Мезо- и микроклиматы

Территории, уступающие по размерам макроклиматическим районам, тоже имеют климатические особенности, заслуживающие специального изучения и классификации. **Мезоклиматы** – это климаты территорий размером в несколько квадратных километров, например, широких речных долин, межгорных впадин, котловин больших озер или городов. По площади распространения и характеру различий мезоклиматы являются промежуточными между **макроклиматами** и **микроклиматами**. Последние характеризуют климатические условия на небольших участках земной поверхности. **Микроклиматические** наблюдения проводятся, например, на улицах городов или на пробных площадках, заложенных в пределах однородного растительного сообщества.

Климатообразующие факторы

Климат планеты зависит от целого комплекса внешних и внутренних факторов. Большинство внешних факторов влияют на суммарное количество солнечной радиации, получаемого планетой, а изменения в количестве достигающего Земли солнечного света описаны как циклы Миланковича.

Внешние факторы

Изменение параметров земной орбиты - в ходе истории планеты Земля достаточно регулярно изменяет эксцентриситет своей орбиты, что влияет на расстояние до Солнца. Полный цикл изменения орбиты проходит за 100000

лет. Помимо этого, движение испытывает и перигелий орбиты с цикличностью в 10000 лет, а также и восходящий узел орбиты;

Изменение наклона оси вращения Земли (прецессия и нутация). Происходит с периодичностью в 41000 лет;

Солнечная активность с 11-летними, вековыми и тысячелетними циклами;

Изменение конфигурации и расположения континентов — появление континента в полярных широтах может привести к покровному оледенению, и изъятию значительного количества воды из ежедневного круговорота, также образование суперконтинентов Пангей всегда сопровождался общей аридизацией климата, нередко на фоне оледенения, также расположение континентов оказывает большое влияние на систему океанских течений;

Падения астероидов, извержения вулканов способны вызвать кратковременное изменение климата, вплоть до вулканической зимы;

географическая широта (из-за формы Земного шара на различных широтах угол падения солнечных лучей различен, что влияет на степень прогрева поверхности и следовательно, воздуха);

Скорость вращения Земли практически не изменяется, является постоянно действующим фактором. Благодаря вращению Земли существуют пассаты и муссоны, а также образуются циклоны.

Внутренние факторы

Альbedo земной атмосферы и поверхности влияет на количество отражённых солнечных лучей;

воздушные массы (в зависимости от свойств ВМ определяется сезонность выпадения осадков и состояния тропосферы);

влияние океанов и морей (если местность отдалена от морей и океанов, то увеличивается континентальность климата. Наличие рядом океанов смягчает климат местности, исключение - наличие холодных течений).

Характер подстилающей поверхности (рельеф, особенности ландшафта);

деятельность человека (сжигание топлива, выброс различных газов, сельскохозяйственная деятельность).

Изменение теплового потока планеты.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу
С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**СОО.01.10 БИОЛОГИЯ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

Направление подготовки / специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе основного общего образования

форма обучения: очная

год набора: 2024

Автор: Шайхутдинова М.М.

Одобрена на заседании кафедры
Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Стороженко Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 05.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ № 1. Введение.....	5
1. Определение жизни на современном этапе развития науки	5
2. Фундаментальные свойства живой материи.....	5
3. Уровни организации жизни	8
ЛЕКЦИЯ № 2. Химия клетки. Химический состав живых систем. Биологическая роль белков, полисахаридов, липидов и АТФ	10
1. Клеточная теория (КТ) Предпосылки клеточной теории	10
2. Обзор химического строения клетки.....	11
3. Биополимеры Белки.....	11
4. Нуклеиновые кислоты. Биосинтез белка.....	13
5. ДНК.....	13
6. РНК	14
7. Биосинтез белка	14
Лекция №3 Структура клетки.....	17
1. Функции и строение цитоплазматической мембраны	17
2. Строение и функции полуавтономных структур клетки: митохондрий и пластид	18
3. Строение и функции лизосом и пероксисом. Лизосомы	20
4. Строение и функции эндоплазматического ретикулума, комплекса Гольджи..	21
ЛЕКЦИЯ №4. Одномембранные, двумембранные, немембранные органоиды цитоплазмы.....	23
1. Строение и функции клеточного ядра.....	23
2. Строение и функции немембранных структур клетки.....	24
3. Гиалоплазма – внутренняя среда клетки. Цитоплазматические включения.....	25
ЛЕКЦИЯ № 5. Прокариотическая и эукариотическая клетка. Основные клеточные формы	27
1. Прокариоты	27
2. Общие сведения об эукариотической клетке.....	28

3. Неклеточные формы жизни – вирусы, бактериофаги	29
ЛЕКЦИЯ № 9.1. Жизненный цикл клетки	31
1. Понятие о жизненном цикле	31
2. Биологическое значение жизненного цикла	31
3. Митоз. Характеристика основных этапов	32
4. Нетипичные формы митоза	33
ЛЕКЦИЯ № 9.2. Мейоз: характеристика, биологическое значение.....	34
1. Стадии мейоза	35
2. Биологическое значение мейоза.....	36
ЛЕКЦИЯ 9.3. Бесполое размножение. Формы и биологическая роль.....	36
1. Биологическая роль бесполого размножения	36
2. Формы бесполого размножения	36
3. Вегетативная форма размножения.....	37
ЛЕКЦИЯ № 10.1. Развитие половых клеток. Строение и функции половых клеток (гамет)	38
1. Общие свойства гамет	38
2. Строение и функции яйцеклетки	38
3. Строение и функции сперматозоидов	39
4. Оплодотворение.....	41
ЛЕКЦИЯ 10.2. Половое размножение. Его формы и биологическая роль	42
1. Эволюционный смысл полового размножения	43
2. Виды полового размножения	43
3. Различия между гаметами.....	44
4. Нетипичное половое размножение	44
ЛЕКЦИЯ 10.3. Гаметогенез	46
1. Понятия гаметогенеза	46
2. Стадии гаметогенеза.....	46
ЛЕКЦИЯ 10.4. Онтогенез.....	47
1. Понятие об онтогенезе	47

2. Эмбриональное развитие	49
ЛЕКЦИЯ № 11. Основные понятия генетики. Законы наследования	51
1. Законы Г. Менделя	51
2. Ди- и полигибридное скрещивание. Независимое наследование	52
3. Взаимодействия аллельных генов.....	53
4. Наследование групп крови системы АВО.....	54
5. Наследственность. Неаллельные гены	55
6. Генетика пола.....	56
7. Наследственность и изменчивость.....	58
8. Гетероплоидия – изменение числа отдельных хромосом в кариотипе	59
9. Методы изучения наследственности человека Генеалогический метод.....	61

ЛЕКЦИЯ № 1. Введение

1. Определение жизни на современном этапе развития науки

Довольно трудно дать полное и однозначное определение понятию жизни, учитывая огромное разнообразие ее проявлений. В большинстве определений понятия жизни, которые давались многими учеными и мыслителями на протяжении веков, учитывались ведущие качества, отличающие живое от неживого. Например, Аристотель говорил, что жизнь – это «питание, рост и одряхление» организма; А. Л. Лавуазье определял жизнь как «химическую функцию»; Г. Р. Тревиранус считал, что жизнь есть «стойкое единообразие процессов при различии внешних влияний». Понятно, что такие определения не могли удовлетворить ученых, так как не отражали (и не могли отражать) всех свойств живой материи. Кроме того, наблюдения свидетельствуют, что свойства живого не исключительны и уникальны, как это казалось раньше, они по отдельности обнаруживаются и среди неживых объектов. А. И. Опарин определял жизнь как «особую, очень сложную форму движения материи». Это определение отражает качественное своеобразие жизни, которое нельзя свести к простым химическим или физическим закономерностям. Однако и в этом случае определение носит общий характер и не раскрывает конкретного своеобразия этого движения.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» писал: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является обмен веществом и энергией с окружающей средой».

Для практического применения полезны те определения, в которых заложены основные свойства, в обязательном порядке присущие всем живым формам. Вот одно из них: жизнь – это макромолекулярная открытая система, которой свойственны иерархическая организация, способность к самовоспроизведению, самосохранению и саморегуляции, обмен веществ, тонко регулируемый поток энергии. Согласно данному определению жизнь представляет собой ядро упорядоченности, распространяющееся в менее упорядоченной Вселенной.

Жизнь существует в форме открытых систем. Это означает, что любая живая форма не замкнута только на себе, но постоянно обменивается с окружающей средой веществом, энергией и информацией.

2. Фундаментальные свойства живой материи

Эти свойства в комплексе характеризуют любую живую систему и жизнь вообще:

1) самообновление. Связано с потоком вещества и энергии. Основу обмена веществ составляют сбалансированные и четко взаимосвязанные процессы ассимиляции (анаболизм, синтез, образование новых веществ) и диссимиляции (катаболизм, распад). В результате ассимиляции происходят обновление структур организма и образование новых его частей (клеток, тканей, частей органов). Диссимиляция определяет расщепление органических соединений, обеспечивает клетку пластическим веществом и энергией. Для образования нового нужен постоянный приток необходимых веществ извне, а в процессе жизнедеятельности (и диссимиляции, в частности) образуются продукты, которые нужно вывести во внешнюю среду;

2) самовоспроизведение. Обеспечивает преемственность между сменяющимися поколениями биологических систем. Это свойство связано с потоками информации, заложенной в структуре нуклеиновых кислот. В связи с этим живые структуры постоянно воспроизводятся и обновляются, не теряя при этом сходства с предыдущими поколениями (несмотря на непрерывное обновление вещества). Нуклеиновые кислоты способны хранить, передавать и воспроизводить наследственную информацию, а также реализовывать ее через синтез белков. Информация, хранимая на ДНК, переносится на молекулу белка с помощью молекул РНК;

3) саморегуляция. Базируется на совокупности потоков вещества, энергии и информации через живой организм;

4) раздражимость. Связана с передачей информации извне в любую биологическую систему и отражает реакцию этой системы на внешний раздражитель. Благодаря раздражимости живые организмы способны избирательно реагировать на условия внешней среды и извлекать из нее только необходимое для своего существования. С раздражимостью связана саморегуляция живых систем по принципу обратной связи: продукты жизнедеятельности способны оказывать тормозящее или стимулирующее воздействие на те ферменты, которые стояли в начале длинной цепи химических реакций;

5) поддержание гомеостаза (от гр. *homoios* – «подобный, одинаковый» и *stasis* – «неподвижность, состояние») – относительного динамического постоянства внутренней среды организма, физико-химических параметров существования системы;

6) структурная организация – определенная упорядоченность, стройность живой системы. Обнаруживается при исследовании не только отдельных живых организмов, но и их совокупностей в связи с окружающей средой – биогеоценозов;

7) адаптация – способность живого организма постоянно приспосабливаться к

изменяющимся условиям существования в окружающей среде. В ее основе лежат раздражимость и характерные для нее адекватные ответные реакции;

8) репродукция (воспроизведение). Так как жизнь существует в виде отдельных (дискретных) живых системы (например, клеток), а существование каждой такой системы строго ограничено во времени, поддержание жизни на Земле связано с репродукцией живых систем. На молекулярном уровне воспроизведение осуществляется благодаря матричному синтезу, новые молекулы образуются по программе, заложенной в структуре (матрице) ранее существовавших молекул;

9) наследственность. Обеспечивает преемственность между поколениями организмов (на основе потоков информации).

Тесно связана с ауторепродукцией жизни на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях. Благодаря наследственности из поколения в поколение передаются признаки, которые обеспечивают приспособление к среде обитания;

10) изменчивость – свойство, противоположное наследственности. За счет изменчивости живая система приобретает признаки, ранее ей несвойственные. В первую очередь изменчивость связана с ошибками при репродукции: изменения в структуре нуклеиновых кислот приводят к появлению новой наследственной информации. Появляются новые признаки и свойства. Если они полезны для организма в данной среде обитания, то они подхватываются и закрепляются естественным отбором. Создаются новые формы и виды. Таким образом, изменчивость создает предпосылки для видообразования и эволюции;

11) индивидуальное развитие (процесс онтогенеза) – воплощение исходной генетической информации, заложенной в структуре молекул ДНК (т. е. в генотипе), в рабочие структуры организма. В ходе этого процесса проявляется такое свойство, как способность к росту, что выражается в увеличении массы тела и его размеров. Этот процесс базируется на репродукции молекул, размножении, росте и дифференцировке клеток и других структур и др.;

12) филогенетическое развитие (закономерности его установлены Ч. Р. Дарвином). Базируется на прогрессивном размножении, наследственности, борьбе за существование и отборе. В результате эволюции появилось, огромное количество видов. Прогрессивная эволюция прошла ряд ступеней. Это до-клеточные, одноклеточные и многоклеточные организмы вплоть до человека.

При этом онтогенез человека повторяет филогенез (т. е. индивидуальное развитие проходит те же этапы, что и эволюционный процесс);

13) дискретность (прерывистость) и в то же время целостность. Жизнь

представлена совокупностью отдельных организмов, или особей. Каждый организм, в свою очередь, также дискретен, поскольку состоит из совокупности органов, тканей и клеток. Каждая клетка состоит из органелл, но в то же время автономна. Наследственная информация осуществляется генами, но ни один ген в отдельности не может определять развитие того или иного признака.

3. Уровни организации жизни

Живая природа – это целостная, но неоднородная система, которой свойственна иерархическая организация. Иерархической называется такая система, в которой части (или элементы целого) расположены в порядке от высшего к низшему. Иерархический принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные уровни, что весьма удобно при изучении жизни как сложного природного явления. Можно выделить три основные ступени живого: микросистемы, мезосистемы и макросистемы.

Микросистемы (доорганизменная ступень) включают в себя молекулярный (молекулярно-генетический) и субклеточный уровни.

Мезосистемы (организменная ступень) включают в себя клеточный, тканевый, органнй, системный, организменный (организм как единое целое), или онтогенетический, уровни.

Макросистемы (надорганизменная ступень) включают в себя популяционно-видовой, биоценотический и глобальный уровни (биосферу в целом). На каждом уровне можно выделить элементарную единицу и явление.

Элементарная единица (ЭЕ) – это структура (или объект), закономерные изменения которой (элементарные явления, ЭЯ) составляют ее вклад в развитие жизни на данном уровне.

Иерархические уровни:

1) молекулярно-генетический уровень. ЭЕ представлена геном. Ген – это участок молекулы ДНК (а у некоторых вирусов-молекулы РНК), который ответствен за формирование какого – либо одного признака. Информация, заложенная в нуклеиновых кислотах, реализуется посредством матричного синтеза белков;

2) субклеточный уровень. ЭЕ представлена какой-либо субклеточной структурой, т. е. органеллой, которая выполняет свойственные ей функции и вносит свой вклад в работу клетки в целом;

3) клеточный уровень. ЭЕ – это клетка, которая является самостоятельно функционирующей элементарной биологической системой. Только на этом уровне

возможны реализация генетической информации и процессы биосинтеза. Для одноклеточных организмов этот уровень совпадает с организменным. ЭЯ – это реакции клеточного метаболизма, составляющие основу потоков энергии, информации и вещества;

4) тканевый уровень. Совокупность клеток с одинаковым типом организации составляет ткань (ЭЕ). Уровень возник с появлением многоклеточных организмов с более или менее дифференцированными тканями. Ткань функционирует как единое целое и обладает свойствами живого;

5) органный уровень. Образован совместно с функционирующими клетками, относящимися к разным тканям (ЭЕ). Всего четыре основные ткани входят в состав органов многоклеточных организмов, шесть основных тканей образуют органы растений;

6) организменный (онтогенетический) уровень. ЭЕ – это особь в ее развитии от момента рождения до прекращения ее существования в качестве живой системы. ЭЯ – это закономерные изменения организма в процессе индивидуального развития (онтогенеза). В процессе онтогенеза в определенных условиях среды происходит воплощение наследственной информации в биологические структуры, т. е. на основе генотипа особи формируется ее фенотип;

7) популяционно-видовой уровень. ЭЕ – это популяция, т. е. совокупность особей (организмов) одного вида, населяющих одну территорию и свободно скрещивающихся между собой. Популяция обладает генофондом, т. е. совокупностью генотипов всех особей. Воздействие на генофонд элементарных эволюционных факторов (мутаций, колебаний численности особей, естественного отбора) приводит к эволюционно значимым изменениям (ЭЯ);

8) биоценотический (экосистемный) уровень. ЭЕ – биоценоз, т. е. исторически сложившееся устойчивое сообщество популяций разных видов, связанных между собой и с окружающей неживой природой обменом веществ, энергии и информации (круговоротами), которые и представляют собой ЭЯ;

9) биосферный (глобальный) уровень. ЭЕ – биосфера (область распространения жизни на Земле), т. е. единый планетарный комплекс биогеоценозов, различных по видовому составу и характеристике абиотической (неживой) части. Биогеоценозы обуславливают все процессы, протекающие в биосфере;

10) ноосферный уровень. Это новое понятие было сформулировано академиком В. И. Вернадским. Он основал учение о ноосфере как сфере разума. Это составная часть биосферы, которая изменена благодаря деятельности человека.

ЛЕКЦИЯ № 2. Химия клетки.

Химический состав живых систем.

Биологическая роль белков, полисахаридов, липидов и АТФ

1. Клеточная теория (КТ) Предпосылки клеточной теории

Предпосылками создания клеточной теории были изобретение и усовершенствование микроскопа и открытие клеток (1665 г., Р. Гук – при изучении среза коры пробкового дерева, бузины и др.). Работы известных микроскопистов: М. Мальпиги, Н. Грю, А. ван Левенгука – позволили увидеть клетки растительных организмов. А. ван Левенгук обнаружил в воде одноклеточные организмы. Сначала изучалось клеточное ядро. Р. Браун описал ядро растительной клетки. Я. Э. Пуркине ввел понятие протоплазмы – жидкого студенистого клеточного содержимого.

Немецкий ботаник М. Шлейден первым пришел к выводу, что в любой клетке есть ядро. Основателем КТ считается немецкий биолог Т. Шванн (совместно с М. Шлейденом), который в 1839 г. опубликовал труд «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений». Его положения:

1) клетка – главная структурная единица всех живых организмов (как животных, так и растительных);

2) если в каком-либо образовании, видимом под микроскопом, есть ядро, то его можно считать клеткой;

3) процесс образования новых клеток обуславливает рост, развитие, дифференцировку растительных и животных клеток. Дополнения в клеточную теорию внес немецкий ученый Р. Вирхов, который в 1858 г. опубликовал свой труд «Целлюлярная патология». Он доказал, что дочерние клетки образуются путем деления материнских клеток: каждая клетка из клетки. В конце XIX в. были обнаружены митохондрии, комплекс Гольджи, пластиды в растительных клетках. После окрашивания делящихся клеток специальными красителями были обнаружены хромосомы.

Современные положения КТ

1. Клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов, является наименьшей структурной единицей живого.

2. Клетки всех организмов (как одно-, так и многоклеточных) сходны по химическому составу, строению, основным проявлениям обмена веществ и жизнедеятельности.

3. Размножение клеток происходит путем их деления (каждая новая клетка образуется при делении материнской клетки); в сложных многоклеточных организмах

клетки имеют различные формы и специализированы в соответствии с выполняемыми функциями. Сходные клетки образуют ткани; из тканей состоят органы, которые образуют системы органов, они тесно взаимосвязаны и подчинены нервным и гуморальным механизмам регуляции (у высших организмов).

Значение клеточной теории

Стало ясно, что клетка – важнейшая составляющая часть живых организмов, их главный морфофизиологический компонент. Клетка – это основа многоклеточного организма, место протекания биохимических и физиологических процессов в организме. На клеточном уровне в конечном итоге происходят все биологические процессы. Клеточная теория позволила сделать вывод о сходстве химического состава всех клеток, общем плане их строения, что подтверждает филогенетическое единство всего живого мира.

2. Обзор химического строения клетки

Все живые системы содержат в различных соотношениях химические элементы и построенные из них химические соединения, как органические, так и неорганические.

По количественному содержанию в клетке все химические элементы делят на 3 группы: макро-, микро- и ультрамикроэлементы.

Макроэлементы составляют до 99 % массы клетки, из которых до 98 % приходится на 4 элемента: кислород, азот, водород и углерод. В меньших количествах клетки содержат калий, натрий, магний, кальций, серу, фосфор, железо.

Микроэлементы – преимущественно ионы металлов (кобальта, меди, цинка и др.) и галогенов (йода, брома и др.). Они содержатся в количествах от 0,001 % до 0,000001 %.

Ультрамикроэлементы. Их концентрация ниже 0,000001 %. К ним относят золото, ртуть, селен и др.

Химическое соединение – это вещество, в котором атомы одного или нескольких химических элементов соединены друг с другом посредством химических связей. Химические соединения бывают неорганическими и органическими. К неорганическим относят воду и минеральные соли. Органические соединения – это соединения углерода с другими элементами.

Основными органическими соединениями клетки являются белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты.

3. Биополимеры Белки

Это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В основном они состоят из углерода, водорода, кислорода и азота. Молекула белка может иметь 4

уровня структурной организации (первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры).

Функции белков:

- 1) защитная (интерферон усиленно синтезируется в организме при вирусной инфекции);
- 2) структурная (коллаген входит в состав тканей, участвует в образовании рубца);
- 3) двигательная (миозин участвует в сокращении мышц);
- 4) запасная (альбумины яйца);
- 5) транспортная (гемоглобин эритроцитов переносит питательные вещества и продукты обмена);
- 6) рецепторная (белки-рецепторы обеспечивают узнавание клеткой веществ и других клеток);
- 7) регуляторная (регуляторные белки определяют активность генов);
- 8) белки-гормоны участвуют в гуморальной регуляции (инсулин регулирует уровень сахара в крови);
- 9) белки-ферменты катализируют все химические реакции в организме;
- 10) энергетическая (при распаде 1 г белка выделяется 17 кдж энергии). Углеводы

Это моно- и полимеры, в состав которых входит углерод, водород и кислород в соотношении 1: 2: 1.

Функции углеводов:

- 1) энергетическая (при распаде 1 г углеводов выделяется 17,6 кдж энергии);
- 2) структурная (целлюлоза, входящая в состав клеточной стенки у растений);
- 3) запасающая (запас питательных веществ в виде крахмала у растений и гликогена у животных).

Жиры

Жиры (липиды) могут быть простыми и сложными. Молекулы простых липидов состоят из трехатомного спирта глицерина и трех остатков жирных кислот. Сложные липиды являются соединениями простых липидов с белками и углеводами.

Функции липидов:

- 1) энергетическая (при распаде 1 г липидов образуется 38,9 кдж энергии);
- 2) структурная (фосфолипиды клеточных мембран, образующие липидный бислой);
- 3) запасающая (запас питательных веществ в подкожной клетчатке и других органах);
- 4) защитная (подкожная клетчатка и слой жира вокруг внутренних органов)

предохраняют их от механических повреждений);

5) регуляторная (гормоны и витамины, содержащие липиды, регулируют обмен веществ);

б) теплоизолирующая (подкожная клетчатка сохраняет тепло). АТФ

Молекула АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) состоит из азотистого основания аденина, пятиуглеродного сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, соединенных между собой макроэргической связью. АТФ образуется в митохондриях в процессе фосфорилирования. При ее гидролизе высвобождается большое количество энергии. АТФ является основным макроэргом клетки – аккумулятором энергии в виде энергии высокоэнергетических химических связей.

4. **Нуклеиновые кислоты. Биосинтез белка**

Нуклеиновые кислоты – это фосфорсодержащие биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Цепи нуклеиновых кислот включают от нескольких десятков до сотен миллионов нуклеотидов.

Существует 2 вида нуклеиновых кислот – дезоксирибо-нуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Нуклеотиды, входящие в состав ДНК, содержат углевод, дезоксирибозу, в состав РНК – рибозу.

5. **ДНК**

Как правило, ДНК представляет собой спираль, состоящую из двух комплиментарных полинуклеотидных цепей, закрученных вправо. В состав нуклеотидов ДНК входят: азотистое основание, дезоксирибоза и остаток фосфорной кислоты. Азотистые основания делят на пуриновые (аденин и гуанин) и пиримидиновые (тимин и цитозин). Две цепи нуклеотидов соединяются между собой через азотистые основания по принципу комплементарности: между аденином и тиминном возникают две водородные связи, между гуанином и цитозином - три.

Функции ДНК:

1) обеспечивает сохранение и передачу генетической информации от клетки к клетке и от организма к организму, что связано с ее способностью к репликации;

2) регуляция всех процессов, происходящих в клетке, обеспечиваемая способностью к транскрипции с последующей трансляцией.

Процесс самовоспроизведения (авто-репродукции) ДНК называется репликацией. Репликация обеспечивает копирование генетической информации и передачу ее из поколения в поколение, генетическую идентичность дочерних клеток, образующихся в результате митоза, и постоянство числа хромосом при митотическом делении клетки.

Репликация происходит в синтетический период интерфазы митоза. Фермент репликаза движется между двумя цепями спирали ДНК и разрывает водородные связи между азотистыми основаниями. Затем к каждой из цепочек с помощью фермента ДНК-полимеразы по принципу комплементарности достраиваются нуклеотиды дочерних цепочек. В результате репликации образуются две идентичные молекулы ДНК. Количество ДНК в клетке удваивается. Такой способ удвоения ДНК называется полуконсервативным, так как каждая новая молекула ДНК содержит одну «старую» и одну вновь синтезированную полинуклеотидную цепь.

6. РНК

РНК – одноцепочечный полимер, в состав мономеров которого входят пуриновые (аденин, гуанин) и пиримидиновые (урацил, цитозин) азотистые основания, углевод рибоза и остаток фосфорной кислоты.

Различают 3 вида РНК: информационную, транспортную и рибо-сомальную.

Информационная РНК (и-РНК) располагается в ядре и цитоплазме клетки, имеет самую длинную полинуклеотидную цепь среди РНК и выполняет функцию переноса наследственной информации из ядра в цитоплазму клетки.

Транспортная РНК (т-РНК) также содержится в ядре и цитоплазме клетки, ее цепь имеет наиболее сложную структуру, а также является самой короткой (75 нуклеотидов). Т-РНК доставляет аминокислоты к рибосомам в процессе трансляции – биосинтеза белка.

Рибосомальная РНК (р-РНК) содержится в ядрышке и рибосомах клетки, имеет цепь средней длины. Все виды РНК образуются в процессе транскрипции соответствующих генов ДНК.

7. Биосинтез белка

Биосинтез белка в организме эукариот происходит в несколько этапов.

1. Транскрипция – это процесс синтеза и-РНК на матрице ДНК. Цепи ДНК в области активного гена освобождаются от гистонов. Водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями разрываются. Основной фермент транскрипции РНК-полимеразы присоединяется к промотору – специальному участку ДНК. Транскрипция проходит только с одной (кодогенной) цепи ДНК. По мере продвижения РНК-полимеразы по кодогенной цепи ДНК рибонуклеотиды по принципу комплементарности присоединяются к цепочке ДНК, в результате образуется незрелая про-и-РНК, содержащая как кодирующие, так и некодирующие нуклеотидные последовательности.

2. Затем происходит процессинг – созревание молекулы РНК. На 5-конце и-РНК формируется участок (КЭП), через который она соединяется с рибосомой. Ген, т. е. участок ДНК, кодирующий один белок, содержит как кодирующие последовательности нуклеотидов

– экзоны, так и некодирующие – интроны. При процессинге интроны вырезаются, а экзоны сшиваются. В результате на 5-конце зрелой и-РНК находится кодон-инициатор, который первым войдет в рибосому, затем следуют кодоны, кодирующие аминокислоты полипептида, а на 3-конце – кодоны-терминаторы, определяющие конец трансляции. Цифрами 3 и 5 обозначаются соответствующие углеродные атомы рибозы. Кодоном называется последовательность из трех нуклеотидов, кодирующая какую-либо аминокислоту – триплет. Рамка считывания нуклеиновых кислот предполагает «слова»-триплеты (кодоны), состоящие из трех «букв»-нуклеотидов.

Транскрипция и процессинг происходят в ядре клетки. Затем зрелая и-РНК через поры в мембране ядра выходит в цитоплазму, и начинается трансляция.

Трансляция – это процесс синтеза белка на матрице и РНК. В начале и-РНК 3-концом присоединяется к рибосоме. Т-РНК доставляют к акцепторному участку рибосомы аминокислоты, которые соединяются в полипептидную цепь в соответствии с шифрующими их кодонами. Растущая полипептидная цепь перемещается в донорный участок рибосомы, а на акцепторный участок приходит новая т-РНК с аминокислотой. Трансляция прекращается на кодонах-терминаторах.

Генетический код

Это система кодирования последовательности аминокислот белка в виде определенной последовательности нуклеотидов в ДНК и РНК.

Единица генетического кода (кодон) – это триплет нуклеотидов в ДНК или РНК, кодирующий одну аминокислоту.

Всего генетический код включает 64 кодона, из них 61 кодирующий и 3 некодирующих (кодона-терминаторы, свидетельствующие об окончании процесса трансляции).

Кодоны-терминаторы в и-РНК: УАА, УАГ, УГА, в ДНК: АТТ, АТЦ, АЦТ.

Начало процесса трансляции определяет кодон-инициатор (АУГ, в ДНК – ТАЦ), кодирующий аминокислоту метионин. Этот кодон первым входит в рибосому. Впоследствии метионин, если он не предусмотрен в качестве первой аминокислоты данного белка, отщепляется.

Генетический код обладает характерными свойствами.

1. Универсальность – код одинаков для всех организмов. Один и тот же триплет

(кодон) в любом организме кодирует одну и ту же аминокислоту.

2. Специфичность – каждый кодон шифрует только одну аминокислоту.

3. Вырожденность – большинство аминокислот могут кодироваться несколькими кодонами. Исключение составляют 2 аминокислоты – метионин и триптофан, имеющие лишь по одному варианту кодона.

4. Между генами имеются «знаки препинания» – три специальных триплета (УАА, УАГ, УГА), каждый из которых обозначает прекращение синтеза полипептидной цепи.

5. Внутри гена «знаков препинания» нет.

Лекция №3 Структура клетки

1. Функции и строение цитоплазматической мембраны

Элементарная мембрана состоит из бислоя липидов в комплексе с белками (гликопротеины: белки + углеводы, липопротеины: жиры + белки). Среди липидов можно выделить фосфолипиды, холестерин, гликолипиды (углеводы + жиры), липопротеины. Каждая молекула жира имеет полярную гидрофильную головку и неполярный гидрофобный хвост. При этом молекулы ориентированы так, что головки обращены наружу и внутрь клетки, а неполярные хвосты – внутрь самой мембраны. Этим достигается избирательная проницаемость для веществ, поступающих в клетку.

Выделяют периферические белки (они расположены только по внутренней или наружной поверхности мембраны), интегральные (они прочно встроены в мембрану, погружены в нее, способны менять свое положение в зависимости от состояния клетки). Функции мембранных белков: рецепторная, структурная (поддерживают форму клетки), ферментативная, адгезивная, антигенная, транспортная.

Схема строения элементарной мембраны жидкостно-мозаичная: жиры составляют жидкокристаллический каркас, а белки мозаично встроены в него и могут менять свое положение.

Важнейшая функция: способствует компартментации – подразделению содержимого клетки на отдельные ячейки, отличающиеся деталями химического или ферментного состава. Этим достигается высокая упорядоченность внутреннего содержимого любой эукариотической клетки. Компартментация способствует пространственному разделению процессов, протекающих в клетке. Отдельный компартмент (ячейка) представлен какой-либо мембранной органеллой (например, лизосомой) или ее частью (кристами, ограниченными внутренней мембраной митохондрий).

Другие функции:

- 1) барьерная (отграничение внутреннего содержимого клетки);
- 2) структурная (придание определенной формы клеткам в соответствии с выполняемыми функциями);
- 3) защитная (за счет избирательной проницаемости, рецепции и антигенности мембраны);
- 4) регуляторная (регуляция избирательной проницаемости для различных веществ (пассивный транспорт без затраты энергии по законам диффузии или осмоса и активный транспорт с затратой энергии путем пиноцитоза, эндо- и экзоцитоза, работы

натрий- калиевого насоса, фагоцитоза));

5) адгезивная функция (все клетки связаны между собой посредством специфических контактов (плотных и неплотных));

6) рецепторная (за счет работы периферических белков мембраны).

Существуют неспецифические рецепторы, которые воспринимают несколько раздражителей (например, холодовые и тепловые терморецепторы), и специфические, которые воспринимают только один раздражитель (рецепторы световоспринимающей системы глаза);

7) электрогенная (изменение электрического потенциала поверхности клетки за счет перераспределения ионов калия и натрия (мембранный потенциал нервных клеток составляет 90 мВ));

8) антигенная: связана с гликопротеинами и полисахаридами мембраны. На поверхности каждой клетки имеются белковые молекулы, которые специфичны только для данного вида клеток. С их помощью иммунная системы способна различать свои и чужие клетки.

2. Строение и функции полуавтономных структур клетки:

митохондрий и пластид

Митохондрии (от гр. *mitos* – «нить», *chondrion* – «зернышко, крупинка») – это постоянные мембранные органеллы округлой или палочковидной (нередко ветвящейся) формы. Толщин – 0,5 мкм, длина – 5–7 мкм. Количество митохондрий в большинстве животных клеток – 150—1500; в женских яйцеклетках – до нескольких сотен тысяч, в сперматозоидах – одна спиральная митохондрия, закрученная вокруг осевой части жгутика.

Основные функции митохондрий:

1) играют роль энергетических станций клеток. В них протекают процессы окислительного фосфорилирования (ферментативного окисления различных веществ с последующим накоплением энергии в виде молекул аденозинтрифосфата – АТФ);

2) хранят наследственный материал в виде митохондриальной ДНК. Митохондрии для своей работы нуждаются в белках, закодированных в генах ядерной ДНК, так как собственная митохондриальная ДНК может обеспечить митохондрии лишь несколькими белками.

Побочные функции – участие в синтезе стероидных гормонов, некоторых аминокислот (например, глутаминовой). Строение митохондрий

Митохондрия имеет две мембраны: наружную (гладкую) и внутреннюю

(образующую выросты – листовидные (кristы) и трубчатые (тубулы)). Мембраны различаются по химическому составу, набору ферментов и функциям.

У митохондрий внутренним содержимым является матрица – коллоидное вещество, в котором с помощью электронного микроскопа были обнаружены зерна диаметром 20–30 нм (они накапливают ионы кальция и магния, запасы питательных веществ, например, гликогена).

В матрице размещается аппарат биосинтеза белка органеллы: 2–6 копий кольцевой ДНК, лишенной гистоновых белков (как у прокариот), рибосомы, набор т-РНК, ферменты репликации, транскрипции, трансляции наследственной информации. Этот аппарат в целом очень похож на таковой у прокариот (по количеству, структуре и размерам рибосом, организации собственного наследственного аппарата и др.), что служит подтверждением симбиотической концепции происхождения эукариотической клетки.

В осуществлении энергетической функции митохондрий активно участвуют как матрица, так и поверхность внутренней мембраны, на которой расположена цепь переноса электронов (цитохромы) и АТФ-синтаза, катализирующая сопряженное с окислением фосфорилирование АДФ, что превращает его в АТФ.

Митохондрии размножаются путем перешнуровки, поэтому при делении клеток они более или менее равномерно распределяются между дочерними клетками. Так, между митохондриями клеток последовательных поколений осуществляется преемственность.

Таким образом, митондриям свойственна относительная автономность внутри клетки (в отличие от других органоидов). Они возникают при делении материнских митохондрий, обладают собственной ДНК, которая отличается от ядерной системой синтеза белка и аккумуляции энергии.

Пластиды

Это полуавтономные структуры (могут существовать относительно автономно от ядерной ДНК клетки), которые присутствуют в растительных клетках. Они образуются из пропластид, которые имеются у зародыша растения. Отграничены двумя мембранами.

Выделяют три группы пластид:

1) лейкопласты. Имеют округлую форму, не окрашены и содержат питательные вещества (крахмал);

2) хромопласты. Содержат молекулы красящих веществ и присутствуют в клетках окрашенных органов растений (плодах вишни, абрикоса, помидоров);

3) хлоропласты. Это пластиды зеленых частей растения (листьев, стеблей). По строению они во многом схожи с митохондриями животных клеток. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет выросты – ламеллосомы, которые заканчиваются утолщениями – тилакоидами, содержащие хлорофилл. В строме (жидкой части хлоропласта) содержатся кольцевая молекула ДНК, рибосомы, запасные питательные вещества (зерна крахмала, капли жира).

3. Строение и функции лизосом и пероксисом. Лизосомы

Лизосомы (от гр. lysis – «разложение, растворение, распад» и soma – «тело») – это пузырьки диаметром 200–400 мкм. (обычно). Имеют одномембранную оболочку, которая снаружи иногда бывает покрыта волокнистым белковым слоем. Содержат набор ферментов (кислых гидролаз), которые осуществляют при низких значениях pH гидролитическое (в присутствии воды) расщепление веществ (нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов). Основная функция – внутриклеточное переваривание различных химических соединений и клеточных структур.

Выделяют первичные (неактивные) и вторичные лизосомы (в них протекает процесс переваривания). Вторичные лизосомы образуются из первичных. Они подразделяются на гетеролизосомы и аутолизосомы.

В гетеролизосомах (или фаголизосомах) протекает процесс переваривания материала, который поступает в клетку извне путем активного транспорта (пиноцитоза и фагоцитоза).

В аутолизосомах (или цитолизосомах) подвергаются разрушению собственные клеточные структуры, которые завершили свою жизнь.

Вторичные лизосомы, которые уже перестали переваривать материал, называются остаточными тельцами. В них нет гидролаз, содержится непереваренный материал.

При нарушении целостности мембраны лизосом или при заболевании клетки гидролазы поступают внутрь клетки из лизосом и осуществляют ее самопереваривание (автолиз). Этот же процесс лежит в основе процесса естественной гибели всех клеток (апоптоза).

Микротельца

Микротельца составляют сборную группу органелл. Они представляют собой пузырьки диаметром 100–150 нм, отграниченные одной мембраной. Содержат мелкозернистый матрикс и нередко белковые включения.

К таким органеллам можно отнести и пероксисомы. В них содержатся ферменты группы оксидаз, которые регулируют образование пероксида водорода (в частности,

каталаза).

Так как пероксид водорода – токсичное вещество, оно подвергается расщеплению под действием пероксидазы. Реакции образования и расщепления пероксида водорода включены во многие метаболические циклы, особенно активно протекающие в печени и почках.

Поэтому в клетках этих органов количество пероксида достигает 70—100.

4. Строение и функции эндоплазматического ретикулаума, комплекса Гольджи

Эндоплазматическая сеть

Эндоплазматический ретикулум (ЭПС) – система сообщающихся или отдельных трубчатых каналов и уплощенных цистерн, расположенных по всей цитоплазме клетки. Они отграничены мембранами (мембранными органеллами). Иногда цистерны имеют расширения в виде пузырьков. Каналы ЭПС могут соединяться с поверхностной или ядерной мембранами, контактировать с комплексом Гольджи.

В данной системе можно выделить гладкую и шероховатую (гранулярную) ЭПС.

Шероховатая ЭПС

На каналах шероховатой ЭПС в виде полисом расположены рибосомы. Здесь протекает синтез белков, преимущественно продуцируемых клеткой на экспорт (удаление из клетки), например, секретов железистых клеток. Здесь же происходят образование липидов и белков цитоплазматической мембраны и их сборка. Плотные упакованные цистерны и каналы гранулярной ЭПС образуют слоистую структуру, где наиболее активно протекает синтез белка. Это место называется эргастоплазмой.

Гладкая ЭПС

На мембранах гладкой ЭПС рибосом нет. Здесь протекает в основном синтез жиров и подобных им веществ (например, стероидных гормонов), а также углеводов. По каналам гладкой ЭПС также происходит перемещение готового материала к месту его упаковки в гранулы (в зону комплекса Гольджи). В печеночных клетках гладкая ЭПС принимает участие в разрушении и обезвреживании ряда токсичных и лекарственных веществ (например, барбитуратов). В поперечно-полосатой мускулатуре каналы и цистерны гладкой ЭПС депонируют ионы кальция.

Комплекс Гольджи

Пластинчатый комплекс Гольджи – это упаковочный центр клетки. Представляет собой совокупность диктиосом (от нескольких десятков до сотен и тысяч на одну клетку). Диктиосома – стопка из 3—12 уплощенных цистерн овальной формы, по краям которых расположены мелкие пузырьки (везикулы). Более крупные расширения

цистерн дают вакуоли, содержащие резерв воды в клетке и отвечающие за поддержание тургора. Пластинчатый комплекс дает начало секреторным вакуолям, в которых содержатся вещества, предназначенные для вывода из клетки. При этом просекрет, поступающий в вакуоль из зоны синтеза, (ЭПС, митохондрии, рибосомы), подвергается здесь некоторым химическим превращениям.

Комплекс Гольджи дает начало первичным лизосомам. В диктио-сомах также синтезируются полисахариды, гликопротеиды и гликолипиды, которые затем идут на построение цитоплазматических мембран.

ЛЕКЦИЯ №4. Одномембранные, двумембранные, немембранные органоиды цитоплазмы.

1. Строение и функции клеточного ядра

Ядро есть в любой эукариотической клетке. Ядро может быть одно, или в клетке могут быть несколько ядер (в зависимости от ее активности и функции).

Клеточное ядро состоит из оболочки, ядерного сока, ядрышка и хроматина. Ядерная оболочка состоит из двух мембран, разделенных перинуклеарным (околоядерным) пространством, между которыми находится жидкость. Основные функции ядерной оболочки: обособление генетического материала (хромосом) от цитоплазмы, а также регуляция двусторонних взаимоотношений между ядром и цитоплазмой.

Ядерная оболочка пронизана порами, которые имеют диаметр около 90 нм. Область поры (поровый комплекс) имеет сложное строение (это указывает на сложность механизма регуляции взаимоотношений между ядром и цитоплазмой). Количество пор зависит от функциональной активности клетки: чем она выше, тем больше пор (в незрелых клетках пор больше).

Основа ядерного сока (матрикса, нуклеоплазмы) – это белки. Сок образует внутреннюю среду ядра, играет важную роль в работе генетического материала клеток. Белки: нитчатые или фибриллярные (опорная функция), гетероядерные РНК (продукты первичной транскрипции генетической информации) и мРНК (результат процессинга).

Ядрышко – это структура, где происходят образование и созревание рибосомальных РНК (р-РНК). Гены р-РНК занимают определенные участки нескольких хромосом (у человека это 13–15 и 21–22 пары), где формируются ядрышковые организаторы, в области которых и образуются сами ядрышки. В метафазных хромосомах эти участки называются вторичными перетяжками и имеют вид сужений. Электронная микроскопия выявила нитчатый и зернистый компоненты ядрышек. Нитчатый (фибриллярный) – это комплекс белков и гигантских молекул-предшественниц р-РНК, которые дают в последующем более мелкие молекулы зрелых р-РНК. При созревании фибриллы превращаются в рибонуклеопротеиновые гранулы (зернистый компонент).

Хроматин получил свое название за способность хорошо прокрашиваться основными красителями; в виде глыбок он рассеян в нуклеоплазме ядра и является интерфазной формой существования хромосом.

Хроматин состоит в основном из нитей ДНК (40 % массы хромосомы) и белков (около 60 %), которые вместе образуют нуклеопротеидный комплекс. Выделяют

гистоновые (пять классов) и негистоновые белки.

Гистонам (40 %) принадлежат регуляторная (прочны соединены с ДНК и препятствуют считыванию с нее информации) и структурная функции (организация пространственной структуры молекулы ДНК). Негистоновые белки (более 100 фракций, 20 % массы хромосомы): ферменты синтеза и процессинга РНК, репарации редупликации ДНК, структурная и регуляторная функции. Кроме этого, в составе хромосом обнаружены РНК, жиры, полисахариды, молекулы металлов.

В зависимости от состояния хроматина выделяют эухроматин-новые и гетерохроматиновые участки хромосом. Эухроматин отличается меньшей плотностью, и с него можно производить считывание генетической информации. Гетерохроматин более компактен, и в его пределах информация не считывается. Выделяют конститутивный (структурный) и факультативный гетерохроматин.

2. Строение и функции немембранных структур клетки

В эту группу органоидов входят рибосомы, микротрубочки и микрофиламенты, клеточный центр. Рибосома

Это округлая рибонуклеопротеиновая частица. Диаметр ее составляет 20–30 нм. Состоит рибосома из большой и малой субъединиц, которые объединяются в присутствии нити м-РНК (матричной, или информационной, РНК). Комплекс из группы рибосом, объединенных одной молекулой м-РНК наподобие нитки бус, называется полисомой. Эти структуры либо свободно расположены в цитоплазме, либо прикреплены к мембранам гранулярной ЭПС (в обоих случаях на них активно протекает синтез белка).

Полисомы гранулярной ЭПС образуют белки, выводимые из клетки и используемые для нужд всего организма (например, пищеварительные ферменты, белки женского грудного молока). Кроме этого, рибосомы присутствуют на внутренней поверхности мембран митохондрий, где также принимают активное участие в синтезе белковых молекул.

Микротрубочки

Это трубчатые полые образования, лишенные мембраны. Внешний диаметр составляет 24 нм, ширина просвета – 15 нм, толщина стенки – около 5 нм. В свободном состоянии представлены в цитоплазме, также являются структурными элементами жгутиков, центриолей, веретена деления, ресничек. Микротрубочки построены из стереотипных белковых субъединиц путем их полимеризации. В любой клетке процессы полимеризации идут параллельно процессам деполимеризации. Причем соотношение их определяется количеством микротрубочек. Микротрубочки имеют

различную устойчивость к разрушающим их факторам, например, к колхицину (это химическое вещество, вызывающее деполимеризацию). Функции микротрубочек:

- 1) являются опорным аппаратом клетки;
- 2) определяют формы и размеры клетки;
- 3) являются факторами направленного перемещения внутриклеточных

структур. Микрофиламенты

Это тонкие и длинные образования, которые обнаруживаются по всей цитоплазме.

Иногда образуют пучки. Виды микро-филаментов:

1) актиновые. Содержат сократительные белки (актин), обеспечивают клеточные формы движения (например, амeboидные), играют роль клеточного каркаса, участвуют в организации перемещений органелл и участков цитоплазмы внутри клетки;

2) промежуточные (толщиной 10 нм). Их пучки обнаруживаются по периферии клетки под плазмалеммой и по окружности ядра. Выполняют опорную (каркасную) роль. В разных клетках (эпителиальных, мышечных, нервных, фибробластах) построены из разных белков.

Микрофиламенты, как и микротрубочки, построены из субъединиц, поэтому их количество определяется соотношением процессов полимеризации и деполимеризации.

Клетки всех животных, некоторых грибов, водорослей, высших растений характеризуются наличием клеточного центра. Клеточный центр обычно располагается рядом с ядром.

Он состоит из двух центриолей, каждая из которых представляет собой полый цилиндр диаметром около 150 нм, длиной 300–500 нм.

Центриоли расположены взаимоперпендикулярно. Стенка каждой центриоли образована 27 микротрубочками, состоящими из белка тубулина. Микротрубочки сгруппированы в 9 триплетов.

Из центриолей клеточного центра во время деления клетки образуются нити веретена деления.

Центриоли поляризуют процесс деления клетки, чем достигается равномерное расхождение сестринских хромосом (хроматид) в анафазе митоза.

3. Гиалоплазма – внутренняя среда клетки. Цитоплазматические включения

Внутри клетки находится цитоплазма. Она состоит из жидкой части – гиалоплазмы (матрикса), органелл и цитоплазматических включений.

Гиалоплазма

Гиалоплазма – основное вещество цитоплазмы, заполняет все пространство между

плазматической мембраной, оболочкой ядра и другими внутриклеточными структурами. Гиалоплазму можно рассматривать как сложную коллоидную систему, способную существовать в двух состояниях: золеобразном (жидком) и гелеобразном, которые взаимно переходят одно в другое. В процессе этих переходов осуществляется определенная работа, затрачивается энергия. Гиалоплазма лишена какой-либо определенной организации. Химический состав гиалоплазмы: вода (90 %), белки (ферменты гликолиза, обмена сахаров, азотистых оснований, белков и липидов). Некоторые белки цитоплазмы образуют субъединицы, дающие начало таким органеллам, как центриоли, микрофиламенты.

Функции гиалоплазмы:

- 1) образование истинной внутренней среды клетки, которая объединяет все органеллы и обеспечивает их взаимодействие;
- 2) поддержание определенной структуры и формы клетки, создание опоры для внутреннего расположения органелл;
- 3) обеспечение внутриклеточного перемещения веществ и структур;
- 4) обеспечение адекватного обмена веществ как внутри самой клетки, так и с внешней средой.

Включения

Это относительно непостоянные компоненты цитоплазмы. Среди них выделяют:

- 1) запасные питательные вещества, которые используются самой клеткой в периоды недостаточного поступления питательных веществ извне (при клеточном голоде), – капли жира, гранулы крахмала или гликогена;
- 2) продукты, которые подлежат выделению из клетки, например, гранулы зрелого секрета в секреторных клетках (молоко в лактоцитах молочных желез);
- 3) балластные вещества некоторых клеток, которые не выполняют какой-либо конкретной функции (некоторые пигменты, например, липофусцин стареющих клеток).

ЛЕКЦИЯ № 5. Прокариотическая и эукариотическая клетка. Основные клеточные формы

1. Прокариоты

Все живые организмы на Земле принято подразделять на до-клеточные формы, которые не имеют типичного клеточного строения (это вирусы и бактериофаги), и клеточные, имеющие типичное клеточное строение. Эти организмы в свою очередь подразделяют на две категории:

1) доядерные прокариоты, которые не имеют типичного ядра. К ним относят бактерии и сине-зеленые водоросли;

2) ядерные эукариоты, которые имеют типичное четко оформленное ядро. Это все остальные организмы. Прокариоты возникли гораздо раньше эукариот (в архейскую эру). Это очень маленькие клетки размером от 0,1 до 10 мкм. Иногда встречаются гигантские клетки до 200 мкм.

Типичная бактериальная клетка снаружи окружена клеточной стенкой, основой которой является вещество муреин (полисахарид – сложный углевод). Клеточная стенка определяет форму бактериальной клетки. Поверх клеточной стенки имеется слизистая капсула, или слизистый слой, который выполняет защитную функцию.

Под клеточной стенкой располагается плазматическая мембрана (см. ее строение у эукариот). Вся клетка внутри заполнена цитоплазмой, которая состоит из жидкой части (гиалоплазмы, или матрикса), органелл и включений.

Гиалоплазма представляет собой коллоидный раствор биомолекул, который может существовать в двух состояниях: золя (в благоприятных условиях) и геля (при плохих условиях, когда увеличивается плотность гиалоплазмы). Наследственный аппарат: одна крупная «голая», лишенная защитных белков, молекула ДНК, замкнутая в кольцо, – нуклеоид. В гиалоплазме некоторых бактерий есть также короткие кольцевые молекулы ДНК, не ассоциированные с хромосомой или нуклеоидом, – плазмиды.

Мембранных органелл в прокариотических клетках мало. Есть мезосомы – внутренние выросты плазматической мембраны, которые считаются функциональными эквивалентами митохондрий эукариот. В автотрофных прокариотах – цианобактериях и иных – обнаруживают ламеллы и ламелосомы – фотосинтетические мембраны. На них находятся пигменты хлорофилл и фикоцианин.

Обнаруживается много немембранных органелл. Рибосомы, как и у эукариот, состоят из двух субъединиц: большой и малой. Они имеют маленькие размеры, расположены беспорядочно в гиалоплазме. Рибосомы ответственны за синтез бактериальных белков.

Некоторые бактерии имеют органеллы движения – жгутики, которые построены из микрофиламентов. Бактерии имеют органеллы узнавания – пили (фимбрии), которые расположены снаружи клетки и представляют собой тонкие волосовидные выросты.

В гиалоплазме также имеются непостоянные включения: гранулы белка, капли жиров, молекулы полисахаридов, соли.

2. Общие сведения об эукариотической клетке

Каждая эукариотическая клетка имеет обособленное ядро, в котором заключен отграниченный от матрикса ядерной мембраной генетический материал (это главное отличие от прокариотических клеток). Генетический материал сосредоточен преимущественно в виде хромосом, имеющих сложное строение и состоящих из нитей ДНК и белковых молекул. Деление клеток происходит посредством митоза (а для половых клеток – мейоза). Среди эукариотов есть как одноклеточные, так и многоклеточные организмы.

Существует несколько теорий происхождения эукариотических клеток, одна из них – эндосимбиотическая. В гетеротрофную анаэробную клетку проникла аэробная клетка типа бактерио-подобной, которая послужила базой для появления митохондрий. В эти клетки начали проникать спирохетоподобные клетки, которые дали начало формированию центриолей. Наследственный материал отгородился от цитоплазмы, возникло ядро, появился митоз. В некоторые эукариотические клетки проникли клетки типа сине-зеленых водорослей, которые положили начало появлению хлоропластов. Так впоследствии возникло царство растений.

Размеры клеток тела человека варьируются от 2–7 мкм (у тромбоцитов) до гигантских размеров (до 140 мкм у яйцеклетки).

Форма клеток обусловлена выполняемой ими функцией: нервные клетки – звездчатые за счет большого количества отростков (аксона и дендритов), мышечные клетки – вытянутые, так как должны сокращаться, эритроциты могут менять свою форму при продвижении по мелким капиллярам.

Строение эукариотических клеток животных и растительных организмов во многом схоже. Каждая клетка снаружи ограничена клеточной оболочкой, или плазмалеммой. Она состоит из цитоплазматической мембраны и слоя гликокаликса (толщиной 10–20 нм), который покрывает ее снаружи. Компоненты гликокаликса – комплексы полисахаридов с белками (гликопротеины) и жирами (гликолипиды).

Цитоплазматическая мембрана – это комплекс бислоя фосфолипидов с протеинами и полисахаридами.

В клетке выделяют ядро и цитоплазму. Клеточное ядро состоит из мембраны, ядерного сока, ядрышка и хроматина. Ядерная оболочка состоит из двух мембран, разделенных пери- нуклеарным пространством, и пронизана порами.

Основу ядерного сока (матрикса) составляют белки: нитчатые, или фибриллярные (опорная функция), глобулярные, гетероядерные РНК и мРНК (результат процессинга).

Ядрышко – это структура, где происходит образование и созревание рибосомальных РНК (р-РНК).

Хроматин в виде глыбок рассеян в нуклеоплазме и является интерфазной формой существования хромосом.

В цитоплазме выделяют основное вещество (матрикс, гиало-плазму), органеллы и включения.

Органеллы могут быть общего значения и специальные (в клетках, выполняющих специфические функции: микроворсинки всасывающего эпителия кишечника, миофибриллы мышечных клеток и т. д.).

Органеллы общего значения – эндоплазматическая сеть (гладкая и шероховатая), комплекс Гольджи, митохондрии, рибосомы и полисомы, лизосомы, пероксисомы, микрофибриллы и микротрубочки, центриоли клеточного центра.

В растительных клетках есть еще и хлоропласты, в которых протекает фотосинтез.

3. Неклеточные формы жизни – вирусы, бактериофаги

Вирусы – доклеточные формы жизни, которые являются облигатными внутриклеточными паразитами, т. е. могут существовать и размножаться только внутри организма хозяина. Вирусы были открыты Д. И. Ивановским в 1892 г. (он изучал вирус табачной мозаики), но доказать их существование удалось намного позднее.

Многие вирусы являются возбудителями заболеваний, таких как СПИД, коревая краснуха, эпидемический паротит (свинка), ветряная и натуральная оспа.

Вирусы имеют микроскопические размеры, многие из них способны проходить через любые фильтры. В отличие от бактерий, вирусы нельзя выращивать на питательных средах, так как вне организма они не проявляют свойств живого. Вне живого организма (хозяина) вирусы представляют собой кристаллы веществ, не имеющих никаких свойств живых систем.

Строение вирусов

Зрелые вирусные частицы называются вирионами. Фактически они представляют собой геном, покрытый сверху белковой оболочкой. Эта оболочка – капсид. Она построена из белковых молекул, защищающих генетический материал вируса от воздействия нуклеаз – ферментов, разрушающих нуклеиновые кислоты.

У некоторых вирусов поверх капсида располагается супер-капсидная оболочка, также построенная из белка. Генетический материал представлен нуклеиновой кислотой. У одних вирусов это ДНК (так называемые ДНК-овые вирусы), у других – РНК (РНК-овые вирусы).

РНК-овые вирусы также называют ретровирусами, так как для синтеза вирусных белков в этом случае необходима обратная транскрипция, которая осуществляется ферментом – обратной транскриптазой (ревертазой) и представляет собой синтез ДНК на базе РНК.

Размножение вирусов

При внедрении вируса внутрь клетки-хозяина происходит освобождение молекулы нуклеиновой кислоты от белка, поэтому в клетку попадает только чистый и незащищенный генетический материал. Если вирус ДНК, то молекула ДНК встраивается в молекулу ДНК хозяина и воспроизводится вместе с ней. Так появляются новые вирусные ДНК, неотличимые от исходных. Все процессы, протекающие в клетке, замедляются, клетка начинает работать на воспроизводство вируса. Так как вирус является облигатным паразитом, то для его жизни необходима клетка-хозяин, поэтому она не погибает в процессе размножения вируса. Гибель клетки происходит только после выхода из нее вирусных частиц.

Если это ретровирус, внутрь клетки-хозяина попадает его РНК. Она содержит гены, обеспечивающие обратную транскрипцию: на матрице РНК строится одноцепочечная молекула ДНК. Из свободных нуклеотидов достраивается комплементарная цепь, которая и встраивается в геном клетки-хозяина. С полученной ДНК информация переписывается на молекулу и-РНК, на матрице которой затем синтезируются белки ретровируса.

Бактериофаги

Это вирусы, паразитирующие на бактериях. Они играют большую роль в медицине и широко применяются при лечении гнойных заболеваний, вызванных стафилококками и др. Бактериофаги имеют сложное строение. Генетический материал находится в головке бактериофага, которая сверху покрыта белковой оболочкой (капсидом). В центре головки находится атом магния. Далее идет полый стержень, который переходит в хвостовые нити. Их функция – узнавать свой вид бактерий, осуществлять прикрепление фага к клетке. После прикрепления ДНК выдавливается в бактериальную клетку, а оболочки остаются снаружи.

ЛЕКЦИЯ № 9.1. Жизненный цикл клетки

1. Понятие о жизненном цикле

Жизненный цикл клетки отражает все закономерные структурно-функциональные изменения, происходящие с клеткой во времени. Жизненный цикл – это время существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или естественной гибели.

У клеток сложного организма (например, человека) жизненный цикл клетки может быть различным. Высокоспециализированные клетки (эритроциты, нервные клетки, клетки поперечнополосатой мускулатуры) не размножаются. Их жизненный цикл состоит из рождения, выполнения предназначенных функций, гибели (гетерокаталитической интерфазы).

Важнейшим компонентом клеточного цикла является митотический (пролиферативный) цикл. Он представляет собой комплекс взаимосвязанных и согласованных явлений во время деления клетки, а также до и после него. Митотический цикл – это совокупность процессов, происходящих в клетке от одного деления до следующего и заканчивающихся образованием двух клеток следующей генерации. Кроме этого, в понятие жизненного цикла входят также период выполнения клеткой своих функций и периоды покоя. В это время дальнейшая клеточная судьба неопределенна: клетка может начать делиться (вступает в митоз) либо начать готовиться к выполнению специфических функций.

Митоз – это основной тип деления соматических эукариотических клеток. Процесс деления включает в себя несколько последовательных фаз и представляет собой цикл. Его продолжительность различна и составляет у большинства клеток от 10 до 50 ч. При этом у клеток тела человека продолжительность самого митоза составляет 1–1,5 ч, в2-периода интерфазы – 2–3 ч, S-периода интерфазы – 6–10 ч.

2. Биологическое значение жизненного цикла

Обеспечивает преемственность генетического материала в ряду клеток дочерних генераций; приводит к образованию клеток, равноценных как по объему, так и по содержанию генетической информации.

Основные стадии митоза.

1. Редупликация (самоудвоение) генетической информации материнской клетки и равномерное распределение ее между дочерними клетками. Это сопровождается изменениями структуры и морфологии хромосом, в которых

сосредоточено более 90 % информации эукариотической клетки.

2. Митотический цикл состоит из четырех последовательных периодов: пресинтетического (или постмитотического) G1, синтетического S, постсинтетического (или премитотического) G2 и собственно митоза. Они составляют автокаталитическую интерфазу (подготовительный период).

Фазы клеточного цикла:

1) пресинтетическая (G1). Идет сразу после деления клетки. Синтеза ДНК еще не происходит. Клетка активно растет в размерах, запасает вещества, необходимые для деления: белки (гистоны, структурные белки, ферменты), РНК, молекулы АТФ. Происходит деление митохондрий и хлоропластов (т. е. структур, способных к ауторепродукции). Восстанавливаются черты организации интерфазной клетки после предшествующего деления;

2) синтетическая (S). Происходит удвоение генетического материала путем репликации ДНК. Она происходит полуконсервативным способом, когда двойная спираль молекулы ДНК расходится на две цепи и на каждой из них синтезируется комплементарная цепочка.

В итоге образуются две идентичные двойные спирали ДНК, каждая из которых состоит из одной новой и старой цепи ДНК. Количество наследственного материала удваивается. Кроме этого, продолжается синтез РНК и белков. Также репликации подвергается небольшая часть митохондриальной ДНК (основная же ее часть реплицируется в G2 период);

3) постсинтетическая (G2). ДНК уже не синтезируется, но происходит исправление недочетов, допущенных при синтезе ее в S период (репарация). Также накапливаются энергия и питательные вещества, продолжается синтез РНК и белков (преимущественно ядерных).

S и G2 непосредственно связаны с митозом, поэтому их иногда выделяют в отдельный период – препрофазу.

После этого наступает собственно митоз, который состоит из четырех фаз.

3. Митоз. Характеристика основных этапов

Деление клетки включает в себя два этапа – деление ядра (митоз, или кариокинез) и деление цитоплазмы (цитокинез).

Митоз состоит из четырех последовательных фаз – профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Ему предшествует период, называемый интерфазой (см. характеристику митотического цикла).

Фазы митоза:

- 1) профазы. Центриоли клеточного центра делятся и расходятся к противоположным полюсам клетки. Из микротрубочек образуется веретено деления, которое соединяет центриоли разных полюсов. В начале профазы в клетке еще видны ядро и ядрышки, к концу этой фазы ядерная оболочка разделяется на отдельные фрагменты (происходит демонтаж ядерной мембраны), ядрышки распадаются. Начинается конденсация хромосом: они скручиваются, утолщаются, становятся видимыми в световой микроскоп. В цитоплазме уменьшается количество структур шероховатой ЭПС, резко сокращается число полисом;
- 2) метафаза. Заканчивается образование веретена деления.

Конденсированные хромосомы выстраиваются по экватору клетки, образуя метафазную пластинку. Микротрубочки веретена деления прикрепляются к центромерам, или кинетохорам (первичным перетяжкам), каждой хромосомы. После этого каждая хромосома продольно расщепляется на две хроматиды (дочерние хромосомы) которые оказываются связанными только в участке центромеры;

3) анафаза. Между дочерними хромосомами разрушается связь, и они начинают перемещаться к противоположным полюсам клетки со скоростью 0,2–5 мкм/мин. В конце анафазы на каждом полюсе оказывается по диплоидному набору хромосом. Хромосомы начинают деконденсироваться и раскручиваться, становятся тоньше и длиннее; 4) телофаза. Хромосомы полностью деспирализуются, восстанавливается структура ядрышек и интерфазного ядра, монтируется ядерная мембрана. Разрушается веретено деления. Происходит цитокинез (деление цитоплазмы). В животных клетках этот процесс начинается с образования в экваториальной плоскости перетяжки, которая все более углубляется и в конце концов полностью делит материнскую клетку на две дочерние.

При задержке цитокинеза образуются многоядерные клетки. Это наблюдается при размножении простейших путем шизогонии. У многоклеточных организмов так образуются синцитии – ткани, в которых отсутствуют границы между клетками (поперечно-полосатая мышечная ткань у человека).

Продолжительность каждой фазы зависит от типа ткани, физиологического состояния организма, воздействия внешних факторов (света, температуры, химических веществ) и пр.

4. Нетипичные формы митоза

К нетипичным формам митоза относятся амитоз, эндомиоз, политения.

1. Амитоз – это прямое деление ядра. При этом сохраняется морфология ядра, видны ядрышко и ядерная мембрана. Хромосомы не видны, и их равномерного распределения не происходит. Ядро делится на две относительно равные части без образования митотического аппарата (системы микротрубочек, центриолей, структурированных хромосом). Если при этом деление заканчивается, возникает двухъядерная клетка. Но иногда перешнуровывается и цитоплазма.

Такой вид деления существует в некоторых дифференцированных тканях (в клетках скелетной мускулатуры, кожи, соединительной ткани), а также в патологически измененных тканях. Амитоз никогда не встречается в клетках, которые нуждаются в сохранении полноценной генетической информации, – оплодотворенных яйцеклетках, клетках нормально развивающегося эмбриона. Этот способ деления не может считаться полноценным способом размножения эукариотических клеток.

2. Эндомитоз. При этом типе деления после репликации ДНК не происходит разделения хромосом на две дочерние хроматиды. Это приводит к увеличению числа хромосом в клетке иногда в десятки раз по сравнению с диплоидным набором. Так возникают полиплоидные клетки. В норме этот процесс имеет место в интенсивно функционирующих тканях, например, в печени, где полиплоидные клетки встречаются очень часто. Однако с генетической точки зрения эндомитоз представляет собой геномную соматическую мутацию.

3. Политения. Происходит кратное увеличение содержания ДНК (хромонем) в хромосомах без увеличения содержания самих хромосом. При этом количество хромонем может достигать 1000 и более, хромосомы при этом приобретают гигантские размеры. При политении выпадают все фазы митотического цикла, кроме репродукции первичных нитей ДНК. Такой тип деления наблюдается в некоторых высокоспециализированных тканях (печеночных клетках, клетках слюнных желез двукрылых насекомых). По-литенные хромосомы дрозофил используются для построения цитологических карт генов в хромосомах.

ЛЕКЦИЯ № 9.2. Мейоз: характеристика, биологическое значение

Мейоз – это вид деления клеток, при котором происходит уменьшение числа хромосом вдвое и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное.

Мейоз представляет собой последовательность двух делений.

1. Стадии мейоза

Первое деление мейоза (редукционное) приводит к образованию из диплоидных клеток гаплоидных. В профазу I, как и в митозе, происходит спирализация хромосом. Одновременно гомологичные хромосомы сближаются своими одинаковыми участками (конъюгируют), образуя биваленты. Перед вступлением в мейоз каждая хромосома имеет удвоенный генетический материал и состоит из двух хроматид, поэтому бивалента содержит

4 нити ДНК. В процессе дальнейшей спирализации может происходить кроссинговер – перекрест гомологичных хромосом, сопровождающийся обменом соответствующими участками между их хро-матидами. В метафазе I завершается формирование веретена деления, нити которого прикрепляются к центромерам хромосом, объединенных в биваленты таким образом, что от каждой центромеры идет только одна нить к одному из полюсов клетки. В анафазе I хромосомы расходятся к полюсам клетки, при этом у каждого полюса оказывается гаплоидный набор хромосом, состоящий из двух хроматид. В телофазе I восстанавливается ядерная оболочка, после чего материнская клетка делится на две дочерние.

Второе деление мейоза начинается сразу после первого и сходно с митозом, однако вступающие в него клетки несут гаплоидный набор хромосом. Профаза II по времени очень короткая. За ней наступает метафаза II, при этом хромосомы располагаются в экваториальной плоскости, образуется веретено деления. В анафазе II происходит разделение центромер, и каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой. Отделившиеся друг от друга дочерние хромосомы направляются к полюсам деления. В телофазе II происходит деление клеток, в котором из двух гаплоидных клеток образуется 4 дочерние гаплоидные клетки.

Таким образом, в результате мейоза из одной диплоидной клетки образуются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом.

В ходе мейоза осуществляются два механизма рекомбинации генетического материала.

Непостоянный (кроссинговер) представляет собой обмен гомологичными участками между хромосомами. Происходит в профазе I на стадии пахитены. Результат – рекомбинация аллельных генов.

1. Постоянный – случайное и независимое расхождение гомологичных хромосом в анафазе I мейоза. В результате гаметы получают разное число хромосом отцовского и материнского происхождения.

2. Биологическое значение мейоза

- 1) является основным этапом гаметогенеза;
- 2) обеспечивает передачу генетической информации от организма к организму при половом размножении;
- 3) дочерние клетки генетически не идентичны материнской и между собой.

ЛЕКЦИЯ 9.3. Бесполое размножение. Формы и биологическая роль

Размножение – универсальное свойство всех живых организмов, способность воспроизводить себе подобных. С его помощью происходит сохранение во времени видов и жизни в целом. Оно обеспечивает смену поколений. Жизнь клеток, составляющих организм, намного короче жизни самого организма, поэтому его существование поддерживается только за счет размножения клеток. Различают два способа размножения – бесполое и половое. При бесполом размножении главным клеточным механизмом, обеспечивающим увеличение числа клеток, является митоз. Родителем является одна особь. Потомство представляет собой точную генетическую копию родительского материала.

1. Биологическая роль бесполого размножения

Поддержание наибольшей приспособленности в малоизменяющихся условиях окружающей среды. Оно усиливает значение стабилизирующего естественного отбора; обеспечивает быстрые темпы размножения; используется в практической селекции. Бесполое размножение встречается как у одно-, так и у многоклеточных организмов. У одноклеточных эукариот бесполое размножение представляет собой митотическое деление, у прокариот – деление нуклеоида, у многоклеточных форм – вегетативное размножение.

2. Формы бесполого размножения

У одноклеточных организмов выделяют следующие формы бесполого размножения: деление, эндогонию, шизогонию (множественное деление) и почкование, спорообразование.

Деление характерно для таких одноклеточных, как амёбы, инфузории, жгутиковые. Сначала происходит митотическое деление ядра, затем цитоплазма делится пополам все более углубляющейся перетяжкой. При этом дочерние клетки получают примерно одинаковое количество цитоплазмы и органоидов.

Эндогония (внутреннее почкование) характерно для токсоплазмы. При образовании двух дочерних особей материнская дает лишь двух потомков. Но может

быть внутреннее множественное почкование, что приведет к шизогонии.

Шизогония развивается на основе предыдущей формы. Встречается у споровиков (малярийного плазмодия) и др. Происходит многократное деление ядра без цитокинеза. Затем вся цитоплазма разделяется на части, которые обособляются вокруг новых ядер. Из одной клетки образуется очень много дочерних.

Почкование (у бактерий, дрожжевых грибов и др.). При этом на материнской клетке первоначально образуется небольшой бугорок, содержащий дочернее ядро (нуклеоид). Почка растет, достигает размеров материнской особи, а затем отделяется от нее.

Спорообразование (у высших споровых растений: мхов, папоротников, плаунов, хвощей, водорослей). Дочерний организм развивается из специализированных клеток – спор, содержащих гаплоидный набор хромосом. В царстве бактерий тоже встречается спорообразование. Споры, покрытые плотной оболочкой, защищающей ее от неблагоприятных воздействий окружающей среды, не способ размножения, а способ переживания неблагоприятных условий.

3. Вегетативная форма размножения

Характерна для многоклеточных организмов. При этом новый организм образуется из группы клеток, отделяющихся от материнского организма. Растения размножаются клубнями, корневищами, луковицами, корнеклубнями, корнеплодами, корневой порослью, отводками, черенками, выводковыми почками, листьями. У животных вегетативное размножение встречается у самых низкоорганизованных форм. У губок и гидр оно идет путем почкования. За счет размножения группы клеток на материнском теле образуется выпячивание (почка), состоящее из клеток экто– и эндодермы. Почка постепенно увеличивается, на ней возникают щупальца, и отделяется от материнского организма. Ресничные черви делятся на две части, и в каждой из них восстанавливаются недостающие органы за счет неупорядоченного деления клеток. Кольчатые черви могут восстанавливать целый организм из одного членика. Этот вид деления лежит в основе регенерации – восстановления утраченных тканей и частей тела (у кольчатых червей, ящериц, саламандр). Особая форма бесполого размножения – стробиляция (у полипов). Полипоид-ный организм довольно интенсивно растет, при достижении определенных размеров начинает делиться на дочерние особи. В это время он напоминает стопку тарелок. Образовавшиеся медузы отрываются и начинают самостоятельную жизнь.

ЛЕКЦИЯ № 10.1. Развитие половых клеток. Строение и функции половых клеток (гамет)

1. Общие свойства гамет

По сравнению с другими клетками гаметы выполняют уникальные функции. Они обеспечивают передачу наследственной информации между поколениями особей, что поддерживает жизнь во времени. Гаметы – это одно из направлений дифференцировки клеток многоклеточного организма, направленное на процесс размножения. Это высокодифференцированные клетки, ядра которых содержат всю необходимую наследственную информацию для развития нового организма.

По сравнению с соматическими клетками (эпителиальными, нервными, мышечными) гаметы имеют ряд характерных особенностей. Первое отличие – наличие в ядре гаплоидного набора хромосом, что обеспечивает воспроизведение в зиготе типичного для организмов данного вида диплоидного набора (гаметы человека, например, содержат по 23 хромосомы; при слиянии гамет после оплодотворения формируется зигота, которая содержит 46 хромосом – нормальное количество для человеческих клеток).

Второе отличие – необычное ядерно-цитоплазматическое соотношение (т. е. отношение объема ядра к объему цитоплазмы). У яйцеклеток оно снижено за счет того, что имеется много цитоплазмы, где содержится питательный материал (желток) для будущего зародыша. В сперматозоидах, наоборот, ядерно-цитоплазматическое соотношение высокое, так как мал объем цитоплазмы (почти вся клетка занята ядром). Этот факт находится в соответствии с основной функцией сперматозоида – доставкой наследственного материала к яйцеклетке.

Третье отличие – низкий уровень обмена веществ в гаметах. Их состояние похоже на анабиоз. Мужские половые клетки вообще не вступают в митоз, а женские гаметы получают эту способность только после оплодотворения (когда они уже перестают быть гаметами и становятся зиготами) или воздействия фактора, индуцирующего партеногенез.

Несмотря на наличие ряда общих черт, мужские и женские половые клетки значительно отличаются друг от друга, что обусловлено различием в выполняемых функциях.

2. Строение и функции яйцеклетки

Яйцеклетка – крупная неподвижная клетка, обладающая запасом питательных веществ. Размеры женской яйцеклетки составляют 150–170 мкм (гораздо больше

мужских сперматозоидов, размер которых 50–70 мкм). Функции питательных веществ различны. Их выполняют:

1) компоненты, нужные для процессов биосинтеза белка (ферменты, рибосомы, м-РНК, т-РНК и их предшественники);

2) специфические регуляторные вещества, которые контролируют все процессы, происходящие с яйцеклеткой, например, фактор дезинтеграции ядерной оболочки (с этого процесса начинается профазы 1 мейотического деления), фактор, преобразующий ядро сперматозоида в пронуклеус перед фазой дробления, фактор, ответственный за блок мейоза на стадии метафазы II и др.;

3) желток, в состав которого входят белки, фосфолипиды, различные жиры, минеральные соли. Именно он обеспечивает питание зародыша в эмбриональном периоде. По количеству желтка в яйцеклетке она может быть алеци-тальной, т. е. содержащей ничтожно малое количество желтка, поли-, мезо– или олиголецитальной. Человеческая яйцеклетка относится к алецитальным. Это обусловлено тем, что человеческий зародыш очень быстро переходит от гистиотрофного типа питания к гематотрофному. Также человеческая яйцеклетка по распределению желтка является изолецитальной: при ничтожно малом количестве желтка он равномерно располагается в клетке, поэтому ядро оказывается примерно в центре.

Яйцеклетка имеет оболочки, которые выполняют защитные функции, препятствуют проникновению в яйцеклетку более одного сперматозоида, способствуют имплантации зародыша в стенку матки и определяют первичную форму зародыша.

Яйцеклетка обычно имеет шарообразную или слегка вытянутую форму, содержит набор тех типичных органелл, что и любая клетка. Как и другие клетки, яйцеклетка ограничена плазматической мембраной, но снаружи она окружена блестящей оболочкой, состоящей из мукополисахаридов (получила свое название за оптические свойства). Блестящая оболочка покрыта лучистым венцом, или фолликулярной оболочкой, которая представляет собой микроворсинки фолликулярных клеток. Она играет защитную роль, питает яйцеклетку.

Яйцеклетка лишена аппарата активного движения. За 4–7 суток она проходит по яйцеводу до полости матки расстояние, которое примерно составляет 10 см. Для яйцеклетки характерна плазматическая сегрегация. Это означает, что после оплодотворения в еще не дробящемся яйце происходит такое равномерное распределение цитоплазмы, что в дальнейшем клетки зачатков будущих тканей получают ее в определенном закономерном количестве.

3. Строение и функции сперматозоидов

Сперматозоид – это мужская половая клетка (гамета). Он обладает способностью к движению, чем в известной мере обеспечивается возможность встречи разнополюх гамет. Размеры сперматозоида микроскопические: длина этой клетки у человека составляет 50–70 мкм (самые крупные они у тритона – до 500 мкм). Все сперматозоиды несут отрицательный электрический заряд, что препятствует их склеиванию в сперме. Количество сперматозоидов, образующихся у особи мужского пола, всегда колоссально. Например, эякулят здорового мужчины содержит около 200 млн сперматозоидов (жеребец выделяет около 10 млрд сперматозоидов).

Строение сперматозоида

По морфологии сперматозоиды резко отличаются от всех других клеток, но все основные органеллы в них имеются. Каждый сперматозоид имеет головку, шейку, промежуточный отдел и хвост в виде жгутика. Почти вся головка заполнена ядром, которое несет наследственный материал в виде хроматина. На переднем конце головки (на ее вершине) располагается акросома, которая представляет собой видоизмененный комплекс Гольджи. Здесь происходит образование гиалуронидазы – фермента, который способен расщеплять мукополисахариды оболочек яйцеклетки, что делает возможным проникновение сперматозоида внутрь яйцеклетки. В шейке сперматозоида расположена митохондрия, которая имеет спиральное строение. Она необходима для выработки энергии, которая тратится на активные движения сперматозоида по направлению к яйцеклетке. Большую часть энергии сперматозоид получает в виде фруктозы, которой очень богат эякулят. На границе головки и шейки располагается центриоль. На поперечном срезе жгутика видны 9 пар микротрубочек, еще 2 пары есть в центре. Жгутик является органоидом активного движения. В семенной жидкости мужская гамета развивает скорость, равную 5 см/ч (что применительно к ее размерам примерно в 1,5 раза быстрее, чем скорость пловца-олимпийца). При электронной микроскопии сперматозоида обнаружено, что цитоплазма головки имеет не коллоидное, а жидкокристаллическое состояние. Этим достигается устойчивость сперматозоида к неблагоприятным условиям внешней среды (например, к кислой среде женских половых путей). Установлено, что сперматозоиды более устойчивы к воздействию ионизирующей радиации, чем незрелые яйцеклетки.

Сперматозоиды некоторых видов животных имеют акросомный аппарат, который выбрасывает длинную и тонкую нить для захвата яйцеклетки.

Установлено, что оболочка сперматозоида имеет специфические рецепторы, которые узнают химические вещества, выделяемые яйцеклеткой. Поэтому сперматозоиды человека способны к направленному движению по направлению к

яйцеклетке (это называется положительным хемотаксисом).

При оплодотворении в яйцеклетку проникает только головка сперматозоида, несущая наследственный аппарат, а остальные части остаются снаружи.

4. Оплодотворение

Оплодотворение – это процесс слияния половых клеток. В результате оплодотворения образуется диплоидная клетка – зигота, это начальный этап развития нового организма. Оплодотворению предшествует выделение половых продуктов, т. е. осеменение. Существует два типа осеменения:

1) наружное. Половые продукты выделяются во внешнюю среду (у многих пресноводных и морских животных);

2) внутреннее. Самец выделяет половые продукты в половые пути самки (у млекопитающих, человека).

Оплодотворение состоит из трех последовательных стадий: сближения гамет, активации яйцеклетки, слияния гамет (синга-мии), акросомной реакции.

Сближение гамет

Обусловлено совокупностью факторов, повышающих вероятность встречи гамет: половой активностью самцов и самок, скоординированной во времени, соответствующим половым поведением, избыточной продукцией сперматозоидов, крупными размерами яйцеклеток. Ведущий фактор – выделение гаметами гамонов (специфических веществ, способствующих сближению и слиянию половых клеток). Яйцеклетка выделяет гиногамоны, которые обуславливают направленное движение к ней сперматозоидов (хемотаксис), а сперматозоиды выделяют андрогамоны.

Для млекопитающих также важна длительность пребывания гамет в половых путях самки. Это необходимо для того, чтобы сперматозоиды приобрели оплодотворяющую способность (происходит так называемая капацитация, т. е. способность к акросомной реакции).

Акросомная реакция

Акросомная реакция – это выброс протеолитических ферментов (главным образом, гиалуронидазы), которые содержатся в акросоме сперматозоида. Под их влиянием происходит растворение оболочек яйцеклетки в месте наибольшего скопления сперматозоидов. Снаружи оказывается участок цитоплазмы яйцеклетки (так называемый бугорок оплодотворения), к которому прикрепляется только один из сперматозоидов. После этого плазматические мембраны яйцеклетки и сперматозоида сливаются, образуется цитоплазматический мостик, сливаются цитоплазмы обеих

половых клеток. Далее в цитоплазму яйцеклетки проникают ядро и центриоль сперматозоида, а его мембрана встраивается в мембрану яйцеклетки. Хвостовая часть сперматозоида отделяется и рассасывается, не играя какой-либо существенной роли в дальнейшем развитии зародыша.

Активация яйцеклетки

Активация яйцеклетки происходит закономерно в результате контакта ее со сперматозоидом. Имеет место кортикальная реакция, защищающая яйцеклетку от полиспермии, т. е. проникновения в нее более одного сперматозоида. Она заключается в том, что происходят отслойка и затвердевание желточной оболочки под влиянием специфических ферментов, выделяющихся из кортикальных гранул.

В яйцеклетке изменяется обмен веществ, повышается потребность в кислороде, начинается активный синтез питательных веществ. Завершается активация яйцеклетки началом трансляционного этапа биосинтеза белка (так как м-РНК, т-РНК, рибосомы и энергия в виде макроэргов были запасены еще в овогенезе).

Слияние гамет

У большинства млекопитающих на момент встречи яйцеклетки со сперматозоидом она находится в метафазе II, так как процесс мейоза в ней заблокирован с помощью специфического фактора. У трех родов млекопитающих (лошадей, собак и лисиц) блок осуществляется на стадии диакинеза. Этот блок снимается только после того, как в яйцеклетку проникает ядро сперматозоида. В то время как в яйцеклетке завершается мейоз, ядро проникшего в нее сперматозоида приобретает другой вид – сначала интерфазного, а затем и профазного ядра. Ядро сперматозоида превращается в мужской пронуклеус: в нем удваивается количество ДНК, набор хромосом в нем соответствует $2n$ (содержит гаплоидный набор редуцированных хромосом).

После завершения мейоза ядро превращается в женский про-нуклеус и также содержит количество наследственного материала, соответствующее n .

Оба пронуклеуса прodelьывают сложные перемещения внутри будущей зиготы, сближаются и сливаются, образуя синкарион (содержит диплоидный набор хромосом) с общей метафазной пластинкой. Затем формируется общая мембрана, возникает зигота. Первое митотическое деление зиготы приводит к образованию двух первых клеток зародыша (бластомеров), каждая из которых несет диплоидный набор хромосом $2n$.

ЛЕКЦИЯ 10.2. Половое размножение. Его формы и биологическая роль

1. Эволюционный смысл полового размножения

Половое размножение встречается в основном у высших организмов. Это более поздний вид размножения (существует около 3 млрд лет). Оно обеспечивает значительное генетическое разнообразие и, следовательно, большую фенотипическую изменчивость потомства; организмы получают большие эволюционные возможности, возникает материал для естественного отбора.

Помимо полового размножения, существует половой процесс. Суть его в том, что обмен генетической информацией между особями происходит, но без увеличения числа особей. Формированию гамет у многоклеточных предшествует мейоз. Половой процесс состоит в объединении наследственного материала от двух разных источников (родителей).

При половом размножении потомство генетически отличается от своих родителей, так как между родителями происходит обмен генетической информацией.

Основой полового размножения является мейоз. Родителями являются две особи – мужская и женская, они вырабатывают разные половые клетки. В этом проявляется половой диморфизм, который отражает различие задач, выполняемых при половом размножении мужским и женским организмами.

Половое размножение осуществляется через гаметы – половые клетки, имеющие гаплоидный набор хромосом и вырабатываемые в родительских организмах. Слияние родительских клеток приводит к образованию зиготы, из которой в дальнейшем образуется организм-потомок. Половые клетки образуются в гонадах – половых железах (в яичниках у самок и семенниках у самцов).

Процесс образования половых клеток называется гаметогенезом (овогенезом у самок и сперматогенезом у самцов).

Если мужские и женские гаметы образуются в организме одной особи, то ее называют гермафродитной. Гермафродитизм бывает истинный (особь имеет гонады обоих полов) и ложный гермафродитизм (особь имеет половые железы одного типа – мужского или женского, а наружные половые органы и вторичные половые признаки обоих полов).

2. Виды полового размножения

У одноклеточных организмов выделяют две формы полового размножения – копуляцию и конъюгацию.

При конъюгации (например, у инфузорий) специальные половые клетки (половые особи) не образуются. У этих организмов имеются два ядра – макро- и микронуклеус.

Обычно инфузории размножаются делением надвое. При этом микронуклеус сначала делится митотически. Из него формируются стационарное и мигрирующее ядра, имеющие гаплоидный набор хромосом. Затем две клетки сближаются, между ними образуется протоплазматический мостик. По нему происходит перемещение в цитоплазму партнера мигрирующего ядра, которое затем сливается со стационарным. Формируются обычные микро- и макронуклеусы, клетки расходятся. Так как при этом процессе не происходит увеличения количества особей, то говорят о половом процессе, а не о половом размножении. Однако происходит обмен (рекомбинация) наследственной информацией, поэтому потомки генетически отличаются от своих родителей.

При копуляции (у простейших) происходят образование половых элементов и их попарное слияние. При этом две особи приобретают половые различия и полностью сливаются, образуя зиготу. Происходит объединение и рекомбинация наследственного материала, поэтому особи генетически отличны от родительских.

3. Различия между гаметами

В процессе эволюции степень различия гамет нарастает. Сначала имеет место простая изогамия, когда половые клетки еще не имеют дифференцировки. При дальнейшем усложнении процесса возникает анизогамия: мужские и женские гаметы различаются, однако не качественно, а количественно (у хламидомонад). Наконец, у водоросли вольвокса большая гамета становится неподвижной и самой крупной из всех гамет. Такая форма анизогамии, когда гаметы резко различны, называется оогамией. У многоклеточных животных (в том числе у человека) имеет место исключительно оогамия. Среди растений изогамия и анизогамия встречаются только у водорослей.

4. Нетипичное половое размножение

Речь пойдет о партеногенезе, гиногенезе, андрогенезе, полиэмбрионии, двойном оплодотворении у покрытосеменных растений.

Партеногенез (девственное размножение)

Дочерние организмы развиваются из неоплодотворенных яйцеклеток. Открыт в середине XVIII в. швейцарским натуралистом Ш. Бонне.

Значение партеногенеза:

- 1) размножение возможно при редких контактах разнополых особей;
- 2) резко возрастает численность популяции, так как потомство, как правило, многочисленно;
- 3) встречается в популяциях с высокой смертностью в течение одного

сезона. Виды партеногенеза:

1) облигатный (обязательный) партеногенез. Встречается в популяциях, состоящих исключительно из особей женского пола (у кавказской скалистой ящерицы). При этом вероятность встречи разнополых особей минимальна (скалы разделены глубокими ущельями). Без партеногенеза вся популяция оказалась бы на грани вымирания;

2) циклический (сезонный) партеногенез (у тлей, дафний, коловраток). Встречается в популяциях, которые исторически вымирали в больших количествах в определенное время года. У этих видов партеногенез сочетается с половым размножением. При этом в летнее время существуют только самки, которые откладывают два вида яиц – крупные и мелкие. Из крупных яиц партеногенетически появляются самки, а из мелких – самцы, которые оплодотворяют яйца, лежащие зимой на дне. Из них появляются исключительно самки;

3) факультативный (необязательный) партеногенез. Встречается у общественных насекомых (ос, пчел, муравьев). В популяции пчел из оплодотворенных яиц выходят самки (рабочие пчелы и царицы), из неоплодотворенных – самцы (трутни).

У этих видов партеногенез существует для регулирования численного соотношения полов в популяции.

Выделяют также естественный (существует в естественных популяциях) и искусственный (используется человеком) партеногенез. Этот вид партеногенеза исследовал В. Н. Тихомиров. Он добился развития неоплодотворенных яиц тутового шелкопряда, раздражая их тонкой кисточкой или погружая на несколько секунд в серную кислоту (известно, что шелковую нить дают только самки).

Гиногенез (у костистых рыб и некоторых земноводных). Сперматозоид проникает в яйцеклетку и лишь стимулирует ее развитие. Ядро сперматозоида при этом с ядром яйцеклетки не сливается и погибает, а источником наследственного материала для развития потомка служит ДНК ядра яйцеклетки.

Андрогенез. В развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесенное в яйцеклетку, а ядро яйцеклетки при этом гибнет. Яйцеклетка дает лишь питательные вещества своей цитоплазмы.

Полиэмбриония. Зигота (эмбрион) делится на несколько частей бесполом способом, каждая из которых развивается в самостоятельный организм. Встречается у насекомых (наездников), броненосцев. У броненосцев клеточный материал первоначально одного зародыша на стадии бластулы равномерно разделяется между 4–8 зародышами, каждый из которых в дальнейшем дает полноценную особь.

К этой категории явлений можно отнести появление однойцовых близнецов у человека.

ЛЕКЦИЯ 10.3. Гаметогенез

1. Понятия гаметогенеза

Гаметогенез – это процесс образования половых клеток. Протекает он в половых железах – гонадах (в яичниках у самок и в семенниках у самцов). Гаметогенез в организме женской особи сводится к образованию женских половых клеток (яйцеклеток) и носит название овогенеза. У особей мужского пола возникают мужские половые клетки (сперматозоиды), процесс образования которых называется сперматогенезом.

Гаметогенез – это последовательный процесс, которых складывается из нескольких стадий – размножения, роста, созревания клеток. В процесс сперматогенеза включается также стадия формирования, которой нет при овогенезе.

2. Стадии гаметогенеза

1. Стадия размножения. Клетки, из которых в последующем образуются мужские и женские гаметы, называются спермато-гониями и овогониями соответственно. Они несут диплоидный набор хромосом $2n2c$. На этой стадии первичные половые клетки многократно делятся митозом, в результате чего их количество существенно возрастает. Сперматогонии размножаются в течение всего репродуктивного периода в мужском организме. Размножение овогоний происходит главным образом в эмбриональном периоде. У человека в яичниках женского организма процесс размножения овогоний наиболее интенсивно протекает между 2 и 5 месяцами внутриутробного развития.

К концу 7 месяца большая часть овоцитов переходит в профазу I мейоза.

Если в одинарном гаплоидном наборе количество хромосом обозначить как n , а количество ДНК – как c , то генетическая формула клеток в стадии размножения соответствует $2n2c$ до синтетического периода митоза (когда происходит репликация ДНК) и $2n4c$ после него.

2. Стадия роста. Клетки увеличиваются в размерах и превращаются в сперматоциты и овоциты I порядка (последние достигают особенно больших размеров в связи с накоплением питательных веществ в виде желтка и белковых гранул). Эта стадия соответствует интерфазе I мейоза. Важное событие этого периода – репликация молекул ДНК при неизменном количестве хромосом. Они приобретают двуни-тчатую

структуру: генетическая формула клеток в этот период выглядит как $2n4c$.

3. Стадия созревания. Происходят два последовательных деления – редукционное (мейоз I) и эквационное (мейоз II), которые вместе составляют мейоз. После первого деления (мейоза I) образуются сперматоциты и овоциты II порядка (с генетической формулой $n2c$), после второго деления (мейоза II) – сперматиды и зрелые яйцеклетки (с формулой nc) с тремя редукционными тельцами, которые погибают и в процессе размножения не участвуют. Так сохраняется максимальное количество желтка в яйцеклетках. Таким образом, в результате стадии созревания один сперматоцит I порядка (с формулой $2n4c$) дает четыре сперматиды (с формулой nc), а один овоцит I порядка (с формулой $2n4c$) образует одну зрелую яйцеклетку (с формулой nc) и три редукционных тельца.

4. Стадия формирования, или спермиогенеза (только при сперматогенезе). В результате этого процесса каждая незрелая сперматида превращается в зрелый сперматозоид (с формулой nc), приобретая все структуры, ему свойственные. Ядро сперматиды уплотняется, происходит сверхспирализация хромосом, которые становятся функционально инертными. Комплекс Гольджи перемещается к одному из полюсов ядра, формируя акросому. К другому полюсу ядра устремляются центриоли, причем одна из них принимает участие в формировании жгутика. Вокруг жгутика спирально закручивается одна митохондрия. Почти вся цитоплазма сперматиды отторгается, поэтому головка сперматозоида ее почти не содержит.

ЛЕКЦИЯ 10.4. Онтогенез

1. Понятие об онтогенезе

Онтогенез – это процесс индивидуального развития особи от момента образования зиготы при половом размножении (или появления дочерней особи – при бесполом) до конца жизни.

В основу периодизации онтогенеза положена возможность осуществления особью полового размножения. По этому принципу онтогенез делят на три периода: дорепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный.

Дорепродуктивный период характеризуется неспособностью особи к половому размножению, в связи с ее незрелостью. В этот период происходят основные анатомические и физиологические преобразования, формируя зрелый в половом отношении организм. В дорепродуктивный период особь наиболее уязвима для неблагоприятных влияний физических, химических и биологических факторов окружающей среды.

Этот период, в свою очередь, делится на 4 периода: эмбриональный, личиночный, период метаморфоза и ювенильный.

Эмбриональный (зародышевый) период длится от момента оплодотворения яйцеклетки до выхода зародыша из яйцевых оболочек.

Личиночный период встречается у некоторых представителей низших позвоночных животных, зародыши которых, выйдя из яйцевых оболочек, некоторое время существуют, не имея всех черт зрелой особи. Для личинки характерны эмбриональные черты особи, наличие временных вспомогательных органов, способность к активному питанию и размножению. Благодаря этому личинка завершает свое развитие в наиболее благоприятных для этого условиях.

Метаморфоз как период онтогенеза характеризуется структурными преобразованиями особи. При этом вспомогательные органы разрушаются, а постоянные органы совершенствуются или новообразуются.

Ювенильный период длится от момента окончания метаморфоза до вступления в репродуктивный период. В этот период особь интенсивно растет, происходит окончательное формирование структуры и функции органов и систем.

В репродуктивном периоде особь реализует свою возможность к размножению. В этот период развития она окончательно сформирована и устойчива к действию неблагоприятных внешних факторов.

Пострепродуктивный период связан с прогрессирующим старением организма. Для него характерно снижение, а затем полное исчезновение функции размножения, обратные структурные и функциональные изменения органов и систем организма. Снижается устойчивость к различным неблагоприятным воздействиям.

Постэмбриональное развитие может быть прямым и непрямым. При прямом (без личинки) развитии из яйцевых оболочек или из тела матери выходит организм, сходный со взрослым. Постэмбриональное развитие этих животных сводится в основном к росту и половому созреванию. Прямое развитие встречается у животных, размножающихся откладыванием яиц, когда яйца богаты желтком (беспозвоночные, рыбы, пресмыкающиеся, птицы, некоторые млекопитающие), и у живородящих форм. В последнем случае яйцеклетки почти лишены желтка. Зародыш развивается внутри материнского организма, и его жизнедеятельность обеспечивается посредством плаценты (плацентарные млекопитающие и человек).

Непрямое развитие – личиночное, с метаморфозом. Метаморфоз может быть неполный, когда личинка напоминает взрослый организм и с каждой новой линькой становится все более похожей на него, и полный, когда личинка отличается от

взрослого организма по многим важнейшим признакам внешнего и внутреннего строения, а в жизненном цикле присутствует стадия куколки.

2. Эмбриональное развитие

Период эмбрионального развития наиболее сложен у высших животных и состоит из нескольких этапов.

Первый этап эмбрионального развития – дробление. При этом из зиготы путем митотического деления образуются сначала 2 клетки, затем 4, 8 и т. д. Образующиеся клетки называются бластомерами, а зародыш на этой стадии развития – бластулой. При этом общая масса и объем почти не увеличиваются, а новые клетки приобретают все меньшие размеры. Митотические деления происходят быстро одно за другим, характеризуясь укорочением, а иногда и выпадением некоторых стадий митоза. Так, для этого процесса характерна значительно более быстрая репликация ДНК. Стадия G1 (подготовки к синтезу ДНК и рост клеток) выпадает. Стадия G2 значительно укорочена. Такая быстрая последовательность митотических делений обеспечивается энергией и питательными веществами цитоплазмы яйцеклетки.

Иногда образовавшаяся бластула представляет собой полостное образование, в котором бластомеры располагаются в один слой, ограничивая полость – бластоцель. В случаях, когда бластула имеет вид плотного шара без полости в центре, ее называют морулой (morum – тутовая ягода).

Следующий этап эмбрионального развития – гаструляция. В это время бластомеры, продолжающие быстро делиться, приобретают двигательную активность и перемещаются относительно друг друга, формируя слои клеток – зародышевые листки. Гаструляция может происходить либо путем инвагинации (впячивания) одной из стенок бластулы в полость бластоцеля, иммиграцией отдельных клеток, эпиболией (обрастанием), либо деламинацией (расщеплением на две пластинки). В итоге формируется наружный зародышевый листок – эктодерма, и внутренний – энтодерма. У большинства многоклеточных животных (кроме губок и кишечнополостных) между ними образуется третий, средний зародышевый листок – мезодерма, сформированный из клеток, лежащих на границе между наружным и внутренним листками. Затем наступает этап гисто- и органогенеза. При этом вначале образуется зачаток нервной системы – нейрула. Это происходит путем обособления группы клеток эктодермы на спинной стороне зародыша в виде пластинки, которая сворачивается в желобок, а затем в длинную трубку и уходит вглубь, под слой клеток эктодермы. После этого на передней части трубки формируется зачаток головного мозга и органов чувств, а из

основной части трубки – зачаток спинного мозга и периферической нервной системы. Кроме того, из эктодермы развивается кожа и ее производные. Энтодерма дает начало органам дыхательной и пищеварительной систем. Из мезодермы формируются мышечная, хрящевая и костная ткань, органы кровеносной и выделительной систем.

ЛЕКЦИЯ № 11. Основные понятия генетики.

Законы наследования

1. Законы Г. Менделя

Наследование – это процесс передачи генетической информации в ряду поколений.

Наследуемые признаки могут быть качественными (моногенными) и количественными (полигенными). Качественные признаки представлены в популяции, как правило, небольшим числом взаимоисключающих вариантов. Например, желтый или зеленый цвет семян гороха, серый или черный цвет тела у мух дрозофил, светлый или темный цвет глаз у человека, нормальная свертываемость крови или гемофилия. Качественные признаки наследуются по законам Менделя (менделирующие признаки).

Количественные признаки представлены в популяции множеством альтернативных вариантов. К количественным относятся такие признаки, как рост, пигментация кожи, умственные способности у человека, яйценоскость у кур, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и т. д. Наследование полигенных признаков в целом не подчиняется законам Менделя.

В зависимости от локализации гена в хромосоме и взаимодействия аллельных генов различают несколько вариантов моногенного наследования признаков.

1. Аутосомный тип наследования. Различают доминантный, рецессивный и кодоминантный аутосомный тип наследования.

2. Сцепленный с половыми хромосомами (с полом) тип наследования. Различают X- сцепленное (доминантное либо рецессивное) наследование и Y-сцепленное наследование.

Мендель изучал наследование цвета семян гороха, скрещивая растения с желтыми и зелеными семенами, и сформулировал на основе своих наблюдений закономерности, названные впоследствии в его честь.

Первый закон Менделя

Закон единообразия гибридов первого поколения, или закон доминирования. Согласно этому закону, при моногибридном скрещивании гомозиготных по альтернативным признакам особей потомство первого гибридного поколения единообразно по генотипу и фенотипу.

Второй закон Менделя

Закон расщепления. Он гласит: после скрещивания потомков F1 двух гомозиготных родителей в поколении F2 наблюдалось расщепление потомства по фенотипу в отношении 3: 1 в случае полного доминирования и 1: 2: 1 при неполном

доминировании.

Применяемые Менделем приемы легли в основу нового метода изучения наследования

– гибридологического.

Гибридологический анализ – это постановка системы скрещиваний, позволяющих выявить закономерности наследования признаков.

Условия проведения гибридологического анализа:

- 1) родительские особи должны быть одного вида и размножаться половым способом (иначе скрещивание просто невозможно);
- 2) родительские особи должны быть гомозиготными по изучаемым признакам;
- 3) родительские особи должны различаться по изучаемым признакам;
- 4) родительские особи скрещивают между собой один раз для получения гибридов первого поколения F1, которые затем скрещивают между собой для получения гибридов второго поколения F2;
- 5) необходимо проведение строгого учета числа особей первого и второго поколения, имеющих изучаемый признак.

2. Ди- и полигибридное скрещивание. Независимое наследование

Дигибридное скрещивание – это скрещивание родительских особей, различающихся по двум парам альтернативных признаков и, соответственно, по двум парам аллельных генов.

Полигибридное скрещивание – это скрещивание особей, различающихся по нескольким парам альтернативных признаков и, соответственно, по нескольким парам аллельных генов.

Георг Мендель скрещивал растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и по характеру поверхности семян (гладкие и морщинистые). Скрещивая чистые линии гороха с желтыми гладкими семенами с чистыми линиями, имеющими зеленые морщинистые семена, он получил гибриды первого поколения с желтыми гладкими семенами (доминантные признаки). Затем Мендель скрестил гибриды первого поколения между собой и получил четыре фенотипических класса в соотношении 9: 3: 3: 1, т. е. в результате во втором поколении появилось два новых сочетания признаков: желтые морщинистые и зеленые гладкие. Для каждой пары признаков отмечалось отношение 3: 1, характерное для моногибридного скрещивания: во втором поколении получилось 3/4 гладких и 1/4 морщинистых семян и 3/4 желтых и 1/4 зеленых семян. Следовательно, две пары признаков объединяются у гибридов

первого поколения, а затем разделяются и становятся независимыми друг от друга.

На основе этих наблюдений был сформулирован третий закон Менделя. Третий закон Менделя

Закон о независимом наследовании: расщепление по каждой паре признаков идет независимо от других пар признаков. В чистом виде этот закон справедлив только для генов, локализованных в разных хромосомах, и частично соблюдается для генов, расположенных в одной хромосоме, но на значительном расстоянии друг от друга.

Опыты Менделя легли в основу новой науки – генетики. Генетика – это наука, изучающая наследственность и изменчивость.

Успеху исследований Менделя способствовали следующие условия:

1. Удачный выбор объекта исследования – гороха. Когда Менделю предложили повторить свои наблюдения на ястре-бинке, этом вездесущем сорняке, он не смог этого сделать.

2. Проведение анализа наследования отдельных пар признаков в потомстве скрещиваемых растений, отличающихся по одной, двум или трем парам альтернативных признаков. Велся учет отдельно по каждой паре этих признаков после каждого скрещивания.

3. Мендель не только зафиксировал полученные результаты, но и провел их математический анализ.

Мендель сформулировал также закон чистоты гамет, согласно которому гамета чиста от второго аллельного гена (альтернативного признака), т. е. ген дискретен и не смешивается с другими генами.

При моногибридном скрещивании в случае полного доминирования у гетерозиготных гибридов первого поколения проявляется только доминантный аллель, однако рецессивный аллель не теряется и не смешивается с доминантным. Среди гибридов второго поколения и рецессивный, и доминантный аллель может проявиться в своем – чистом – виде, т. е. в гомозиготном состоянии. В итоге гаметы, образуемые такой гетерозиготой, являются чистыми, т. е. гамета А не содержит ничего от аллели а, гамета а – чиста от А.

На клеточном уровне основой дискретности аллелей является их локализация в разных хромосомах каждой гомологичной пары, а дискретности генов – их расположение в разных локусах хромосом.

3. Взаимодействия аллельных генов

При взаимодействии аллельных генов возможны разные варианты проявления

признака. Если аллели находятся в гомозиготном состоянии, то развивается соответствующий аллелю вариант признака. В случае гетерозиготности развитие признака будет зависеть от конкретного вида взаимодействия аллельных генов.

Полное доминирование

Это такой вид взаимодействия аллельных генов, при котором проявление одного из аллелей (А) не зависит от наличия в генотипе особи другого аллеля (А1) и гетерозиготы АА1 фенотипически не отличаются от гомозигот по данному аллелю (АА).

В гетерозиготном генотипе АА1 аллель А является доминантным. Присутствие аллеля А1 никак фенотипически не проявляется, поэтому он выступает как рецессивный.

Неполное доминирование

Отмечается в случаях, когда фенотип гетерозигот СС1 отличается от фенотипа гомозигот СС и С1С1 промежуточной степенью проявления признака, т. е. аллель, отвечающий за формирование нормального признака, находясь в двойной дозе у гомозиготы СС, проявляется сильнее, чем в одинарной дозе у гетерозиготы СС1. Возможные при этом генотипы различаются экспрессивностью, т. е. степенью выраженности признака.

Кодоминирование

Это такой тип взаимодействия аллельных генов, при котором каждый из аллелей проявляет свое действие. В результате формируется промежуточный вариант признака, новый по сравнению с вариантами, формируемыми каждым аллелем по отдельности.

Межаллельная комплементация

Это редкий вид взаимодействия аллельных генов, при котором у организма, гетерозиготного по двум мутантным аллелям гена М (М1М11), возможно формирование нормального признака М. Например, ген М отвечает за синтез белка, имеющего четвертичную структуру и состоящего из нескольких одинаковых полипептидных цепей. Мутантный аллель М1 вызывает синтез измененного пептида М1, а мутантный аллель М11 определяет синтез другой, но тоже ненормальной полипептидной цепи. Взаимодействие таких измененных пептидов и компенсация измененных участков при формировании четвертичной структуры в редких случаях может привести к появлению белка с нормальными свойствами.

4. Наследование групп крови системы АВО

Наследование групп крови системы АВО у человека имеет некоторые

особенности. Формирование I, II и III групп крови происходит по такому типу взаимодействия аллельных генов, как доминирование. Генотипы, содержащие аллель IA в гомозиготном состоянии, либо в сочетании с аллелем IO, определяют формирование у человека второй (A) группы крови. Тот же принцип лежит в основе формирования третьей (B) группы крови, т. е. аллели IA и IB выступают как доминантные по отношению к аллелю IO, в гомозиготном состоянии формирующему IOIO первую (O) группу крови. Формирование четвертой (AB) группы крови идет по пути кодоминирования. Аллели IA и IB, по отдельности формирующие соответственно вторую и третью группу крови, в гетерозиготном состоянии определяют IAIB (четвертую) группу крови.

5. Наследственность. Неаллельные гены

Неаллельные гены – это гены, расположенные в различных участках хромосом и кодирующие неодинаковые белки.

Неаллельные гены также могут взаимодействовать между собой. При этом либо один ген обуславливает развитие нескольких признаков, либо, наоборот, один признак проявляется под действием совокупности нескольких генов. Выделяют три формы взаимодействия неаллельных генов:

- 1) комплементарность;
- 2) эпистаз;
- 3) полимерия.

Комплементарное (дополнительное) действие генов – это вид взаимодействия неаллельных генов, доминантные аллели которых при совместном сочетании в генотипе обуславливают новое фенотипическое проявление признаков. При этом расщепление гибридов F2 по фенотипу может происходить в соотношениях 9: 6: 1, 9: 3: 4, 9: 7, иногда 9: 3:

3: 1.

Примером комплементарности является наследование формы плода тыквы. Наличие в генотипе доминантных генов A или B обуславливает сферическую форму плодов, а рецессивных – удлиненную. При наличии в генотипе одновременно доминантных генов A и B форма плода будет дисковидной. При скрещивании чистых линий с сортами, имеющими сферическую форму плодов, в первом гибридном поколении F1 все плоды будут иметь дисковидную форму, а в поколении F2 произойдет расщепление по фенотипу: из каждых 16 растений 9 будут иметь дисковидные плоды, 6 – сферические и 1 – удлиненные.

Эпистаз – взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляется другим. Подавляющий ген называется эпистатическим, подавляемый – гипостатическим.

Если эпистатический ген не имеет собственного фенотипического проявления, то он называется ингибитором и обозначается буквой I.

Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов может быть доминантным и рецессивным. При доминантном эпистазе проявление гипостатического гена (B, b) подавляется доминантным эпистатическим геном (I > B, b). Расщепление по фенотипу при доминантном эпистазе может происходить в соотношении 12: 3: 1, 13: 3, 7: 6: 3.

Рецессивный эпистаз – это подавление рецессивным аллелем эпистатического гена аллелей гипостатического гена (i > B, b). Расщепление по фенотипу может идти в соотношении 9: 3: 4, 9: 7, 13: 3.

Полимерия – взаимодействие неаллельных множественных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака; степень проявления признака зависит от количества генов. Полимерные гены обозначаются одинаковыми буквами, а аллели одного локуса имеют одинаковый нижний индекс.

Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии степень проявления признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак. Расщепление F₂ по фенотипу происходит в соотношении 1: 4: 6: 4: 1.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление по фенотипу происходит в соотношении 15: 1.

6. Генетика пола

Наследование признаков, сцепленных с полом

Пол организма – это совокупность признаков и анатомических структур, обеспечивающих половой путь размножения и передачу наследственной информации.

В определении пола будущей особи ведущую роль играет хромосомный аппарат зиготы бкариотип. Различают хромосомы, одинаковые для обоих полов – аутосомы, и половые хромосомы.

В кариотипе человека содержится 44 аутосомы и 2 половых хромосомы – X и Y.

За развитие женского пола у человека отвечают две X-хромосомы, т. е. женский пол гомогаметен. Развитие мужского пола определяется наличием X- и Y-хромосом, т. е. мужской пол гетерогаметен.

Признаки, сцепленные с полом

Это признаки, которые кодируются генами, находящимися на половых хромосомах. У человека признаки, кодируемые генами X-хромосомы, могут проявляться у представителей обоих полов, а кодируемые генами Y-хромосомы – только у мужчин.

Следует иметь в виду, что в мужском генотипе только одна X-хромосома, которая почти не содержит участков, гомологичных с Y-хромосомой, поэтому все локализованные в X-хромосоме гены, в том числе и рецессивные, проявляются в фенотипе в первом же поколении.

В половых хромосомах содержатся гены, регулирующие проявление не только половых признаков. X-хромосома имеет гены, отвечающие за свертываемость крови, цветовое восприятие, синтез ряда ферментов. В Y-хромосоме содержится ряд генов, контролирующих признаки, наследуемые по мужской линии (голландрические признаки): волосистость ушной раковины, наличие кожной перепонки между пальцами и др. Известно очень мало генов, общих для X- и Y-хромосом.

Различают X-сцепленное и Y-сцепленное (голландрическое)

наследование. X-сцепленное наследование

Так как X-хромосома присутствует в кариотипе каждого человека, то и признаки, наследуемые сцеплено с X-хромосомой, проявляются у представителей обоих полов. Женщины получают эти гены от обоих родителей и через свои гаметы передают их потомкам. Мужчины получают X-хромосому от матери и передают ее своему потомству женского пола.

Различают X-сцепленное доминантное и X-сцепленное рецессивное наследование. У человека X-сцепленный доминантный признак передается матерью всему потомству. Мужчина передает свой X-сцепленный доминантный признак лишь своим дочерям. X-сцепленный рецессивный признак у женщин проявляется лишь при получении ими соответствующего аллеля от обоих родителей. У мужчин он развивается при получении рецессивного аллеля от матери. Женщины передают рецессивный аллель потомкам обоих полов, а мужчины – только дочерям.

При X-сцепленном наследовании возможен промежуточный характер проявления признака у гетерозигот.

Y-сцепленные гены присутствуют в генотипе только мужчин и передаются из

поколения в поколение от отца к сыну.

7. **Наследственность и изменчивость**

Виды изменчивости

Изменчивость – это свойство живых организмов существовать в различных формах (вариантах). Виды изменчивости

Различают наследственную и ненаследственную изменчивость.

Наследственная (генотипическая) изменчивость связана с изменением самого генетического материала. Ненаследственная (фенотипическая, модификационная) изменчивость – это способность организмов изменять свой фенотип под влиянием различных факторов. Причиной модификационной изменчивости являются изменения внешней среды обитания организма или его внутренней среды.

Норма реакции

Это границы фенотипической изменчивости признака, возникающей под действием факторов внешней среды. Норма реакции определяется генами организма, поэтому норма реакции по одному и тому же признаку у разных индивидов различна. Размах нормы реакции различных признаков также варьирует. Те организмы, у которых норма реакции шире по данному признаку, обладают более высокими адаптивными возможностями в определенных условиях среды, т. е. модификационная изменчивость в большинстве случаев носит адаптивный характер, и большинство изменений, возникших в организме при воздействии определенных факторов внешней среды, являются полезными. Однако фенотипические изменения иногда утрачивают приспособительный характер. Если фенотипическая изменчивость клинически сходна с наследственным заболеванием, то такие изменения называются фенкопией.

Комбинативная изменчивость

Связана с новым сочетанием неизменных генов родителей в генотипах потомства. Факторы комбинативной изменчивости.

1. Независимое и случайное расхождение гомологичных хромосом в анафазе I мейоза.
2. Кроссинговер.
3. Случайное сочетание гамет при оплодотворении.
4. Случайный подбор родительских организмов. Мутации

Это редкие, случайно возникшие стойкие изменения генотипа, затрагивающие весь геном, целые хромосомы, части хромосом или отдельные гены. Они возникают под действием мутагенных факторов физического, химического или биологического

происхождения.

Мутации бывают:

- 1) спонтанные и индуцированные;
- 2) вредные, полезные и нейтральные;
- 3) соматические и генеративные;
- 4) генные, хромосомные и геномные.

Спонтанные мутации – это мутации, возникшие ненаправленно, под действием неизвестного мутагена.

Индуцированные мутации – это мутации, вызванные искусственно действием известного мутагена.

Хромосомные мутации – это изменения структуры хромосом в процессе клеточного деления. Различают следующие виды хромосомных мутаций.

1. Дупликация – удвоение участка хромосомы за счет неравного кроссинговера.
2. Делеция – потеря участка хромосомы.
3. Инверсия – поворот участка хромосомы на 180°.
4. Транслокация – перемещение участка хромосомы на другую хромосому. Геномные мутации – это изменение числа хромосом. Виды геномных мутаций.

1. Полиплоидия – изменение числа гаплоидных наборов хромосом в кариотипе.

Под кариотипом понимают число, форму и количество хромосом, характерные для данного вида. Различают нуллисомию (отсутствие двух гомологичных хромосом), моносомию (отсутствие одной из гомологичных хромосом) и поли-сомию (наличие двух и более лишних хромосом).

8. Гетероплоидия – изменение числа отдельных хромосом в кариотипе

Генные мутации встречаются наиболее часто. Причины генных мутаций:

- 1) выпадение нуклеотида;
- 2) вставка лишнего нуклеотида (эта и предыдущая причины приводят к сдвигу рамки считывания);

- 3) замена одного нуклеотида на другой.

2. Сцепление генов и кроссинговер

Гены, локализованные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются, как правило, вместе.

Число групп сцепления у диплоидных организмов равно гаплоидному набору хромосом. У женщин – 23 группы сцепления, у мужчин – 24.

Сцепление генов, расположенных в одной хромосоме, может быть полным и неполным. Полное сцепление генов, т. е. совместное наследование, возможно при отсутствии процесса кроссинговера. Это характерно для генов половых хромосом, гетеро-гаметных по половым хромосомам организмов (ХУ, ХО), а также для генов, расположенных рядом с центромерой хромосомы, где кроссинговер практически никогда не происходит.

В большинстве случаев гены, локализованные в одной хромосоме, сцеплены не полностью, и в профазе I мейоза происходит обмен идентичными участками между гомологичными хромосомами. В результате кроссинговера аллельные гены, бывшие в составе групп сцепления у родительских особей, разделяются и формируют новые сочетания, попадающие в гаметы. Происходит рекомбинация генов.

Гаметы и зиготы, содержащие рекомбинации сцепленных генов, называют кроссоверными. Зная число кроссоверных гамет и общее количество гамет данной особи, можно вычислить частоту кроссинговера в процентах по формуле: отношение числа кроссоверных гамет (особей) к общему числу гамет (особей) умножить на 100 %.

По проценту кроссинговера между двумя генами можно определить расстояние между ними. За единицу расстояния между генами – морганиду – условно принят 1 % кроссинговера.

Частота кроссинговера говорит и о силе сцепления между генами. Сила сцепления между двумя генами равна разности между 100 % и процентом кроссинговера между этими генами.

Генетическая карта хромосомы – это схема взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления. Определение групп сцепления и расстояний между генами не является конечным этапом построения генетической карты хромосомы, поскольку необходимо установить также соответствие изучаемой группы сцепления определенной хромосоме. Определение группы сцепления осуществляется гибридологическим методом, т. е. путем изучения результатов скрещивания, а исследование хромосом – цитологическим методом с проведением микроскопического исследования препаратов. Для определения соответствия данной группы сцепления конкретной хромосоме применяют хромосомы с измененной структурой. Выполняют стандартный анализ дигибридного скрещивания, в котором один исследуемый признак кодируется геном, локализованным на хромосоме с измененной структурой, а второй – геном, локализованным на любой другой хромосоме. В случае если наблюдается сцепленное наследование этих двух признаков, можно говорить о связи данной хромосомы с определенной группой сцепления.

Анализ генетических и цитологических карт позволил сформулировать основные положения хромосомной теории наследственности.

1. Каждый ген имеет определенное постоянное место (локус) в хромосоме.
2. Гены в хромосомах располагаются в определенной линейной последовательности.
3. Частота кроссинговера между генами прямо пропорциональна расстоянию между ними и обратно пропорциональна силе сцепления.

9. Методы изучения наследственности человека Генеалогический метод

Генеалогический метод, или метод анализа родословных, включает следующие этапы:

1. Сбор сведений у пробанда о наличии или отсутствии анализируемого признака (чаще заболевания) у его родственников и составление легенды о каждом из них (словесного описания). Для более точного результата необходимо собрать сведения о родственниках в трех-четыре поколениях.

2. Графическое изображение родословной с использованием условных обозначений. Каждый родственник пробанда получает свой шифр.

3. Анализ родословной, решающий следующие задачи:

- 1) определение группы заболеваний, к которой относится исследуемая болезнь (наследственной, мультифакториальной или группы фенкопий);
- 2) определение типа и варианта наследования;
- 3) определение вероятности проявления заболевания у пробанда и других родственников.

Цитогенетические методы

Цитологические методы связаны с проведением окрашивания цитологического материала и последующей микроскопией. Они позволяют определить нарушения структуры и числа хромосом. В эту группу методов входят:

- 1) метод определения X-хроматина интерфазных хромосом путем окрашивания нефлюоресцентными или флюоресцентными красителями;
- 2) метод определения Y-хроматина интерфазных хромосом окрашиванием флюоресцентными красителями;
- 3) рутинный метод окрашивания метафазных хромосом для определения количества и групповой принадлежности хромосом, идентификации 1, 2, 3, 9, 16 хромосом и Y-хромосомы;
- 4) метод дифференциального окрашивания метафазных хромосом для

идентификации всех хромосом по особенностям поперечной исчерченности. В этом методе чаще всего для микроскопии используются лимфоциты, фибробласты, клетки костного мозга, половые клетки, клетки волосяной луковицы. Биохимические методы

В эту группу входят методы, применяемые в основном при дифференциальной диагностике наследственных нарушений обмена веществ при известном дефекте первичного биохимического продукта данного гена.

Все биохимические методы делят на качественные, количественные и полуколичественные. Для исследования берутся кровь, моча или амниотическая жидкость.

Качественные методы более простые, недорогие и менее трудоемкие, поэтому применяются для массового скрининга (например, исследование новорожденных в роддоме на фенилкетонурию).

Количественные методы более точные, но и более трудоемкие и дорогостоящие. Поэтому их применяют лишь по специальным показаниям и в случаях, когда скрининг, проведенный качественными методами, дал положительный результат.

Показания для применения биохимических методов:

- 1) умственная отсталость неясной этиологии;
- 2) снижение зрения и слуха;
- 3) непереносимость некоторых пищевых продуктов;
- 4) судорожный синдром, повышенный или пониженный тонус мышц. ДНК-диагностика

Это наиболее точный метод диагностики моногенных наследственных заболеваний.

Преимущества метода:

- 1) позволяет определить причину заболевания на генетическом уровне;
- 2) выявляет минимальные нарушения структуры ДНК;
- 3) малоинвазивен;
- 4) не требует повторения.

В основе метода лежит увеличение копий фрагментов ДНК различными способами.

Близнецовый метод

Применяется в основном для определения относительной роли наследственности и факторов окружающей среды в возникновении того или иного заболевания. При этом изучаются монозиготные и дизиготные близнецы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

СОО.01.10 БИОЛОГИЯ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Направление подготовки / специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе основного общего образования

форма обучения: очная

год набора: 2024

Автор: Шайхутдинова М.М.

Одобрена на заседании кафедры
Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Стороженко Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 05.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Горно-технологического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Колчина Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ № 1. Структура и функции биосферы	4
1. Понятие о ноосфере. Воздействие человека на биосферу	4
2. Паразитизм как экологический феномен	5
ЛЕКЦИЯ № 2. Общая характеристика простейших (Protozoa).....	7
1. Обзор строения простейших	7
2. Особенности жизнедеятельности простейших.....	7
ЛЕКЦИЯ № 3. Многообразие простейших.....	9
1. Общая характеристика класса Саркодовые (корненожки)	9
2. Патогенные амёбы.....	10
3. Общая характеристика класса жгутиконосцы.....	11
ЛЕКЦИЯ № 4. Патогенные жгутиконосцы	12
1. Трихомонады (<i>Trichomonas vaginalis</i>) и <i>T. hominis</i>	12
2. Лямблия (<i>Lamblia intestinalis</i>).....	13
3. Лейшмании (<i>Leishmaniae</i>)	14
4. Трипаносомы (<i>Tripanosoma</i>).....	15
5. Общая характеристика класса Споровики	16
6. Токсоплазмоз: возбудитель, характеристика, цикл развития, профилактика	17
7. Малярийный плазмодий: морфология, цикл развития	17
ЛЕКЦИЯ № 5. Класс Инфузории (ресничные).....	20
1. Обзор строения инфузорий	20
2. Балантидий (<i>Balantidium coli</i>)	21
ЛЕКЦИЯ № 6. Тип Плоские черви (Plathelminthes).....	22
1. Характерные черты организации	22
2. Класс Сосальщики. Общая характеристика	23
3. Класс Сосальщики. Его представители.....	24
4. Общая характеристика класса Ленточные черви	27
5. Цепни.....	28
ЛЕКЦИЯ № 7. Тип Круглые черви (Nemathelminthes).....	33

1. Особенности строения	33
2. Круглые черви – паразиты человека Аскарида	34
ЛЕКЦИЯ № 8. Тип Членистоногие.....	40
1. Разнообразие и морфология членистоногих.....	40
2. Клещи	41
3. Клещи – обитатели жилища человека	42
4. Семейство Иксодовые клещи.....	43
5. Представители семейства Иксодовые клещи. Морфология, патогенное значение	44
6. Представители семейства Аргазовые клещи. Морфология, цикл развития	45
ЛЕКЦИЯ № 9. Класс Насекомые (тип Членистоногие, подтип Трахейнодышащие) .	47
1. Морфология, физиология, систематика	47
2. Отряд Вши.....	48
3. Отряд Блохи	48
4. Особенности биологии развития комаров рода Anopheles, Aedes, Culex	49
ЛЕКЦИЯ № 10. Ядовитые животные.....	51
1. Ядовитые паукообразные	51
2. Ядовитые позвоночные.....	52
ЛЕКЦИЯ № 11. Экология	53
1. Предмет и задачи экологии	53
2. Общая характеристика среды обитания людей. Экологический кризис	53

ЛЕКЦИЯ № 1. Структура и функции биосферы

1. Понятие о ноосфере. Воздействие человека на биосферу

Основы учения о биосфере разработал русский ученый В. И. Вернадский.

Биосфера – это оболочка Земли, заселенная живыми организмами, включающая в себя часть литосферы, гидросферу и часть атмосферы.

Атмосфера как часть биосферы представляет собой слой толщиной от 2–3 до 10 км (для спор грибов и бактерий) над поверхностью Земли. Лимитирующим фактором для распространения живых организмов в атмосфере является распределение кислорода и уровень ультрафиолетового излучения. Микроорганизмов, для которых воздух был бы основной средой обитания, не существует. Они заносятся в атмосферу из почвы, воды и т. д.

Литосфера заселена живыми организмами на значительную глубину, но наибольшее их количество сосредоточено в поверхностном слое почвы. Ограничивают распространение живых организмов количество кислорода, света, давление и температура.

Гидросфера заселена живыми существами на глубину более 11 000 м.

Гидробионты обитают как в пресной, так и в соленой воде и по месту обитания делятся на 3 группы:

- 1) планктон – организмы, живущие на поверхности водоемов и пассивно передвигающиеся за счет движения воды;
- 2) нектон – активно передвигающиеся в толще воды;
- 3) бентос – организмы, обитающие на дне водоемов или зарывающиеся в ил. Лимитирующим фактором является свет (для растений).

Круговорот веществ в природе между живой и неживой материей – одна из наиболее характерных особенностей биосферы. Биологический круговорот – это биогенная миграция атомов из окружающей среды в организмы и из организмов в окружающую среду. Биомасса выполняет и другие функции:

- 1) газовая – постоянный газообмен с внешней средой за счет дыхания живых организмов и фотосинтеза растений;
- 2) концентрационная – постоянная биогенная миграция атомов в живые организмы, а после их отмирания – в неживую природу;
- 3) окислительно-восстановительная – обмен веществом и энергией с внешней средой. При диссимилиации окисляются органические вещества, при ассимиляции используется энергия АТФ;

4) биохимическая – химические превращения веществ, составляющие основу жизнедеятельности организма. Термин «ноосфера» введен В. И. Вернадским в начале XX в.

Первоначально ноосфера представлялась как «мыслящая оболочка Земли» (от гр. *noqs* – «ум»). В настоящее время под ноосферой понимают биосферу, преобразованную трудом и научной мыслью человека.

В идеале ноосфера подразумевает новый этап развития биосферы, в основе которого лежит разумное регулирование взаимоотношений человека и природы.

Однако в данный момент человек воздействует на биосферу в большинстве случаев губительно. Неразумная хозяйственная деятельность человека привела к появлению глобальных проблем, среди которых:

- 1) изменение состояния атмосферы в виде появления парникового эффекта и озонового кризиса;
- 2) уменьшение площади Земли, занятой лесами;
- 3) опустынивание земель;
- 4) уменьшение видового разнообразия;

- 5) загрязнение океанических и пресных вод, а также суши промышленными и сельскохозяйственными отходами;
- 6) непрерывный рост численности населения.

2. Паразитизм как экологический феномен

Паразитизм – это универсальное, широко распространенное в живой природе явление, состоящее в использовании одного организма другим в качестве источника питания. При этом паразит причиняет хозяину вред вплоть до гибели.

Пути возникновения паразитизма.

1. Переход свободноживущих форм (хищников) к эктопаразитизму при увеличении времени возможного существования без пищи и времени контакта с жертвой.
2. Переход от комменсализма (сотрапезничества, нахлебничества, ситуации, когда хозяин служит лишь средой обитания) к эндо-паразитизму в случае использования комменсалами не только отходов, но части пищевого рациона хозяина и даже его тканей.
3. Первичный эндопаразитизм в результате случайного, часто неоднократного заноса в пищеварительную систему хозяина яиц и цист паразитов.

Особенности среды обитания паразитов.

1. Постоянный и благоприятный уровень температуры и влажности.
2. Обилие пищи.
3. Защита от неблагоприятных факторов.
4. Агрессивный химический состав среды обитания (пищеварительные соки). Особенности паразитов.
 1. Наличие двух сред обитания: среда первого порядка – организм хозяина, среда второго порядка – внешняя среда.
 2. Паразит имеет меньшие размеры тела и меньшую продолжительность жизни по сравнению с хозяином.
 3. Паразиты отличаются высокой способностью к размножению, обусловленной обилием пищи.
 4. Количество паразитов в организме хозяина может быть очень велико.
5. Паразитический образ жизни является их видовой особенностью. Классификация паразитов

В зависимости от времени, проводимом на хозяине, паразиты могут быть постоянные, если никогда не встречаются в свободноживущем состоянии (вши, чесоточные зудни, малярийный плазмодий), и временные, если связаны с хозяином только во время приема пищи (комары, клопы, блохи).

По обязательности паразитического образа жизни паразиты бывают облигатные, если паразитический образ жизни – их неперенная видовая особенность (например, гельминты), и факультативные, способные вести непаразитический образ жизни (многие паразиты растений).

По месту обитания на хозяине паразиты делятся на эктопаразитов, живущих на поверхности организма хозяина (человеческая вошь, комары, москиты, слепни), внутрикожных паразитов, обитающих в толще кожных покровов хозяина (чесоточный зудень), полостных паразитов, обитающих в полостях различных органов хозяина, сообщающихся с внешней средой (бычий и свиной цепни) и собственно эндопаразитов, обитающих во внутренних органах организма хозяина, клетках и плазме крови (эхинококк, трихинелла, малярийный плазмодий).

В дикой природе паразиты регулируют численность особей в популяциях хозяина. Особенности жизнедеятельности паразитов

Жизненный цикл паразитов может быть простым и сложным. Простой цикл развития происходит без участия промежуточного хозяина, он характерен для эктопаразитов, простейших, некоторых геогельминтов. Сложный жизненный цикл

характерен для паразитов, имеющих не менее чем одного промежуточного хозяина (широкий лентец).

Расселение паразита осуществляется в течение всей его жизни. Неактивная покоящаяся стадия развития обеспечивает продолжение существования паразита во времени, активная подвижная стадия – расселение в пространстве.

В целом, хозяин – это существо, организм которого является временным или постоянным местообитанием и источником питания паразита. Один и тот же вид хозяина может быть местообитанием и источником питания для нескольких видов паразитов.

Для паразитов характерна смена хозяев, связанная с размножением или с развитием паразита. У многих паразитов имеется несколько хозяев. Окончательный (дефинитивный) хозяин – это вид, в котором паразит находится во взрослом состоянии и размножается половым путем.

Промежуточных хозяев может быть один и более. Это виды, в которых паразит находится на личиночной стадии развития, а если размножается, то, как правило, бесполом путем.

Резервуарный хозяин – это хозяин, в организме которого паразит сохраняет свою жизнеспособность, и где происходит накопление паразита.

Человек является идеальным хозяином для паразита, потому что: 1) человек представлен многочисленными, повсеместно расселенными популяциями;

- 2) человек постоянно соприкасается с природными очагами болезней диких животных;
- 3) человек нередко живет в условиях перенаселения, что облегчает передачу паразита;
- 4) человек контактирует со многими видами животных;
- 5) человек всеяден.

Механизмы передачи паразита: фекально-оральный, воздушно-капельный, трансмиссивный, контактный.

Наиболее часто встречающимися у человека паразитами являются разнообразные черви

– гельминты, вызывающие заболевания группы гельминтозов. Различают био-, геогельминтозы и контактные гельминтозы.

Биогельминтозы – это заболевания, передача которых человеку происходит с участием животных, в чьем организме развивается возбудитель (эхинококкоз, альвеококкоз, тениоз, тениаринхоз, дифиллоботриоз, описторхоз, трихинеллез).

Геогельминтозы – это болезни, передача которых человеку происходит через элементы внешней среды, где развиваются личиночные стадии паразита (аскаридоз, трихоцефалез, некатороз).

Контактные гельминтозы характеризуются передачей паразита непосредственно от больного или через окружающие его предметы (энтеробиоз, гименолепидоз).

ЛЕКЦИЯ № 2. Общая характеристика простейших (Protozoa)

1. Обзор строения простейших

Этот тип представлен одноклеточными организмами, тело которых состоит из цитоплазмы и одного или нескольких ядер. Клетка простейшего – это самостоятельная особь, проявляющая все основные свойства живой материи. Она выполняет функции всего организма, тогда как клетки многоклеточных составляют лишь часть организма, каждая клетка зависит от многих других.

Принято считать, что одноклеточные существа более примитивны, нежели многоклеточные. Однако, поскольку все тело одноклеточных по определению состоит из одной клетки, эта клетка должна уметь делать все: и питаться, и двигаться, и нападать, и спасаться от врагов, и переживать неблагоприятные условия среды, и размножаться, и избавляться от продуктов обмена, и защищаться от высыхания и от чрезмерного проникновения воды внутрь клетки.

Многоклеточный организм тоже все это умеет, но каждая его клетка, взятая в отдельности, хорошо умеет делать только что-нибудь одно. В этом смысле клетка простейшего – отнюдь не примитивнее клетки многоклеточного организма.

Большинство представителей класса имеет микроскопические размеры – 3—150 мкм. Только наиболее крупные представители вида (раковинные корненожки) достигают 2–3 см в диаметре.

Известно около 100 000. видов простейших. Среда их обитания – вода, почва, организм хозяина (для паразитических форм).

Строение тела простейшего типично для эукариотической клетки. Имеются органеллы общего (митохондрии, рибосомы, клеточный центр, ЭПС и др.) и специального назначения. К последним относятся органы движения: ложноножки, или псевдоподии (временные выросты цитоплазмы), жгутики, реснички, пищеварительные и сократительные вакуоли. Органоиды общего значения присущи всем эукариотическим клеткам.

Органоиды пищеварения – пищеварительные вакуоли с пищеварительными ферментами (сходны по происхождению с лизосомами). Питание происходит путем пино – или фагоцитоза. Непереваренные остатки выбрасываются наружу. Некоторые простейшие имеют хлоропласты и питаются за счет фотосинтеза.

Пресноводные простейшие имеют органы осморегуляции – сократительные вакуоли, которые периодически выделяют во внешнюю среду излишки жидкости и продукты диссимиляции.

Большинство простейших имеет одно ядро, но есть представители с несколькими ядрами. Ядра некоторых простейших характеризуются полиплоидностью.

Цитоплазма неоднородна. Она подразделяется на более светлый и гомогенный наружный слой, или эктоплазму, и зернистый внутренний слой, или эндоплазму. Наружные покровы представлены либо цитоплазматической мембраной (у амёбы), либо пелликулой (у эвглены). Фораминиферы и солнечники, обитатели моря, имеют минеральную, или органическую, раковину.

2. Особенности жизнедеятельности простейших

Подавляющее большинство простейших – гетеротрофы. Их пищей могут служить бактерии, детрит, соки и кровь организма хозяина (для паразитов). Непереваренные остатки удаляются через порошицу (специальное, постоянно существующее отверстие (у инфузорий)) или через любое место клетки (у амёбы). Через сократительные вакуоли осуществляется осмотическая регуляция, удаляются продукты обмена.

Дыхание, т. е. газообмен, происходит через всю поверхность клетки.

Раздражимость представлена таксисами (двигательными реакциями). Встречаются фототаксис, хемотаксис и др. Размножение простейших

Бесполое – митозом ядра и делением клетки надвое (у амебы, эвглены, инфузории), а также путем шизогонии – многократного деления (у споровиков).

Половое – копуляция. Клетка простейшего становится функциональной гаметой; в результате слияния гамет образуется зигота.

Для инфузорий характерен половой процесс – конъюгация. Он заключается в том, что клетки обмениваются генетической информацией, но увеличения числа особей не происходит.

Многие простейшие способны существовать в двух формах – трофозоита (вегетативной формы, способной к активному питанию и передвижению) и цисты, которая образуется при неблагоприятных условиях. Клетка обездвигивается, обезвоживается, покрывается плотной оболочкой, обмен веществ резко замедляется. В такой форме простейшие легко переносятся на большие расстояния животными, ветром и расселяются. При попадании в благоприятные условия обитания происходит эксцистирование, клетка начинает функционировать в состоянии трофозоита. Таким образом, инцистирование не является способом размножения, но помогает клетке переживать неблагоприятные условия среды.

Для многих представителей типа Protozoa характерно наличие жизненного цикла, состоящего в закономерном чередовании жизненных форм. Как правило, происходит смена поколений с бесполом и половым размножением. Образование цисты не является частью закономерного жизненного цикла.

Время генерации для простейших составляет 6—24 ч. Это означает, что, попав в организм хозяина, клетки начинают размножаться по экспоненте и теоретически могут привести его к гибели. Однако этого не происходит, так как вступают в силу защитные механизмы организма хозяина.

Заболевания, вызываемые простейшими, называются прото-зойными. Раздел медицинской паразитологии, изучающий эти заболевания и их возбудителей, носит название протозоологии.

Медицинское значение имеют представители простейших, относящиеся к классам саркодовые, жгутиковые, инфузории и споровики.

ЛЕКЦИЯ № 3. Многообразие простейших

1. Общая характеристика класса Саркодовые (корненожки)

Представители этого класса – самые примитивные из простейших. Основная характерная черта саркодовых – способность образовывать ложноножки (псевдоподии), которые служат для захвата пищи и передвижения. В связи с этим саркодовые не имеют постоянной формы тела, их наружный покров – тонкая плазматическая мембрана.

Свободноживущие амёбы

Известно более 10 000 саркодовых. Обитают они в морях, пресноводных водоемах и в почве (около 80 %). Ряд видов перешел к паразитическому и комменсальному образу жизни. Медицинское значение имеют представители отряда амёб (*Amoebina*).

Типичный представитель класса – пресноводная амёба (*Amoeba proteus*) обитает в пресных водоемах, лужах, небольших прудах. Передвигается амёба с помощью псевдоподий, которые образуются при переходе части цитоплазмы из состояния геля в золь. Питание осуществляется при заглатывании амёбой водорослей или частиц органических веществ, переваривание которых происходит в пищеварительных вакуолях. Размножается амёба только бесполом путем. Сначала делению подвергается ядро (митоз), а затем делится цитоплазма. Тело пронизано порами, через которые выпячиваются псевдоподии.

Паразитические амёбы

Обитают в организме человека в основном в пищеварительной системе. Некоторые саркодовые, живущие свободно в почве или загрязненной воде, при попадании в организм человека могут вызывать серьезные отравления, иногда заканчивающиеся смертью.

К обитанию в кишечнике человека приспособилось несколько видов амёб.

Дизентерийная амёба (*Entamoeba histolytica*) – возбудитель амёбной дизентерии (амебиаза). Это заболевание распространено повсеместно в странах с жарким климатом. Внедряясь в стенку кишечника, амёбы вызывают образование кровоточащих язв. Из симптомов характерен частый жидкий стул с примесью крови. Заболевание может закончиться смертью. Следует помнить, что возможно бессимптомное носительство цист амёбы.

Такая форма болезни также подлежит обязательному лечению, поскольку носители опасны для окружающих.

Кишечная амёба (*Entamoeba coli*) – непатогенная форма, нормальный симбионт толстого кишечника человека. Морфологически сходна с дизентерийной амёбой, но не оказывает столь пагубного действия. Является типичным комменсалом. Это трофо-зоиты размером 20–40 мкм, двигаются медленно. Питается эта амёба бактериями, грибами, а при наличии кишечного кровотечения у человека – и эритроцитами. В отличие от дизентерийной амёбы, не выделяет протеолитических ферментов и в стенку кишечника не проникает. Также способна к образованию цист, но она содержит больше ядер (8 ядер), в отличие от цисты дизентерийной амёбы (4 ядра).

Ротовая амёба (*Entamoeba gingivalis*) – первая амёба, найденная у человека. Обитает в кариозных зубах, зубном налете, на деснах и в криптах небных миндалин более чем у 25 % здоровых людей. При заболеваниях полости рта встречается чаще. Питается бактериями и лейкоцитами. При десневом кровотечении может захватывать и эритроциты. Цист не образует. Патогенное действие неясно.

Профилактика.

1. Личная. Соблюдение правил личной гигиены.
2. Общественная. Санитарное благоустройство общественных туалетов, предприятий общественного питания.

2. Патогенные амёбы

Дизентерийная амёба (*Entamoeba histolytica*) – представитель класса саркодовые. Обитает в кишечнике человека, является возбудителем кишечного амёбиоза. Заболевание распространено повсеместно, но чаще встречается в странах с жарким и влажным климатом.

Жизненный цикл амёбы включает в себя несколько стадий, отличных по морфологии и физиологии. В кишечнике человека эта амёба обитает в следующих формах: малой вегетативной, крупной вегетативной, тканевой и цисты.

Мелкая вегетативная форма (*forma minuta*) обитает в содержимом кишечника.

Размеры

– 8—20 мкм. Питается бактериями и грибами (элементами микрофлоры кишечника). Это основная форма существования *E. histolytica*, которая не приносит существенного вреда здоровью.

Крупная вегетативная форма (патогенная, *forma magna*) также обитает в содержимом кишечника и гнойном отделяемом язв стенки кишки. Размеры – до 45 мкм. Эта форма приобрела способность выделять протеолитические ферменты, растворяющие стенку кишки и вызывающие образование кровотокающих язв. За счет этого амёба способна проникать довольно глубоко в ткани. Крупная форма имеет четкое разделение цитоплазмы на прозрачную и плотную эктоплазму (наружный слой) и зернистую эндоплазму (внутренний слой). В ней обнаруживают ядро и заглоченные эритроциты, которыми и питается амёба. Крупная форма способна к образованию ложноножек, с помощью которых она энергично передвигается вглубь тканей по мере их разрушения. Крупная форма может также проникать в кровеносные сосуды и с током крови разноситься по органам и системам (печени, легким, головному мозгу), где также вызывает изъязвление и образование абсцессов.

В глубине пораженных тканей располагается тканевая форма. Она несколько мельче крупной вегетативной и не имеет эритроцитов в цитоплазме.

Амёбы способны образовывать округлые цисты. Их характерная особенность – наличие 4 ядер (в отличие от кишечной амёбы, цисты которой содержат 8 ядер). Размеры цист – 8—16 мкм. Цисты обнаруживаются в фекалиях больных людей, а также паразитоносителей, заболевание у которых протекает бессимптомно.

Жизненный цикл паразита. Человек поражается амёбиозом, заглатывая цисты с зараженной водой или пищевыми продуктами. В просвете толстой кишки (где и обитает паразит) происходит 4 последовательных деления, в результате которых образуется 8 клеток, дающих начало мелким вегетативным формам. Если условия существования не благоприятствуют образованию крупных форм, амёбы инцистируются и выводятся наружу с калом.

При благоприятных условиях мелкие вегетативные формы переходят в крупные, которые и вызывают образование язв. Погружаясь в глубь тканей, они переходят в тканевые формы, которые в особо тяжелых случаях проникают в кровоток и разносятся по организму.

Диагностика заболевания. Обнаружение в фекалиях больного человека трофозоитов с заглоченными эритроцитами возможно только в течение 20–30 мин после выделения фекалий. Цисты встречаются при хроническом течении болезни и паразитоносите-льстве.

Необходимо учитывать, что в остром периоде в кале могут обнаруживаться и цисты, и трофозоиты.

3. Общая характеристика класса жгутиконосцы

Класс Жгутиконосцы (Flagellata) насчитывает около 6000–8000 представителей. Это наиболее древняя группа простейших. Отличаются от саркодовых постоянной формой тела. Обитают в морских и пресных водах. Паразитические жгутиковые обитают в различных органах человека.

Характерная особенность всех представителей – наличие одного или более жгутиков, которые служат для передвижения. Расположены они преимущественно на переднем конце клетки и представляют собой нитевидные выросты эктоплазмы. Внутри каждого жгутика проходят микрофибриллы, построенные из сократительных белков. Прикрепляется жгутик к базальному тельцу, расположенному в эктоплазме. Основание жгутика всегда связано с кинетосомой, выполняющей энергетическую функцию.

Тело жгутикового простейшего, помимо цитоплазматической мембраны, покрыто снаружи пелликулой – специальной периферической пленкой (производной эктоплазмы). Она и обеспечивает постоянство формы клетки.

Иногда между жгутиком и пелликулой проходит волнообразная цитоплазматическая перепонка – ундулирующая мембрана (специфическая органелла передвижения). Движения жгутика приводят мембрану в волнообразные колебания, которые передаются всей клетке.

Ряд жгутиковых имеет опорную органеллу – аксостиль, который в виде плотного тяжа проходит через всю клетку.

Жгутиковые – гетеротрофы (питаются готовыми веществами). Некоторые способны также к автотрофному питанию и являются миксотрофами (например, эвглена). Для многих свободноживущих представителей характерно заглатывание комочков пищи (голозойное питание), которое происходит при помощи сокращений жгутика. У основания жгутика расположен клеточный рот (цистостома), за которым следует глотка. На ее внутреннем конце формируются пищеварительные вакуоли.

Размножение обычно бесполое, происходящее поперечным делением. Встречается и половой процесс в виде копуляции.

Типичным представителем свободноживущих жгутиковых является эвглена зеленая (*Euglena viridis*). Обитает в загрязненных прудах и лужах. Характерная особенность – наличие специального световоспринимающего органа (стигмы). Длина эвглены около 0,5 мм, форма тела овальная, задний конец заострен. Жгутик один, расположенный на переднем конце. Движение с помощью жгутика напоминает ввинчивание. Ядро находится ближе к заднему концу. Эвглена имеет признаки как растения, так и животного. На свету питание автотрофное за счет хлорофилла, в темноте – гетеротрофное. Такой смешанный тип питания называется миксо-трофным. Эвглена запасает углеводы в виде парамила, близкого по строению к крахмалу. Дыхание эвглены такое же, как у амёбы. Пигмент красного светочувствительного глазка (стигмы) – астаксантин – в растительном царстве не встречается. Размножение бесполое.

Особый интерес представляют колониальные жгутиковые – пандорина, эудорина и вольвокс. На их примере можно проследить историческое развитие полового процесса.

ЛЕКЦИЯ № 4. Патогенные жгутиконосцы

Медицинское значение имеют те виды жгутиковых, которые паразитируют в теле человека и животных.

Трипаносомы (*Trypanosoma*) являются возбудителями африканской и американской сонных лихорадок. Эти жгутиковые обитают в тканях человеческого тела. Передача их к хозяину осуществляется трансмиссивно, т. е. через переносчиков.

Лейшмании (*Leishmania*) – возбудители лейшманиозов, трансмиссивных заболеваний с природной очаговостью. Переносчики – москиты. Природные резервуары – грызуны, дикие и домашние хищники.

Выделяют три основные формы заболеваний, вызываемых лейшманиями, – кожный, висцеральный и слизисто-кожный лейшманиозы.

Лямблия кишечная (*Lambliа intestinalis*) – единственный вид простейших, обитающий в тонкой кишке. Вызывает лямб-лиоз. Лямблии могут проникать в желчные ходы и печень.

1. Трихомонады (*Trichomonas vaginalis*) и *T. hominis*

Это возбудители трихомониаза. Обитают в половых и мочевыводящих путях. Морфологическая характеристика трихомонад

Трихомонады (класс жгутиковые) являются возбудителями заболеваний, называемых трихомониазами. В организме человека обитают кишечная и влагалищная (урогенитальная) трихомонады.

Урогенитальная трихомонада (*Trichomonas vaginalis*) – возбудитель урогенитального трихомониаза. У женщин эта форма обитает во влагалище и шейке матки, у мужчин – в мочеиспускательном канале, мочевом пузыре и предстательной железе. Обнаруживается у 30–40 % женщин и 15 % мужчин. Заболевание распространено повсеместно.

Длина паразита – 15–30 мкм. Форма тела грушевидная. Имеет 4 жгутика, которые расположены на переднем конце тела.

Есть ундулирующая мембрана, которая доходит до середины тела. В середине тела расположен аксостиль, выступающий из клетки на ее заднем конце в виде шипа. Характерную форму имеет ядро: овальное, заостренное с обоих концов, напоминает сливовую косточку. Клетка содержит пищеварительные вакуоли, в которых можно обнаружить лейкоциты, эритроциты и бактерии мочеполовой флоры, которыми питается урогенитальная трихомонада. Цист не образует.

Заражение происходит чаще всего половым путем при незащищенном половом контакте, а также при пользовании общей постелью и предметами личной гигиены: полотенцами, мочалками и пр. Фактором передачи могут послужить и нестерильный гинекологический инструментарий, и перчатки при проведении гинекологического осмотра.

Видимого вреда хозяину этот паразит обычно не приносит, однако вызывает хроническое воспаление в мочеполовых путях. Это происходит за счет тесного контакта возбудителя со слизистыми оболочками. При этом повреждаются клетки эпителия, он слущивается, возникают микровоспалительные очаги и эрозии на поверхности слизистых оболочек.

У мужчин заболевание может спонтанно закончиться выздоровлением через 1–2 месяца после заражения. Женщины болеют дольше (до нескольких лет).

Диагностика. На основании обнаружения вегетативных форм в мазке выделений из мочеполовых путей.

Профилактика – соблюдение правил личной гигиены, применение индивидуальных средств защиты при половых контактах.

Кишечная трихомонада (*Trichomonas hominis*) – небольшой жгутиконосец (длина – 5—

15 мкм), обитающий в толстой кишке. Имеет 3–4 жгутика, одно ядро, ундулирующую мембрану и аксостиль. Питается бактериями кишечной флоры. Образование цист не установлено.

Заражение происходит через зараженную трихомонадами пищу и воду. При попадании в кишечник паразит быстро размножается и может вызывать поносы. Встречается и в кишечнике здоровых людей, т. е. возможно носительство.

Диагностика. На основании обнаружения вегетативных форм в кале. Профилактика.

1. Личная. Соблюдение правил личной гигиены, термическая обработка пищи и воды, тщательное мытье овощей и фруктов (особенно загрязненных землей).

2. Общественная. Санитарное обустройство мест общественного пользования, наблюдение за источниками общественного водоснабжения, санитарно-просветительская работа с населением.

2. Лямблия (*Lambliа intestinalis*)

Лямблии относятся к классу Жгутиковые. Это единственное простейшее, обитающее в тонком кишечнике человека. Вызывает заболевание, называемое кишечным лямблиозом. Чаще всего им болеют дети младшего возраста.

Обитает в тонком кишечнике, главным образом в двенадцатиперстной кишке, может проникать в желчные протоки (внутри-и внепеченочные), а оттуда – в желчный пузырь и ткань печени. Лямблиоз распространен повсеместно.

Морфология

Размеры паразита – 10–18 мкм. Форма тела напоминает разрезанную пополам грушу. Тело четко разделено на правую и левую половины. В связи с этим все органеллы и ядра парные. Симметрично расположены 2 ядра полулунной формы (в середине тела) и 4 пары жгутиков. В расширенной части расположен присасывательный диск, с помощью которого паразит прикрепляется к ворсинкам тонкого кишечника. Вдоль тела идут 2 тонких аксо-стиля.

Особенности жизнедеятельности лямблий

Лямблии способны к образованию цист, которые с фекалиями выделяются наружу и таким образом распространяются в окружающей среде. Цисты образуются в нижних отделах тонкого кишечника.

Зрелые цисты имеют овальную форму, содержат 4 ядра и несколько опорных аксостилей. Во внешней среде они довольно устойчивы к неблагоприятным условиям и сохраняют жизнеспособность в течение нескольких недель.

Заражение человека происходит при заглатывании цист, попавших в пищу или питьевую воду.

В тонком кишечнике происходит эксистирирование, образуются вегетативные формы (трофозоиты). С помощью присосок они прикрепляются к ворсинкам тонкой кишки.

Лямблии используют питательные вещества, которые они захватывают с поверхности клеток кишечного эпителия с помощью пиноцитоза. Если в кишечнике находится большое количество лямблий, они способны покрыть довольно большие поверхности кишечного эпителия.

В связи с этим существенно нарушаются процессы пристеночного пищеварения и всасывания пищи. Кроме этого, присутствие лямблий в кишечнике вызывает воспалительные явления. Проникая в желчные ходы, они вызывают воспаление желчного пузыря и нарушают отток желчи.

Лямблии могут встречаться у вполне здоровых внешне людей. Тогда наблюдается бессимптомное носительство. Однако эти люди опасны, так как могут заражать окружающих.

Диагностика. На основании обнаружения цист в фекалиях. Трофозоиты можно обнаружить в содержимом двенадцатиперстной кишки, полученном при фракционном дуоденальном зондировании.

Профилактика.

1. Личная. Соблюдение правил личной гигиены (таких как мытье рук перед едой и после посещения туалета, тщательное мытье фруктов и овощей, термическая обработка пищи и питьевой воды и др.).

2. Общественная. Санитарное благоустройство общественных туалетов, предприятий общественного питания, санитарно-просветительская работа с населением.

3. Лейшмании (*Leishmaniae*)

Лейшмании (*Leishmania*) – это простейшие класса жгутиковые. Являются возбудителями лейшманиозов – трансмиссивных заболеваний с природной очаговостью.

Заболевания у человека вызывают несколько видов этого паразита: *L. tropica* – возбудитель кожного лейшманиоза, *L. do-novani* – возбудитель висцерального лейшманиоза,

L. brasiliensis – возбудитель бразильского лейшманиоза, *L. mexicana* – возбудитель центрально Американской формы заболевания. Все они имеют морфологическое сходство и одинаковые циклы развития.

Существуют в двух формах: жгутиковой (лептомонадной, иначе промастигота) и безжгутиковой (лейшманиальной, иначе амастигота).

Лейшманиальная форма очень мелкая (3–5 мкм), округлая. Жгутика не имеет. Обитает в клетках ретикулоэндотелиальной системы человека и некоторых животных (грызунов, собак). Жгутиковая форма удлинена (до 25 мкм), на переднем конце имеет жгутик. Находится в пищеварительном тракте переносчиков (мелких москитов рода *Phlebotomus*). Эти формы могут также образовываться в искусственных культурах. Природный резервуар – грызуны, дикие и домашние хищники.

Лейшмании широко распространены в странах с тропическим и субтропическим климатом, на всех континентах, где есть москиты.

При кожном лейшманиозе очаги поражения находятся в коже. Это наиболее распространенная форма. Заболевание протекает относительно благоприятно. Вызывается *L. tropica*, *L. mexicana* и некоторыми биоварами *L. brasiliensis*. После укуса москита на открытых частях тела образуются округлые, долго незаживающие язвы. После заживления остаются рубцы. Иммунитет пожизненный. Некоторые формы *L. brasiliensis* могут мигрировать по лимфатическим сосудам, вызывая образование язв далеко от места укуса.

Слизисто-кожная форма вызывается подвидом *L. brasiliensis brasiliensis*. Лейшмании проникают из кожи по кровеносным сосудам в слизистую носоглотки, гортани, мягкого неба, половых органов, вызывают деструктивные изменения в слизистых.

Диагностика

Берут отделяемое из кожной или слизистой язвы и готовят мазки для последующей микроскопии.

Висцеральная форма заболевания вызывается *L. donovani*. Инкубационный период длительный, болезнь начинается через несколько месяцев или лет после заражения. Болеют чаще дети до 12 лет. Заболевание протекает как системная инфекция. Паразиты размножаются в тканевых макрофагах и моноцитах крови. Очень велика интоксикация. Нарушена функция печени, кроветворения. При отсутствии лечения болезнь заканчивается летально.

Диагностика

Получают пунктат красного костного мозга (при пункции грудины) или лимфатических узлов с последующим приготовлением мазка или отпечатка для микроскопии. В окрашенных препаратах находят лейшманиальную форму паразита как

вне-, так и внутриклеточной локализации. В сомнительных случаях производят посев материала на питательные среды, где лейшманиальная форма превращается в жгутиковую, активно движется и обнаруживается при обычном микроскопировании. Используются биологические пробы (например, заражение лабораторных животных).

Профилактика

Борьба с переносчиками (москитами), уничтожение природных резервуаров, профилактические прививки.

4. Трипаносомы (*Trypanosoma*)

Возбудителями трипаносомозов являются трипаносомы (класс жгутиковые). Африканские трипаносомозы (сонные лихорадки) вызывают *Trypanosoma brucei gambiensi* и *T. b. rhodesiense*. Американский трипаносомоз (болезнь Чагаса) вызывает *Trypanosoma cruzi*.

Паразит имеет изогнутое тело, сплющенное в одной плоскости, заостренное с обеих сторон. Размеры – 15–40 мкм. Стадии, обитающие в организме человека, имеют 1 жгутик, ундулирующую мембрану и кинетопласт, расположенный у основания жгутика.

В теле человека и других позвоночных паразит обитает в плазме крови, лимфе, лимфатических узлах, спинномозговой жидкости, веществе головного и спинного мозга, серозных жидкостях.

Заболевание повсеместно распространено по территории всей Африки.

Трипаносомоз, вызываемый этими паразитами, является типичным трансмиссивным заболеванием с природной очаговостью. Возбудитель трипаносомоза развивается со сменой хозяев. Первая часть жизненного цикла проходит в организме переносчика. *Trypanosoma brucei gambiensi* переносится мухами цеце *Glossina palpalis* (обитает вблизи человеческого жилища), *T. b. rhodesiense*, *Glossina morsitans* (в открытых саваннах). Вторая часть жизненного цикла протекает в организме окончательного хозяина, в качестве которого могут выступать крупный и мелкий рогатый скот, человек, свиньи, собаки, носороги, антилопы.

При укусе мухой цеце больного человека трипаносомы попадают в ее желудок. Здесь они размножаются и проходят несколько стадий. Полный цикл развития занимает 20 дней. Мухи, в слюне которых содержатся трипаносомы в инвазионной (метациклической) форме, при укусе могут заразить человека.

Сонная болезнь без лечения может протекать долго (до нескольких лет). У больных наблюдаются прогрессирующая мышечная слабость, истощение, сонливость, депрессия, умственная заторможенность. Возможно самоизлечение, но чаще всего без лечения болезнь заканчивается летально. Трипаносомоз, вызываемый *T. b. Rhodesiense*, протекает более злокачественно и заканчивается летальным исходом через 6–7 месяцев после заражения.

Диагностика

Исследуют мазки крови, спинномозговой жидкости, проводят биопсию лимфатических узлов, в которых видны возбудители.

Профилактика

Борьба с переносчиками, профилактическое лечение здоровых людей в очагах трипаносомозов, делающее организм невосприимчивым к возбудителю.

Trypanosoma cruzi – возбудитель американского трипаносомоза (болезни Чагаса). Для возбудителя характерна способность к внутриклеточному обитанию. Размножаются только в клетках миокарда, нейроглии и мышц (в виде безжгутиковых форм), но не в крови.

Переносчики – триатомовые клопы. В их теле трипаносомы размножаются. После укуса клопы испражняются, возбудитель в стадии инвазионности попадает с фекалиями в ранку. Возбудитель обитает в тканях сердца, мозга, мышцах. При этой болезни характерны миокардиты, кровоизлияния в мозговые оболочки, их воспаление.

Диагностика

Обнаружение возбудителя в крови (в остром периоде). При хроническом течении – заражение лабораторных животных.

Профилактика

Та же, что и при африканском трипаносомозе.

5. Общая характеристика класса Споровики

Известно около 1400 видов споровиков. Все представители класса являются паразитами (или комменсалами) человека и животных. Многие споровики – внутриклеточные паразиты. Именно эти виды претерпели наиболее глубокую дегенерацию в плане строения: их организация упрощена до минимума. Они не имеют никаких органов выделения и пищеварения. Питание происходит за счет поглощения пищи всей поверхностью тела. Продукты жизнедеятельности также выделяются через всю поверхность мембраны. Органелл дыхания нет. Общими чертами всех представителей класса являются отсутствие у зрелых форм каких-либо органелл движения, а также сложный жизненный цикл. Для споровиков характерны два варианта жизненного цикла – с наличием полового процесса и без него. Первый вариант цикла включает в себя стадии бесполого размножения и полового процесса (в виде копуляции и спорогонии).

Бесполое размножение осуществляется простым делением с помощью митоза или множественным делением (шизогонией). При шизогонии происходит многократное деление ядра без цитокинеза. Затем вся цитоплазма разделяется на части, которые обособляются вокруг новых ядер. Из одной клетки образуется очень много дочерних. Перед половым процессом происходит образование мужских и женских половых клеток – гамет. Они называются гамонтами. Затем разнополюе гаметы сливаются с образованием зиготы. Она одевается плотной оболочкой и превращается в цисту, в которой происходит спорогония – множественное деление с образованием клеток (спорозоитов). Именно на стадии спорозоида паразит и проникает в организм хозяина. Споровики, для которых характерен именно такой цикл развития, обитают в тканях внутренней среды организма человека (например, малярийные плазмодии).

Второй вариант жизненного цикла намного проще и состоит из стадии цисты и трофозоида (активно питающейся и размножающейся формы паразита). Такой цикл развития встречается у споровиков, которые обитают в полостных органах, сообщающихся с внешней средой.

В основном споровики, паразитирующие в организме человека и других позвоночных, обитают в тканях тела. Они могут поражать как человека, так и многих животных (в том числе и диких). Таким образом, это зоо- и антропозоонозные заболевания, профилактика которых представляет собой сложную задачу. Эти заболевания могут передаваться нетрансмиссивно (как токсоплазмы), т. е. не иметь специфического переносчика, или трансмиссивно (как малярийные плазмодии), т. е. через переносчиков.

Диагностика заболеваний, вызываемых простейшими класса Споровики, довольно сложна, так как паразиты могут обитать в различных органах и тканях (в том числе глубоких), что снижает вероятность их обнаружения. Кроме того, выраженность симптомов заболевания невелика, поскольку они не являются строго специфичными.

Токсоплазмы (*Toxoplasma gondii*) – возбудители токсоплазмоза. Человек для этого паразита является промежуточным хозяином, а основные хозяева – это кошки и другие представители семейства Кошачьи.

Малярийные плазмодии (*Plasmodium*) – возбудители малярии. Человек – промежуточный хозяин, окончательный – комары рода *Anopheles*.

6. Токсоплазмоз: возбудитель, характеристика, цикл развития, профилактика

Возбудителем токсоплазмоза является представитель класса Споровики токсоплазма (*Toxoplasma gondii*). Поражает огромное количество видов животных, а также человека.

Паразит, локализованный в клетках, имеет форму полумесяца, один конец которого заострен, а другой закруглен. В центре клетки находится ядро. На заостренном конце имеется структура, похожая на присоску, – коноид. Она служит для фиксации и внедрения в клетки хозяина.

Жизненный цикл типичен для споровиков. Происходит чередование бесполого и полового размножения – шизогонии, гаметогенеза и спорогонии. Окончательными хозяевами паразита являются кошки и другие представители семейства Кошачьи. Они получают возбудителя, поедая мясо больных животных (грызунов, птиц) или зараженное мясо крупных травоядных. В клетках кишечника кошки паразиты сначала размножаются шизогонией, при этом образуется множество дочерних клеток. Далее протекает гаметогенез, образуются гаметы. После их копуляции формируются ооцисты, которые и выделяются во внешнюю среду. Под оболочкой цисты протекает спорогония, образуется множество спорозоитов.

Спороцисты со спорозоитами попадают в организм промежуточного хозяина – человека, птиц, многих млекопитающие и даже некоторых пресмыкающихся.

Попадая в клетки большинства органов, токсоплазмы начинают активно размножаться (множественным делением). В результате под оболочкой одной клетки оказывается огромное количество возбудителей (формируется псевдоциста). При разрушении одной клетки из нее выходит множество возбудителей, которые проникают в другие клетки. Другие группы токсоплазм в клетках хозяина покрываются толстой оболочкой, формируя цисту. В таком состоянии токсоплазмы могут сохраняться долгое время. В окружающую среду они не выделяются. Цикл развития замыкается при поедании кошками зараженного мяса промежуточных хозяев.

В организме больного человека токсоплазмы обнаруживаются в клетках головного мозга, печени, селезенки, в лимфатических узлах и мышцах. Человек как промежуточный хозяин может получить токсоплазмы при употреблении в пищу мяса зараженных животных, через поврежденную кожу и слизистые оболочки при уходе за больными животными, при обработке инфицированных мяса или шкур, трансплацентарно (токсоплазмы способны проходить через здоровую плаценту), при медицинских манипуляциях – переливании донорской крови и ее препаратов, пересадке донорских органов на фоне приема иммунодепрессантов (подавляющих естественные защитные силы организма).

В большинстве случаев наблюдаются бессимптомное паразито-носительство или хроническое течение без характерных симптомов (если паразиты обладают низкой патогенностью). В редких случаях заболевание протекает остро: с подъемом температуры, увеличением периферических лимфатических узлов, появлением сыпи и проявлениями общей интоксикации. Это определяется индивидуальной чувствительностью организма и путями проникновения паразита.

Профилактика

Термическая обработка продуктов питания животного происхождения, санитарный контроль на бойнях и мясокомбинатах, исключение контактов беременных и детей с домашними животными.

7. Малярийный плазмодий: морфология, цикл развития

Малярийные плазмодии относятся к классу Plasmodium и являются возбудителями малярии. В организме человека паразитируют следующие виды плазмодиев: *P. vivax* – возбудитель трехдневной малярии, *P. malariae* – возбудитель четырехдневной малярии, *P.*

falciparum – возбудитель тропической малярии, *P. ovale* – возбудитель овалемалярии, близкой к трехдневной (встречается только в Центральной Африке). Первые три вида обычны в тропических и субтропических странах. Все виды плазмодиев имеют сходные черты строения и жизненного цикла, отличие имеется лишь в отдельных деталях морфологии и некоторых особенностях цикла.

Жизненный цикл типичен для споровиков и состоит из бесполого размножения (шизогонии), полового процесса и спорогонии.

Малярия – типичное антропонозное трансмиссивное заболевание. Переносчики – комары рода *Anopheles* (они же и окончательные хозяева). Промежуточный хозяин – только человек.

Заражение человека происходит при укусе комара, в слюне которого содержатся плазмодии на стадии спорозонта. Они проникают в кровь, с током которой оказываются в ткани печени. Здесь происходит тканевая (преэритроцитарная) шизогония. Она соответствует инкубационному периоду болезни. В клетках печени из спорозоитов развиваются тканевые шизонты, которые увеличиваются в размерах и начинают делиться шизогонией на тысячи дочерних особей. Клетки печени при этом разрушаются, и в кровь попадают паразиты на стадии мерозоита. Они внедряются в эритроциты, в которых протекает эритроцитарная шизогония. Паразит поглощает гемоглобин клеток крови, растет и размножается шизогонией. При этом каждый плазмодий дает от 8 до 24 мерозоитов. Гемоглобин состоит из неорганической железосодержащей части (гема) и белка (глобина). Пищей паразита служит глобин. Когда пораженный эритроцит лопается, паразит выходит в кровяное русло, в плазму крови попадает гем. Свободный гем – сильнейший яд. Именно его попадание в кровь вызывает страшные приступы малярийной лихорадки. Температура тела больного поднимается так высоко, что в старину заражение малярией использовали как средство лечения сифилиса (испанской чесотки): трепонема не выдерживает таких температур. Развитие плазмодиев в эритроцитах проходит четыре стадии: кольца (тро- фозоита), амебовидного шизонта, фрагментации (образования морулы) и (для части паразитов) образования гаметоцитов. При разрушении эритроцита мерозоиты попадают в плазму крови, а оттуда – в новые эритроциты. Цикл эритроцитарной шизогонии повторяется много раз. Рост трофозоита в эритроците занимает время, постоянное для каждого вида плазмодиев. Приступ лихорадки приурочен к выходу паразитов в плазму крови и повторяется каждые 3 либо 4 дня, хотя при длительно текущем заболевании чередование периодов может быть нечетким.

Из части мерозоитов в эритроцитах образуются незрелые гамонты, которые являются инвазивной стадией для комара. При укусе комаром больного человека гамонты попадают в желудок комара, где из них образуются зрелые гаметы. После оплодотворения образуется подвижная зигота (оокинета), которая проникает под эпителий желудка комара. Здесь она увеличивается в размерах, покрывается плотной оболочкой, формируется ооциста. Внутри нее происходит множественное деление, при котором образуется огромное количество спорозоитов. Затем оболочка ооцисты лопается, плазмодии с током крови проникают во все ткани комара. Больше всего их скапливается в его слюнных железах. Поэтому при укусе комара спорозоиты могут проникнуть в организм человека.

Таким образом, у человека плазмодий размножается только бесполом путем – шизогонией. Человек – это промежуточный хозяин для паразита. В организме комара протекает половой процесс – образование зиготы, образуется множество спорозоитов (идет спорогония). Комар – это окончательный хозяин, он же и переносчик.

Малярия: патогенное значение, диагностика, профилактика.

Малярия – это тяжелое заболевание, которое характеризуется периодическими изнурительными приступами лихорадки с ознобами и проливным потом. При выходе большого количества меро-зоитов из эритроцитов в плазму крови выбрасываются много токсических продуктов жизнедеятельности самого паразита и продукты распада

гемоглобина, которым питается плазмодий. При воздействии их на организм возникает выраженная интоксикация, что проявляется в резком приступообразном повышении температуры тела, появлении озноба, головных и мышечных болей, резкой слабости. Температура может достигать значительных отметок (40–41 °С). Эти приступы возникают остро и длятся в среднем 1,5–2 ч. Вслед за этим появляются жажда, сухость во рту, чувство жара. Через несколько часов температура снижается до нормальных цифр, все симптомы купируются, больные засыпают. В целом весь приступ продолжается от 6 до 12 ч. Имеются различия в промежутках между приступами при различных типах малярии. При трехдневной и овале-малярии приступы повторяются через каждые 48 ч. Их количество может достигать 10–15, после чего они прекращаются, так как в организме начинают вырабатываться антитела против возбудителя. Паразиты в крови еще могут обнаруживаться, поэтому человек становится паразито-носителем и представляет опасность для окружающих.

При малярии, вызываемой *P. malariae*, промежутки между приступами составляют 72 ч.

Часто встречается бессимптомное носительство.

При тропической малярии в начале заболевания промежутки между приступами могут быть различными, но затем повторяются каждые 24 ч. При этом виде малярии велика опасность летального исхода из-за возникновения осложнений со стороны центральной нервной системы или почек. Особенно опасна тропическая малярия для представителей европеоидной расы.

Человек может заразиться малярией не только при укусе инфицированного комара. Заражение возможно также при гемотрансфузии (переливании) зараженной донорской крови. Наиболее часто этот способ заражения встречается при четырехдневной малярии, так как при этом шизонтов в эритроцитах мало, они могут не обнаруживаться при исследовании крови доноров.

Диагностика

Возможна только в период эритроцитарной шизогонии, когда в крови можно выявить возбудителя. Плазмодий, недавно проникший в эритроцит, имеет вид кольца. Цитоплазма в нем в виде ободка окружает крупную вакуоль. Ядро смещено к краю.

Постепенно паразит растет, у него появляются ложноножки (у амебовидного шизонта).

Он занимает почти весь эритроцит. Далее происходит фрагментация шизонта: в деформированном эритроците обнаруживается множество мерозоитов, в каждом из которых содержится ядро. Кроме бесполой форм, в эритроцитах также можно найти гаметоциты. Они более крупные, не имеют ложноножек и вакуолей.

Профилактика

Выявление и лечение всех больных малярией (ликвидация источника инвазии комара) и уничтожение комаров (ликвидация переносчиков) с помощью специальных инсектицидов и мелиоративных работ (осушения болот).

При поездке в районы, неблагоприятные по малярии, следует профилактически принимать противомаларийные препараты, предохраняться от укусов комаров (использовать противомоскитные сетки, наносить отпугивающие средства на кожу).

ЛЕКЦИЯ № 5. Класс Инфузории (ресничные)

Известно около 6000 видов, относящихся к классу Инфузорий. Большинство представителей – это обитатели морских и пресных водоемов, некоторые обитают во влажной почве или песке. Многие виды являются паразитами человека и животных.

1. Обзор строения инфузорий

Инфузории – это наиболее сложно устроенные простейшие. Они имеют многочисленные органоиды движения – реснички, которые сплошь покрывают все тело животного. Они значительно короче жгутиков и представляют собой полимеризованные жгутики. Количество ресничек может быть очень велико. У разных видов реснички могут иметься только на ранних этапах развития, а у других – сохраняться на всю жизнь. При электронной микроскопии выяснено, что каждая ресничка состоит из определенного количества волоконцев (микротрубочек). В основе каждой реснички лежит базальное тельце, которое расположено в прозрачной эктоплазме.

Другая особенность: каждая особь имеет не менее двух ядер – большого (макронуклеуса) и малого (микронуклеуса). Иногда может быть несколько микро- и макронуклеусов. Большое ядро ответственно за обмен веществ, а малое – регулирует обмен генетической информации при половом процессе (конъюгации). Макронуклеусы инфузорий полиплоидны, а микронуклеусы гаплоидны или диплоидны. При половом процессе макронуклеус разрушается, а микронуклеус мейотически делится с образованием четырех ядер, из которых три погибают, а четвертое делится митотически с образованием мужского и женского гаплоидных ядер. Между двумя инфузориями возникает временный цитоплазматический мостик в области цитостомов. Мужское ядро каждой особи переходит в клетку партнера, женское остается на месте. В каждой клетке происходит слияние собственного женского ядра с мужским ядром партнера. Затем восстанавливается микронуклеус, инфузории расходятся. Количество клеток при этом не увеличивается, но обмен генетической информацией происходит.

Все инфузории имеют постоянную форму тела, что обеспечивается наличием у них пелликулы (плотной оболочки, покрывающей все тело снаружи).

Имеется сложно построенный аппарат питания. На так называемой брюшной стороне инфузории имеется постоянное образование – клеточный рот (цитостом), который переходит в глотку (цитофарингс). Глотка открывается непосредственно в эндоплазму. Вода с содержащимися в ней бактериями (пищей инфузорий) с помощью ресничек загоняется в рот, откуда попадает в цитоплазму и окружается пищеварительной вакуолью. Вакуоль перемещается по цитоплазме, а пищеварительные ферменты при этом выделяются постепенно (так обеспечивается более полное переваривание).

Непереваренный остаток выбрасывается через специальное отверстие – порошицу.

Имеются две сократительные вакуоли, сокращающиеся поочередно каждые 20–25 с.

Размножение инфузорий в большинстве своем происходит путем поперечного деления.

Время от времени осуществляется половой процесс в виде конъюгации.

Типичным представителем класса является инфузория туфелька, которая обитает в небольших водоемах, лужах. Характерной особенностью этого представителя является наличие трихоцист – маленьких веретенообразных телец, которые выбрасываются наружу при раздражении. Они служат как для защиты, так и для нападения.

В организме человека паразитирует единственный представитель класса – балантидий, который обитает в пищеварительной системе и является возбудителем балантидиаза.

2. Балантидий (*Balantidium coli*)

Балантидий является возбудителем балантидиаза. Заболевание это распространено повсеместно.

Обитает в толстом кишечнике человека. Эта инфузория относится к числу наиболее крупных простейших: ее величина – 30—200, 20–70 мкм. Форма тела овальная. Имеет многие черты строения, характерные для свободноживущих инфузорий. Все тело балантидия покрыто многочисленными короткими ресничками, длина которых вокруг клеточного рта (цитостома) несколько больше, чем на других участках тела. Помимо цитостома, имеются цитофарингс и порошица. Имеется пелликула, под которой находится слой прозрачной эктоплазмы. Глубже расположена эндоплазма с органеллами и двумя ядрами – макронуклеусом и микронуклеусом. Большое ядро обычно имеет бобовидную или гантелеобразную форму, рядом расположено маленькое ядро.

На переднем и заднем концах тела находится по одной пульсирующей вакуоли, которые участвуют в регуляции осмотического равновесия в клетке. Кроме того, вакуоли выделяют продукты диссимиляции (обмена веществ).

Балантидий образует цисты овальной или шарообразной формы, до 50–60 мкм в диаметре. Циста покрыта двуслойной оболочкой и не имеет ресничек. В ней обычно не видно микронуклеуса, но отчетливо видна сократительная вакуоль.

Размножается балантидий, как и другие инфузории, поперечным делением. Иногда бывает половой процесс в виде конъюгации.

Заражение человека происходит цистами через загрязненную воду и пищу. Цисты могут также разноситься мухами. Источниками распространения заболевания могут служить и свиньи, и крысы, у которых в кишечнике паразитирует это простейшее.

У человека заболевание проявляется в форме бессимптомного носительства или острого заболевания, которое сопровождается кишечной коликой. Кроме этого, балантидий может жить в кишечнике человека, питаясь бактериями и не принося особого вреда. Однако он может внедряться в стенку толстой кишки, вызывая образование кровоточащих и гноящихся язв. Для заболевания характерно появление длительных кровавых поносов с гноем. Иногда возникает перфорация кишечной стенки (возникает отверстие в стенке), развивается каловый перитонит. При тяжелом течении заболевания (особенно при перитоните и перфорации) больные могут даже погибнуть. Как и при амебной дизентерии, балантидий может проникать в кровеносное русло из кишечной стенки и с током крови разноситься по организму.

Он способен оседать в легких, печени, головном мозге, где может вызывать образование абсцессов. Диагностика

Микроскопия мазка кала больного. В мазке обнаруживают цисты и трофозоиты балантидия. Выявляются слизь, кровь, гной и масса паразитов.

Профилактика.

1. Личная. Соблюдение правил личной гигиены.

2. Общественная. Санитарное обустройство мест общественного пользования, наблюдение за источниками общественного водоснабжения, санитарно-просветительская работа с населением, борьба с грызунами, гигиеническое содержание свиней.

ЛЕКЦИЯ № 6. Тип Плоские черви (Plathelminthes)

1. Характерные черты организации

Тип насчитывает около 7300 видов, объединяющихся в такие три класса, как:

- 1) Ресничные черви;
- 2) Сосальщикообразные;
- 3) Ленточные черви.

Они встречаются в морских и пресных водоемах. Часть видов перешла к паразитическому образу жизни. Главные ароморфозы плоских червей:

- 1) билатеральная симметрия тела;
- 2) развитие мезодермы;
- 3) появление систем органов.

Плоские черви являются билатерально симметричными животными. Это означает, что все органы их тела расположены симметрично в отношении правой и левой сторон. Ткани и органы их тела развиваются из трех зародышевых листков – экто-, эндо- и мезодермы. Приспособление к ползанию по субстрату привело к появлению у них брюшной и спинной, правой и левой сторон, а также переднего и заднего концов тела.

Тело плоского червя уплощено в дорсовентральном направлении. Полость тела у них отсутствует, все пространство между внутренними органами заполнено рыхлой соединительной тканью – паренхимой.

Плоские черви имеют развитые системы органов: мышечную, пищеварительную, выделительную, нервную и половую.

У них имеется кожно-мышечный мешок. Он состоит из покровной ткани – тегумента, который представляет собой неклочную многоядерную структуру типа синцития, и трех слоев гладких мышц, проходящих в продольном, поперечном и косом направлениях. Тело сосальщикообразных покрыто кутикулой, защищающей их от действия пищеварительных соков хозяина. Все движения, которые осуществляют плоские черви, медленны и несовершенны.

Нервная система состоит из парных нервных узлов (ганглиев), расположенных на головном конце туловища, от которых кзади отходят параллельные продольные нервные стволы.

Пищеварительная система (если она имеется) начинается глоткой, а заканчивается слепо замкнутым кишечником. Имеются передняя и средняя кишки. Задняя кишка и анальное отверстие отсутствуют. При этом непереваренные остатки пищи выбрасываются через рот.

У плоских червей впервые появляется выделительная система, которая состоит из органов, называемых протонефридиями, они начинаются в глубине паренхимы конечными (терминальными) клетками звездчатой формы. Протонефридии захватывают продукты обмена веществ и перемещают их по внутриклеточным каналам, которые проходят внутри длинных отростков протонефридиальных клеток. Далее продукты, подлежащие выделению, поступают в собирательные трубочки, а оттуда – либо непосредственно во внешнюю среду, либо в мочевой пузырь.

Половая система червей сложно устроена. Плоские черви сочетают в себе признаки обоих полов – мужского и женского.

Большинство ресничных червей – свободноживущие хищники. Медицинское значение имеют представители двух классов – Сосальщикообразные (Trematodes) и Ленточные черви (Cestoidea).

Представители сосальщикообразных

Печеночный сосальщик (фасциола) – возбудитель фасциолеза (гигантский печеночный сосальщик вызывает более тяжелый фасциолез), кошачий, или сибирский, сосальщик – возбудитель описторхоза, шистосомы – возбудители шистосоматозов. Кроме

этого, в организме человека паразитируют фасциолопсис – возбудитель фасциолопсидоза (обитает в тонком кишечнике), клонорхис – возбудитель клонорхоза (обитает в желчных ходах печени), легочный сосальщик (парагонимус), обитающий в легочной ткани, он вызывает парагонимоз и др.

Представители ленточных червей

Широкий лентец – возбудитель дифиллоботриоза, бычий цепень – возбудитель тениаринхоза, свиной цепень – возбудитель тениоза и цистицеркоза, эхинококк – возбудитель эхино-коккоза и альвеококк – возбудитель альвеококкоза.

2. Класс Сосальщнки. Общая характеристика

Сосальщнки (Trematodes) – паразитические организмы. Известно около 3000 видов сосальщнков. Для этих паразитов характерны сложные циклы развития, в которых происходит чередование поколений, а также способов размножения и хозяев.

Половозрелая особь имеет листовидную форму. Рот расположен на терминальном конце тела и снабжен мощной мускулистой присоской. Кроме нее, имеется еще одна присоска на брюшной стороне. Дополнительными органами прикрепления у некоторых видов – мелкие шипики, покрывающее все тело.

Пищеварительная система мелких видов сосальщнков представляет собой мешок или два слепо заканчивающихся канала. У крупных видов она сильно разветвляется. Помимо функции собственно пищеварения, она выполняет еще и транспортную роль – перераспределяет продукты питания по всему телу. У плоских червей, в том числе у сосальщнков, отсутствует внутренняя полость тела, а значит, нет кровеносной системы. Листовидная форма тела дает возможность кишке снабжать все тело питательными веществами. Та же форма делает возможным газообмен через всю поверхность тела, поскольку органов и тканей, лежащих глубоко под кутикулой, просто нет.

Сосальщнки – гермафродиты. Мужская половая система: пара семенников, два семяпровода, семяизвергательный канал, ко-пулятивный орган (циррус). У печеночного сосальщнка семенники ветвящиеся, у кошачьего и ланцетовидного – компактные. Женская половая система: яичник, яйцеводы, желточники, семяприемник, матка, половая клоака. Желточники обеспечивают яйцо питательными веществами, скорлуповые железы – оболочками. Осеменение внутреннее, перекрестное. Яйца созревают в матке.

Половозрелая особь (марита) всегда обитает в организме позвоночного животного. Она выделяет яйца. Для дальнейшего развития яйцо должно попасть в воду, где из него выходит личинка – мирацидий. Личинка имеет светочувствительные глазки и реснички, способна самостоятельно отыскивать промежуточного хозяина, используя различные виды таксиса. Мирацидий должен попасть в организм брюхоногого моллюска, строго специфичного для данного вида паразита. В его организме личинка превращается в материнскую спороцисту, которая претерпевает наиболее глубокую дегенерацию. Она имеет только женские половые органы, поэтому и размножается только партеногенетически.

При ее размножении формируются многоклеточные редии, которые также размножаются партеногенезом. Последнее поколение редий может генерировать церкарии. Они покидают организм моллюска и для дальнейшего развития должны попасть в тело окончательного или второго промежуточного хозяина. В первом случае церкарии либо активно внедряются в организм окончательного хозяина, либо инцистируются на траве и заглатываются с нею.

Во втором случае церкарии ищут тех животных, которые используются основным хозяином в пищу, и формируют в их теле покоящиеся стадии – инцистированные метацеркарии. Основная масса церкариев погибает, не попав в организм основного хозяина, так как они неспособны к активному поиску, либо попадают в организм тех видов, развитие в которых невозможно. Способность паразита размножаться на личиночных стадиях значительно увеличивает его популяцию.

После проникновения в организм окончательного хозяина инвазионные стадии сосальщиков мигрируют в нем и находят нужный для дальнейшего развития орган. Там они достигают половой зрелости и обитают.

Миграция по организму сопровождается явлениями тяжелой интоксикации и аллергическими проявлениями.

Заболевания, вызываемые сосальщиками, носят общее название трематодозов.

3. Класс Сосальщнки. Его представители

Печеночный сосальщик. Морфология, цикл развития, пути заражения, профилактика Печеночный сосальщик, или фасциола (*Fasciola hepatica*), – возбудитель фасциолеза.

Заболевание распространено повсеместно, чаще всего в странах с жарким и влажным климатом. Обитает паразит в желчных протоках, печени, желчном пузыре, иногда поджелудочной железе и других органах.

Размеры тела мариты – 3–5 см. Форма тела листовидная, передний конец клювообразно оттянут.

Необходимо обратить особое внимание на строение половых органов. Матка многолопастная и располагается розеткой сразу за брюшной присоской. За маткой лежит яичник. По бокам тела располагаются многочисленные желточники и ветви кишечника. Всю среднюю часть тела занимают сильно разветвленные семенники. Яйца крупные (135—80 мкм), желтовато-коричневые, овальные, на одном из полюсов имеется крышечка.

Жизненный цикл печеночного сосальщика типичен для этой группы паразитов. Фасциола развивается со сменой хозяев. Окончательным хозяином служат травоядные млекопитающие (крупный и мелкий рогатый скот, лошади, свиньи, кролики и др.), а также человек. Промежуточный хозяин – прудовик малый (*Limnea truncatula*).

Заражение основного хозяина происходит при поедании им травы с заливных лугов (для животных), невытой зелени и овощей (для человека). Обычно человек заражается при поедании щавеля и кресс-салата. На зеленых растениях располагаются адо-лескарии – инцистированные на листьях церкарии.

После попадания в кишечник окончательного хозяина личинка освобождается от оболочек, пробуравливает стенку кишки и проникает в кровеносную систему, оттуда – в ткань печени. С помощью присосок и шипиков фасциола разрушает клетки печени, что вызывает кровотечение и формирование цирроза в исходе заболевания. Печень увеличивается в размерах. Из печеночной ткани паразит может проникать в желчные ходы и вызывать их закупорку, появляется желтуха. Паразит достигает половой зрелости через 3–4 месяца после заражения и начинает откладывать яйца, находясь в желчных ходах.

Диагностика

Обнаружение яиц фасциолы в фекалиях больного. Яйца могут обнаруживаться и в фекалиях здорового человека при употреблении им в пищу печени больных фасциолезом животных (транзитных яиц). Поэтому при подозрении на заболевание перед обследованием необходимо исключить из рациона печень.

Профилактика

Тщательно мыть овощи и зелень, особенно в районах, эндемичных по фасциолезу, там, где огороды поливают водой из стоячих водоемов. Не использовать для питья нефilterованную воду. Выявлять и лечить больных животных, проводить санитарную обработку пастбищ, смену пастбищ и выпасов гусей и уток для уничтожения промежуточного хозяина. Большое значение имеет санитарно-просветительская работа.

Кошачий сосальщик. Морфология, цикл развития, пути заражения, профилактика Кошачий, или сибирский, сосальщик (*Opisthorchis felinus*) – возбудитель описторхоза.

Этот паразит обитает в печени, желчном пузыре и поджелудочной железе человека, кошек, собак и других видов животных, которые употребляют в пищу сырую рыбу. В нашей стране очаги заболевания находятся по берегам рек Сибири; отдельные очаги – в

Прибалтике, по берегам Камы, Волги, Днепра. Известны природные очаги заболевания в Казахстане.

Кошачий сосальщик имеет бледно-желтый цвет, длина его – 4—13 мм. В средней части тела находится разветвленная матка, за ней – округлый яичник. Характерная особенность – наличие в задней части тела двух розетковидных семенников, которые хорошо окрашиваются. Яйца кошачьего сосальщика размерами 25–30 X 10–15 мкм, желтоватого цвета, овальные, суженные к полюсу, на переднем конце имеют крышечку.

Окончательные хозяева паразита – дикие и домашние млекопитающие и человек. Первый промежуточный хозяин – моллюск *Vithinia leachi*. Второй промежуточный хозяин – карповые рыбы, в мышцах которых локализуются метацеркарии.

Сначала яйцо с мирацидием попадает в воду. Далее оно заглатывается моллюском, в задней кишке которого мирацидий выходит из яйца, проникает в печень и превращается в спороцисту. В ней путем партеногенеза развиваются многочисленные поколения редий, из них – церкарии. Церкарии покидают тело моллюска, попадают в воду и, активно плавая в ней, внедряются в тело рыбы или заглатываются ею и проникают в подкожную жировую клетчатку и мышцы. Вокруг паразита формируются оболочки. Эта стадия развития называется метацеркарием. При поедании окончательным хозяином сырой или вяленой рыбы метацеркарии попадают в его желудочно-кишечный тракт. Под влиянием ферментов оболочки растворяются. Паразит проникает в печень и желчный пузырь и достигает половой зрелости.

Таким образом, для первого промежуточного хозяина инвазионной стадией является яйцо с мирацидием, для второго – церкарий, для окончательного – метацеркарий.

Описторхоз – тяжелое заболевание. При одновременном паразитировании множества особей оно может заканчиваться летально. У части больных зарегистрированы случаи заболевания раком печени, который, возможно, провоцируется постоянным раздражением органа наличием сосальщиков.

Диагностика

Лабораторное обнаружение яиц кошачьего сосальщика в фекалиях и дуоденальном содержимом, полученном от больного.

Профилактика

Соблюдение правил личной гигиены. Санитарно-просветительская работа. Употребление в пищу только хорошо проваренной или прожаренной рыбы (термическая обработка продуктов).

Шистосомы. Морфология, цикл развития, пути заражения, профилактика

Шистосомы – возбудители шистосомозов. Все паразиты обитают в кровеносных сосудах, преимущественно в венах. Встречаются в ряде стран с тропическим и субтропическим климатом (в основном в странах Азии, Африки, Южной Америки).

В отличие от других сосальщиков шистосомы – это раздельнополые организмы. Тело самцов более короткое и широкое. Самки имеют шнуровидную форму. Молодые особи живут раздельно, но при достижении половой зрелости соединяются попарно. После этого самка обитает в гинекофорном канале на брюшной стороне самца.

Так как шистосомы обитают в кровеносных сосудах, их яйца имеют приспособления для выведения в полостные органы, а оттуда – во внешнюю среду. Все яйца имеют шипики, через которые выделяются различные ферменты, растворяющие ткани организма хозяина. С помощью этих ферментов яйца проходят через стенку сосуда, попадают в ткани. Могут проникать в кишечник или мочевого пузыря (в зависимости от вида паразита). Из этих полостных органов паразиты выходят во внешнюю среду. Возможен гематогенный занос (по кровеносным сосудам) яиц во многие внутренние органы, что очень опасно в связи с развитием местных множественных воспалительных процессов в этих органах.

Для некоторых видов шистосом окончательным хозяином является только человек,

для других (наряду с человеком) – различные виды млекопитающих. Промежуточными хозяевами являются пресноводные моллюски. В их теле происходит развитие личиночных стадий, которые размножаются партеногенетически с образованием двух поколений спороцист. Последнее поколение формирует церкарии, которые являются инвазионной стадией для окончательного хозяина. Церкарии имеют характерный вид: раздвоенный хвост, а на переднем конце – специфические железы проникновения, с помощью которых происходит попадание в организм окончательного хозяина при нахождении его в воде. При этом личинки церкарии свободно плавают в воде и способны активно пробуравливать кожные покровы тела человека при купании, работе на рисовых полях и в воде, питье воды из оросительных каналов и др. Одежда не защищает от попадания паразита в организм.

При проникновении через кожу церкарии вызывают специфическое ее поражение в виде церкариозов. Их признаками служит появление сыпи, зуда, аллергических состояний. Если церкарии в большом количестве проникают в легкие, может возникнуть тяжелая пневмония.

Личинки патогенных для человека шистосом с током крови разносятся по организму. Оседают они в основном в венах брюшной полости или малого таза, где достигают половозрелого возраста.

Диагностика

Обнаружение в моче или фекалиях больного яиц шистосом. Возможна постановка кожных аллергологических проб, применяются иммунологические методы диагностики.

Профилактика

Использование для питья только обеззараженную воду. Избегать длительного контакта с водой в местах, эндемичных по шистосомозам. Борьба с промежуточным хозяином – водными моллюсками. Охрана водоемов от загрязнения неочищенными сточными водами.

Различные виды шистосомозов

В организме человека паразитирует три основных вида кровяных сосальщиков. Это *Schistosoma haematobium*, *Sch. mansoni* и *Sch. japonicum*. Они отличаются рядом биологических особенностей, местообитанием в теле человека и географическим распространением. Все шистосомозы относятся к природно-очаговым заболеваниям. Распространены в тропиках Азии, Африки и Америки.

Schistosoma haematobium – возбудитель урогенитального шистосомоза, обитает в крупных венах брюшной полости и органов мочеполовой системы.

Заболевание распространено от Африки до Юго-Западной Индии. Окончательный хозяин – человек и обезьяны. Промежуточные хозяева – различные водные моллюски.

Самец паразита имеет длину до 1,5 см, а самка – до 2 см. Поверхность тела мелкобугристая. Яйца очень крупные, до 160 мкм, обладают шипом, с помощью которого разрушают стенку сосуда. С током крови они проникают в мочевой пузырь и органы половой системы и с мочой выводятся наружу.

Для мочеполового шистосомоза характерны наличие крови в моче (гематурия), боли над лобком. Нередко происходит образование камней в мочевыводящих путях. В местах распространения этого заболевания гораздо чаще встречается рак мочевого пузыря.

Диагностика

Обнаружение яиц паразита при микроскопии мочи. Характерные изменения мочевого пузыря и влагалища при обследовании – воспаление, полипозные разрастания, изъязвления.

Schistosoma mansoni – возбудитель кишечного шистосомоза. Ареал гораздо шире, чем у предыдущего вида. Встречается в Африке, Индонезии, странах Западного полушария – Бразилии, Гайане, на Антильских островах и др.

Паразитирует в венах брыжейки и толстого кишечника. Также поражает воротную систему печени.

В отличие от предыдущего вида, имеет несколько меньшие размеры (до 1,6 см) и

крупнобугристую поверхность тела. Яйца по размерам такие же, как у *Schistosoma heamatobium*, но, в отличие от них, шип располагается на боковой поверхности.

Окончательные хозяева паразита – человек, обезьяны, собаки, грызуны.

Промежуточные хозяева – водные моллюски.

При поражении этим паразитом патологические изменения происходят главным образом в толстом кишечнике (колит, кровавые поносы) и печени (возникает застой крови, возможен рак).

Диагностика

Обнаружение яиц в фекалиях больного.

Schistosoma japonicum – возбудитель японского шистосомоза. Ареал охватывает Восточную и Юго-Восточную Азию (Японию, Китай, Филиппины и др.).

Паразитирует в кровеносных сосудах кишечника.

По размерам не отличается от *Sch. heamatobium*, но имеет совсем гладкое тело. Яйца округлые, шип очень маленький, он расположен на боковой поверхности тела.

Окончательные хозяева – человек, множество домашних и диких млекопитающих.

Промежуточные хозяева – водные моллюски.

Проявления заболевания соответствуют таковым при кишечном шистосомозе. Но яйца паразита гораздо чаще проникают в другие органы (в том числе в головной мозг), поэтому заболевание протекает тяжело и часто заканчивается смертью.

Диагностика

Обнаружение яиц в фекалиях больного.

4. Общая характеристика класса Ленточные черви

Класс Ленточные черви (Cestoidea) насчитывает около 3500 видов. Все они являются облигатными паразитами, которые в половозрелом возрасте обитают в кишечнике человека и других позвоночных.

Тело (стробила) ленточного червя имеет лентовидную форму, сплющено в дорсо-вентральном направлении. Состоит из отдельных члеников – проглоттид. На переднем конце тела находится головка (сколекс), которая может быть округлой или уплощенной, далее следует несегментированная шейка. На головке располагаются органы прикрепления – присоски, крючья, присасывательные щели (ботрии).

Новые проглоттиды отпочковываются от шейки и отодвигаются назад. Таким образом, чем дальше от шейки, тем более зрелы членики. В молодых члениках органы и системы не дифференцированы.

В средней части стробилы располагаются зрелые членики с вполне развитой мужской и женской половыми системами (ленточные черви – гермафродиты).

Самые последние членики содержат почти исключительно матку с яйцами, а остальные органы представлены рудиментами. В процессе роста червя задние членики постепенно отрываются и выделяются в окружающую среду, а их место занимают молодые проглоттиды.

Строение тела ленточного червя во многом типично для плоских червей.

Но имеются и отличия. В связи с тем, что эти черви ведут исключительно паразитический образ жизни и обитают в кишечнике, пищеварительная система у них полностью отсутствует.

Поглощение питательных веществ из кишечника хозяина происходит осмотически всей поверхностью тела.

Жизненный цикл. Все ленточные черви имеют в своем развитии две стадии – половозрелую (обитают в организме окончательного хозяина) и личиночную (паразитируют в промежуточном хозяине). Первые стадии развития яйца происходят в матке. Здесь внутри оболочек яйца образуется шестикрючный зародыш – онко-сфера. С фекалиями хозяина яйцо попадает во внешнюю среду. Для дальнейшего развития яйцо должно попасть в пищеварительную систему промежуточного хозяина. Здесь яйцо с

помощью крючьев пробуравливает кишечную стенку и попадает в кровоток, откуда разносится по органам и тканям, где развивается в личинку – финну. Обычно она имеет внутри полость и сформировавшуюся головку. Заражение окончательных хозяев происходит при поедании мяса зараженных животных, в тканях которых находятся финны. В кишечнике окончательного хозяина под влиянием его пищеварительных ферментов оболочка финны растворяется, головка выворачивается наружу и прикрепляется к стенке кишки. От шейки начинаются образование новых члеников и рост паразита.

Основной хозяин не сильно страдает от этого паразита, который обитает в кишечнике. Но жизнедеятельность промежуточных хозяев может быть сильно нарушена, особенно если финны ленточного червя обитают у него в головном мозге, печени или легких.

Болезни, которые вызываются ленточными червями, называются цестодозами. Многие виды этих паразитов поражают только человека, но есть и такие, которые встречаются в природной обстановке. Для них характерно наличие природных очагов.

5. Цепни

Бычий цепень. Морфология, цикл развития, профилактика

Бычий, или невооруженный, цепень (*Taeniarhynchus saginatus*) – возбудитель тениаринхоза. Заболевание встречается повсеместно в районах, где население употребляет в пищу сырое или недостаточно прожаренное (проваренное) мясо крупного рогатого скота.

В половозрелой стадии бычий цепень достигает в длину 4–7 м. На головке имеется только 4 присоски, крючьев нет (отсюда название).

В средней части тела имеются гермафродитные членики квадратной формы. Матка не разветвляется, яичник имеет только две доли. В каждом членике до 1000 пузыревидных семенников. Зрелые членики на заднем конце туловища сильно вытянуты, матка в них образует огромное количество боковых ветвей и набита большим количеством яиц (до 175000.). Яйца содержат онкосферы (диаметр 10 мкм), покрытые тонкой оболочкой. Каждая онкосфера имеет 3 пары крючьев и толстую, радиально исчерченную оболочку.

Окончательный хозяин бычьего цепня – только человек, промежуточные хозяева – крупный рогатый скот. Животные заражаются, поедая траву, сено и другой корм с проглоттидами, которые вместе с фекалиями попадают туда от человека. В желудке скота из яиц выходят онкосферы, которые оседают в мышцах животных, формируя финны. Они носят названия цистицерков. Цистицерк представляет собой пузырек, заполненный жидкостью, внутрь которого ввернута головка с присосками. В мышцах скота финны могут сохраняться долгие годы.

Характерной особенностью паразита является способность его члеников активно выползать из заднепроходного отверстия поодиночке.

Человек заражается при поедании сырого или полусырого мяса зараженного животного. В желудке под влиянием кислой среды желудочного сока оболочка финны растворяется, наружу выходит личинка, которая прикрепляется к стенке кишечника.

Влияние на организм хозяина заключается в:

- 1) эффекте отнятия пищи;
- 2) интоксикации продуктами жизнедеятельности паразита;
- 3) нарушении баланса кишечной микрофлоры (дисбактериозе);
- 4) нарушении всасывания и синтеза витаминов;
- 5) механическом раздражении кишечника;
- 6) возможном развитии кишечной непроходимости;
- 7) воспалении стенки кишки.

Больные люди теряют в весе, у них отсутствует аппетит, их беспокоят боли в животе и нарушение деятельности кишечника (чередование запоров и поносов).

Диагностика

Обнаружение в фекалиях больного зрелых члеников, имеющих специфическое строение. Членики можно обнаружить и на теле и белье человека.

Профилактика.

1. Личная. Тщательная термическая обработка говядины и телятины.

2. Общественная. Строгий надзор за обработкой и продажей мяса на мясокомбинатах, бойнях, рынках. Проведение санитарно-просветительской работы с населением.

Свиной цепень. Морфология, цикл развития, профилактика

Свиной, или вооруженный, цепень (*Taenia solium*) – возбудитель тениоза. Заболевание встречается повсеместно в районах, где население употребляет в пищу сырое или недостаточно термически обработанное свиное мясо.

В теле человека паразит обитает в тонком кишечнике, может быть обнаружен в глазах, центральной нервной системе, печени, мышцах, легких.

Половозрелые формы достигают в длину 2–3 м. На головке имеются присоски, а также венчик из 22–32 крючьев.

Гермафродитные проглоттиды имеют мужской половой аппарат, который состоит из нескольких сотен семенников и извилистого семяизвергательного канала, переходящего в циррусную сумку.

Она переходит в клоаку и открывается наружу. Имеются отличительные признаки в строении женской половой системы. Яичник имеет третью дополнительную дольку и большее количество ветвей (7–12), что является важным диагностическим признаком. Яйца не отличаются от яиц бычьего цепня.

Жизненный цикл. Окончательный хозяин – только человек. Промежуточные хозяева – свинья, изредка человек. Характерная особенность: членики выделяются с фекалиями человека не по одному, а группами по 5–6 штук. При подсыхании яиц их оболочка лопается, яйца свободно рассеиваются. Этому процессу также способствуют мухи и птицы.

Свиньи заражаются, поедая нечистоты, в которых могут содержаться проглоттиды. В желудке свиней растворяется оболочка яйца, из него выходят шестикрючные онкосферы. По кровеносным сосудам они попадают в мышцы, где оседают и через 2 месяца превращаются в финны. Они носят названия цистицерков и представляют собой пузырек, заполненный жидкостью, внутрь которого ввернута головка с присосками. В свинине цистицерки имеют размер рисового зернышка и видны невооруженным глазом.

Заражение человека происходит при употреблении в пищу сырой или недостаточно термически обработанной свинины. Под действием пищеварительных соков оболочка цистицерки растворяется; выворачивается сколекс, который прикрепляется к стенке тонкого кишечника. Затем от шейки начинают образовываться новые проглоттиды. Через 2–3 месяца паразит достигает половой зрелости и начинает продуцировать яйца.

При этом заболевании довольно часто возникают обратная перистальтика кишечника и рвота. При этом зрелые членики попадают в желудок и перевариваются там под влиянием желудочного сока. Освободившиеся онкосферы попадают в сосуды кишечника и с током крови разносятся по органам и тканям. Могут попадать в печень, головной мозг, легкие, глаза, где формируют цистицерки. Цистицеркоз головного мозга часто является причиной смерти больных, а цистицеркоз глаз приводит к потере зрения.

Лечение цистицеркоза только хирургическое.

Диагностика

Обнаружение в фекалиях больного зрелых члеников, имеющих специфическое строение. Членики можно обнаружить и на теле и белье человека, так как они могут выползть из ануса и активно передвигаться.

Профилактика.

1. Личная. Тщательная термическая обработка свинины.

2. Общественная. Охрана пастбищ от заражения фекалиями человека. Строгий надзор за обработкой и продажей мяса на мясокомбинатах, бойнях, рынках.

Карликовый цепень. Морфология, цикл развития, профилактика

Карликовый цепень (*Hymenolepis nana*) – возбудитель гимено-лепидоза. Заболевание встречается повсеместно, особенно в странах с жарким и сухим климатом. Болеют преимущественно дети дошкольного возраста. В возрасте от 7 до 14 лет заболевание регистрируется редко, в более старшем почти не встречается. В организме человека обитает в тонком кишечнике.

Карликовый цепень имеет небольшую длину (1,5–2 см). Головка грушевидная, имеет 4 присоски и хоботок с венчиком из крючьев. Стробила содержит 200 и более члеников. Они очень нежные, поэтому разрушаются еще в кишечнике. В связи с этим в окружающую среду попадают только яйца. Размер яиц – до 40 мкм. Они бесцветны и имеют округлую форму.

Жизненный цикл паразита претерпел существенные изменения за время длительной адаптации к человеку. Этот паразит приобрел способность развиваться без смены хозяев в организме человека в течение длительного времени, не покидая его на стадии яйца. Таким образом, человек для карликового цепня является одновременно и промежуточным, и окончательным хозяином. Если человек проглатывает яйца карликового цепня при несоблюдении правил личной гигиены, они попадают в тонкий кишечник, где под влиянием пищеварительных ферментов растворяется их оболочка. Из яиц выходят онкосферы, которые внедряются в ворсинки тонкого кишечника, где из них развиваются цисти-церкоиды. Спереди они имеют вздутую часть с ввернутой головкой, а на заднем конце тела расположен хвостовидный придаток. Через несколько дней пораженные ворсинки разрушаются, и цисти-церкоиды выпадают в просвет кишки. Молодые особи прикрепляются к слизистой оболочке кишечника и достигают половой зрелости. Известны случаи, когда в кишечнике одного человека одновременно находилось до 1500 цепней. Яйца этого паразита могут не выделяться во внешнюю среду и превращаться в половозрелые особи уже в кишечнике. Сначала из них образуются цистицеркоиды, а затем взрослые цепни, т. е. возникает повторное самозаражение (аутореинвазия).

Патогенное действие. Разрушается часть ворсинок тонкого кишечника, что приводит к нарушению процессов пристеночного пищеварения. Кроме этого, организм отравляется продуктами жизнедеятельности гельминта. Нарушается деятельность кишечника, появляются боли в животе, поносы, головные боли, раздражительность, слабость, быстрая утомляемость.

Заболевание не может продолжаться бесконечно, так как организм человека способен вырабатывать иммунитет против паразита. Он затрудняет развитие последующих поколений паразита, особенно при аутореинвазии. После смены нескольких поколений происходит самоизлечение.

Диагностика

Обнаружение яиц карликового цепня в фекалиях больного. Профилактика.

1. Личная. Соблюдение правил личной гигиены, привитие гигиенических навыков детям.

2. Общественная. Тщательная уборка детских учреждений (особенно туалетов), стерилизация игрушек.

Необходима постоянная борьба с механическими переносчиками яиц, т. е. с насекомыми.

Эхинококк. Морфология, пути заражения, цикл развития, профилактика

Эхинококк (*Echinococcus granulosus*) – возбудитель эхино-коккоза. Заболевание встречается по всему земному шару, но чаще всего в тех странах, где развито животноводство.

Половозрелая форма паразита имеет длину 2–6 мм и состоит из 3–4 члеников.

Предпоследний гермафродитный (т. е. имеет женские и мужские половые органы). Последний членик является зрелым и содержит матку с яйцами в количестве до 5000, в которых находятся онкосферы. Яйца эхинококка по форме и размерам схожи с яйцами свиного и бычьего цепней. На головке (сколексе) имеются 4 присоски и хоботок с двумя венчиками из крючьев.

Жизненный цикл. Окончательные хозяева – хищные животные семейства Псовые (собаки, шакалы, волки, лисы). Промежуточные хозяева – травоядные животные (коровы, овцы), свиньи, верблюды, кролики и многие другие млекопитающие, а также человек. Окончательный хозяин заражается, поедая ткани зараженного промежуточного хозяина. Фекалии окончательных хозяев содержат яйца паразита. Кроме этого, зрелые членики эхинококка могут активно выползать из заднепроходного отверстия и распространяться по шерсти животных, оставляя на ней яйца. Это увеличивает вероятность загрязнения пастбищ.

Человек и другие промежуточные хозяева заражаются, проглатывая яйца (чаще всего они сначала попадают на руки с шерсти собак, а затем заносятся в рот). В пищеварительном тракте человека из яйца выходит онкосфера, которая проникает в кровеносное русло и с током крови разносится по органам и тканям. Там она превращается в финну. У эхинококка она представляет пузырь, нередко достигающий огромных размеров (до 20–30 см в диаметре). Стенка пузыря имеет наружную слоистую капсулу и внутреннюю паренхиматозную оболочку. На ней могут образовываться дочерние особи, которые отпочковываются от стенки. Внутри пузыря содержится жидкость с продуктами жизнедеятельности паразита.

Эхинококк оказывает весьма большое патогенное воздействие на организм человека. В личиночной стадии он может располагаться в самых разных органах: печени, головном мозге, легких, трубчатых костях. Финна может сдавливать органы, вызывая их атрофию. Ткани разрушаются, орган работает намного хуже. Во внутреннюю среду организма человека постоянно поступают продукты обмена веществ паразита, вызывая тяжелую интоксикацию. Опасен разрыв эхинококкового пузыря. Так как в нем содержится жидкость с продуктами диссимилиации паразита, при попадании ее в кровь может возникнуть токсический шок, что чревато гибелью больного. При этом дочерние сколексы обсеменяют ткани, вызывая развитие новых финн.

Лечение эхинококкоза только хирургическое. Диагностика

По реакции Кассони: подкожно вводят 0,2 мл стерильной жидкости из эхинококкового пузыря. Если в течение 3–5 мин образовавшийся пузырь увеличивается в пять раз, реакцию считают положительной.

Профилактика

Соблюдение правил личной гигиены, особенно при общении с животными. Уничтожение бродячих собак, обследование и лечение домашних и служебных животных. Уничтожение трупов больных животных.

Широкий лентец. Морфология, пути заражения, цикл развития, профилактика
Широкий лентец (*Diphyllobotrium latum*) – возбудитель ди-филлоботриоза. Заболевание встречается в основном в странах с умеренным климатом. В России – по берегам Волги, Днестра и других крупных рек.

В организме человека паразит локализуется в тонком кишечнике.

В половозрелом состоянии паразит имеет длину до 7–10 м и более. Головка паразита (сколекс) лишена присосок. К стенке кишечника он прикрепляется с помощью двух ботрий, или присасывательных щелей, которые имеют вид бороздок. Проглоттиды в ширину больше, чем в длину. Матка имеет характерную розетко-видную форму и небольшие размеры. Она контактирует с внешней средой с помощью отверстия на переднем крае каждой проглоттиды. Поэтому созревающие яйца могут свободно выходить из нее наружу. Яйца широкого лентеца широкие, овальные, размером до 70 мкм,

желтовато-коричневого цвета. На одном полюсе они имеют крышечку, на другом – небольшой бугорок.

Жизненный цикл паразита наиболее древний среди ленточных червей. У него сохраняется личиночная стадия, активно плавающая в воде, – корацидий. Имеются два промежуточных хозяина, которые обитают в воде, – мелкие пресноводные ракообразные (*Cyclops* и *Diatomus*) и рыбы, ими питающиеся. Окончательные хозяева – человек и плотоядные млекопитающие (кошки, рыси, лисы, песцы, собаки, медведи и др.).

Яйца попадают в воду с фекалиями человека. Через 3–5 недель из яйца выходит подвижный, покрытый ресничками корацидий, который имеет 3 пары крючьев. Корацидии заглатываются рачками (первый промежуточный хозяин), в кишечнике которых они теряют реснички и превращаются в личинку – процеркоид. Процеркоид имеет удлиненную форму тела и 6 крючьев. Если рачка проглатывает рыба (второй промежуточный хозяин), в ее мышцах процеркоид переходит в следующую (личиночную) стадию – плероцеркоид.

Человек заражается при употреблении в пищу сырой или полусырой рыбы или свежесолёной икры. При солении, мариновании, жарке мяса плероцеркоиды погибают.

Дифиллоботриоз – опасное заболевание. Паразит ущемляет своими присасывательными щелями слизистую и может вызвать ее омертвление. За счет больших размеров гельминта часто возникает кишечная непроходимость. Появляется эффект отнятия пищи: паразит потребляет питательные вещества из кишечника, а человек их не получает (возникает истощение). Интоксикация является следствием выброса токсических продуктов жизни паразита в кровь. Часто возникает дисбактериоз, так как паразит находится в антагонизме с нормальной кишечной микрофлорой. Возникает нарушение всасывания витамина В12 из кишечника, вследствие чего может возникнуть тяжелая форма В12 — дефицитная анемия фолиевой кислоты.

Диагностика. Обнаружение яиц и обрывков зрелых члеников широкого лентеца в фекалиях.

Профилактика.

1. Личная. Отказ от употребления сырой рыбы (что часто встречается как сложившаяся культурная традиция у народов Крайнего Севера), тщательная термообработка рыбы.

2. Общественная. Охрана водоемов от фекального загрязнения.

ЛЕКЦИЯ № 7. Тип Круглые черви (Nemathelminthes)

1. Особенности строения

Описано более 500 000. видов круглых червей. Обитают они в разных средах: морских и пресных водах, почве, разлагающихся органических субстратах и др. Многие черви приспособились к паразитическому образу жизни.

Главные ароморфозы типа:

- 1) первичная полость тела;
- 2) наличие заднего отдела кишечника и анального отверстия;
- 3) раздельнополость.

У всех круглых червей тело несегментированное, имеет в поперечном сечении более или менее округлую форму. Тело трехслойное, развивается из эндо-, мезо- и эктодермы. Имеется кожно-мышечный мешок. Он состоит из наружной нерастяжимой плотной кутикулы, гиподермы (представленной единой многоядерной цитоплазматической массой без границ между клетками – синцитием) и одного слоя продольных гладкомышечных волокон. Кутикула играет роль наружного скелета (опоры для мышц), защищает от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. В гиподерме активно протекают процессы обмена веществ. Она же задерживает все токсические для гельминта продукты. Мышечный слой состоит из отдельных клеток, которые сгруппированы в 4 тяжа продольных мышц – спинной, брюшной и два боковых.

Круглые черви имеют первичную полость тела – псевдоцель, которая заполнена жидкостью. В ней расположены все внутренние органы. Они образуют пять дифференцированных систем – пищеварительную, выделительную, нервную, половую и мышечную. Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют. Кроме этого, жидкость придает телу упругость, играет роль гидроскелета и обеспечивает обмен веществ между внутренними органами.

Пищеварительная система представлена в виде сквозной трубки, которая начинается ротовым отверстием, окруженным кутикулярными губами, на переднем конце тела, а заканчивается – анальным отверстием на заднем конце тела. Пищеварительная трубка состоит из трех отделов – переднего, среднего и заднего. У остриц имеется бульбус – расширение пищевода.

Нервная система состоит из головных ганглиев, окологлоточного кольца и отходящих от него нервных стволов – спинного, брюшного и двух боковых. Наиболее развиты спинной и брюшной нервные стволы. Между стволами имеются соединительные перемычки. Органы чувств развиты очень слабо, представлены осязательными бугорками и органами химического чувства.

Выделительная система построена по типу протонефридиев, но количество выделительных клеток гораздо меньше. Функцией выделения обладают также особые фагоцитарные клетки, которые накапливают продукты обмена веществ и инородные тела, попавшие в полость тела.

У круглых червей появляется раздельнополость. Половые органы имеют трубчатое строение. У самки они обычно парные, у самца – непарные. Мужской половой аппарат состоит из семенника, семяпровода, который переходит в семяизвергательный канал. Он открывается в заднюю кишку. Женский половой аппарат начинается парными яичниками, далее идут два яйцевода в виде трубок и парные матки, которые соединяются в общее влагалище. Размножение круглых червей только половое.

Количество клеток, входящих в состав тела круглых червей, всегда ограничено.

Поэтому они имеют небольшие возможности в плане роста и регенерации.

Медицинское значение имеют представители только одного класса – собственно Круглые черви. Выделяют биогельминтов, которые развиваются с участием

промежуточных хозяев, и геогельминтов, сохранивших связь с внешней средой (их яйца или личинки развиваются в почве).

2. Круглые черви – паразиты человека Аскарида

Аскарида человеческая (*Ascaris lumbricoides*) – возбудитель аскаридоза. Заболевание распространено практически повсеместно. Вид аскариды человеческой близок по морфологии к свиной аскариде, которая встречается в Юго-Восточной Азии, где может легко заражать человека, а человеческая аскарида – свиней.

Человеческая аскарида – это крупный геогельминт, самки которого достигают в половозрелом состоянии длины 40 см, а самцы – 20 см. Тело аскариды цилиндрическое, сужено к концам. У самца задний конец тела спирально закручен на брюшную сторону.

Зрелые яйца паразита имеют овальную форму, окружены толстой многослойной оболочкой, бугристые. Имеют желтовато-коричневый цвет, размеры до 60 мкм.

Аскарида человеческая – это геогельминт, который паразитирует почти исключительно у человека. Оплодотворенные яйца выводятся из организма человека с фекалиями и для дальнейшего развития должны попасть в почву. Яйца созревают при высокой влажности, наличии кислорода и оптимальной температуре 24–25 °С через 2–3 недели. Они резистентны к действию неблагоприятных факторов окружающей среды (могут сохранять жизнеспособность в течение 6 лет и более).

Человек заражается аскаридами чаще всего через немытые овощи и фрукты, на которых находятся яйца. В кишечнике человека из яйца выходит личинка, которая прodelывает сложные миграции по организму человека. Она прободает стенку кишечника, проникает сначала в вены большого круга кровообращения, потом через печень, правое предсердие и желудочек попадает в легкие. Из капилляров легких она выходит в альвеолы, затем в бронхи и трахею. Это вызывает формирование кашлевого рефлекса, что способствует попаданию паразита в глотку и вторичному заглатыванию со слюной. Попад в кишечник человека повторно, личинка превращается в половозрелую форму, которая способна размножиться и живет около года. Число аскарид, одновременно паразитирующих в кишечнике одного человека, может достигать нескольких сотен или даже тысяч. При этом одна самка за сутки дает до 240 000. яиц.

Патогенное действие. Общая интоксикация продуктами жизнедеятельности аскарид, которые весьма токсичны. Развиваются головная боль, слабость, сонливость, раздражительность, снижаются память и работоспособность. Инвазия большим количеством аскарид может привести к развитию механической кишечной непроходимости, аппендицита, закупорке желчных протоков (при этом развивается механическая желтуха), в печени могут образовываться абсцессы. Известны случаи атипичной локализации аскарид в ухе, горле, печени, сердце. При этом необходимо срочное хирургическое вмешательство. Мигрирующие личинки вызывают разрушение ткани легкого и формирование очагов гнойной инфекции.

Диагностика.

Обнаружение яиц аскариды человеческой в фекалиях больного. Профилактика

1. Личная. Соблюдение правил личной гигиены, тщательное мытье овощей, ягод, фруктов, короткая стрижка ногтей, под которыми могут быть яйца паразита.

2. Общественная. Санитарно-просветительская работа. Запрет удобрения огородов и ягодников фекалиями, не прошедшими специальной обработки.

Острица

Острица детская (*Enterobius vermicularis*) – возбудитель энте-робииоза. Заболевание повсеместно распространено, чаще встречается в детских коллективах (отсюда и название).

Острица – мелкий червь белого цвета. Половозрелые самки достигают в длину 10 мм, самцы – 2–5 мм. Тело прямое, заостренное кзади. Задний конец тела самца спирально

закручен. Яйца острицы бесцветные и прозрачные, овальной формы, несимметричные, уплощенные с одной стороны. Размеры яиц – до 50 мкм.

Острица паразитирует только в организме человека, где половозрелая особь локализуется в нижних отделах тонкого кишечника, питаясь его содержимым. Смены хозяев не происходит. Самка со зрелыми яйцами ночью выходит их заднепроходного отверстия и откладывает в складках ануса огромное количество яиц (до 15000.), после чего погибает. Ползание паразита по коже вызывает зуд.

Характерно, что яйца достигают инвазионной зрелости уже через несколько часов после откладывания. Лица, болеющие энтеробиозом, во сне расчесывают зудящие места, при этом под ногти попадает огромное количество яиц.

С рук они заносятся самим же больным в рот (возникает аутореинвазия) или рассеиваются по поверхности белья и предметам. При проглатывании яиц они попадают в тонкий кишечник, где быстро развиваются половозрелые паразиты. Продолжительность жизни взрослой острицы составляет 56–58 суток. Если за это время не произошло нового самозаражения, наступает самоизлечение человека.

Патогенное действие. За счет зуда промежности у детей часто возникают плохой сон, недосыпание, раздражительность, ухудшение самочувствия, часто снижается успеваемость в школе. При проникновении паразита в червеобразный отросток возможно воспаление последнего, т. е. развитие аппендицита (что бывает чаще, чем при аскаридозе).

Так как паразиты располагаются на поверхности слизистой тонкого кишечника, возможны ее воспаление и нарушение целостности стенки кишки. Эффект отнятия пищи чаще всего не развивается, так как паразит имеет малые размеры и не требует такого количества питательного материала, как, например, ленточные черви.

Диагностика

Диагноз ставится на основании обнаружения яиц острицы в материале с перианальных складок и при обнаружении паразитов, выползающих из ануса. В испражнениях больных энтеробиозом острицы и их яйца чаще всего отсутствуют.

Профилактика

1. Личная. Тщательное соблюдение правил личной гигиены, санитарное просвещение населения. Тщательное мытье рук, особенно перед едой и после сна, короткая стрижка ногтей. Больным детям на ночь нужно надевать трусики, которые утром тщательно стирать и проглаживать (острицы не выносят высоких температур).

2. Общественная. Регулярное обследование детей (особенно в организованных коллективах) и персонала, работников предприятий общественного питания на энтеробиоз.

Власоглав

Власоглав человеческий (*Trichocephalus trichiurus*) – возбудитель трихоцефалеза. Заболевание имеет довольно широкое, практически повсеместное распространение. Возбудитель локализуется в нижних отделах тонкого кишечника (преимущественно в слепой кишке), верхних отделах толстого кишечника.

Половозрелая особь власоглава имеет в длину до 3–5 см. Передний конец туловища значительно уже заднего и нитевидно вытянут. В нем находится только пищевод. Задний конец тела самца спирально закручен и утолщен. В нем расположены половая система и кишечник. Яйца власоглава по форме напоминают бочонки, на концах имеются крышки в виде пробок. Яйца светлые, прозрачные, длиной до 50 мкм. Продолжительность жизни паразита составляет до 6 лет.

Власоглав паразитирует только в организме человека. Смены хозяев не происходит. Это типичный геогельминт, который развивается без миграции (в отличие от аскариды человеческой). Для дальнейшего развития яйца гельминта с фекалиями человека должны попасть во внешнюю среду. Развиваются они в почве в условиях повышенной влажности и достаточно высокой температуры. Яйца достигают инвазионности уже через 3–4 недели после попадания в почву. В яйце формируется личинка. Заражение человека происходит

при проглатывании яиц, содержащих личинки власоглава. Это возможно при употреблении загрязненных яйцами овощей, ягод, фруктов или другой пищи, а также воды.

В кишечнике человека под действием пищеварительных ферментов оболочка яйца растворяется, из него выходит личинка. Половой зрелости паразит достигает в кишечнике человека через несколько недель после заражения.

Патогенное действие. Паразит располагается в кишечнике, где питается кровью человека. Содержимое кишечника он не поглощает, в связи с этим выведение этого паразита из организма человека довольно сложное и требует от врача особой настойчивости (препараты, вводимые перорально, не действуют на паразита). Передний конец тела власоглава довольно глубоко погружается в стенку кишки, что может в значительной степени нарушать ее целостность и вызывать воспаление. Происходит интоксикация организма человека продуктами жизнедеятельности паразита: появляются головные боли, повышенная утомляемость, снижение работоспособности, сонливость, раздражительность. Нарушается функция кишечника, возникают боли в животе, могут быть судороги. Так как паразит питается кровью, может возникать малокровие (анемия). Часто развивается дисбактериоз. При массивной инвазии власоглавы могут вызвать воспалительные изменения в червеобразном отростке (аппендиците).

Диагностика

Обнаружение яиц власоглава в фекалиях больного человека. Профилактика.

1. Личная. Соблюдения правил личной гигиены, тщательное мытье овощей, ягод и фруктов.

2. Общественная. Санитарно-просветительская работа с населением, благоустройство общественных уборных и предприятий общественного питания.

Трихинелла

Трихинелла (*Trichinella spiralis*) – возбудитель трихинеллеза. Заболевание эпизодически встречается повсеместно на всех континентах и во всех климатических зонах, но существуют определенные природные очаги. В России почти все случаи трихинеллеза встречались в зоне лесов, что говорит о том, что заболевание является природно-очаговым и связано с определенными видами животных, которые на данной территории являются природным резервуаром паразита.

Локализация. Личинки трихинелл обитают в поперечно-полосатой мускулатуре, а половозрелые особи – в тонком кишечнике, где залегают между ворсинок, передним концом тела проникая в лимфатические капилляры.

Морфологически трихинелла – это очень мелкий паразит: самки имеют в длину до 2,5–3,5 мм, а самцы – 1,4–1,6 мм.

Жизненный цикл. Трихинелла – это типичный биогельминт, жизненный цикл которого связан только с организмом хозяина. Попадание в окружающую среду для дальнейшего развития и заражения вовсе не обязательно. Кроме организма человека, трихинеллы паразитируют у свиней, крыс, кошек и собак, волков, медведей, лис и многих других диких и домашних млекопитающих. Любое животное, в организме которого живут трихинеллы, одновременно является и промежуточным, и окончательным хозяином.

Распространение заболевания обычно происходит при поедании животными зараженного мяса. Проглоченные личинки в кишечнике быстро достигают половой зрелости в тонком кишечнике хозяина.

После оплодотворения в кишечнике самцы быстро погибают, а самки на протяжении 2 месяцев рожают около 1500–2000 живых личинок, после чего также гибнут. Личинки пробуравливают стенку кишки, проникают в лимфатическую систему, затем с током крови разносятся по всему организму, но оседают преимущественно в определенных группах мышц: диафрагме, межреберных, жевательных, дельтовидных, икроножных. Период миграции обычно составляет 2–6 недель. Проникнув в мышечные

волокна (часть которых при этом погибает), личинки спирально закручиваются и инкапсулируются (оболочка обызвествляется). В таких плотных капсулах личинки могут жить несколько десятков лет.

Человек заражается при употреблении мяса животных, пораженных трихинеллезом. Термическое воздействие на мясо при обычной кулинарной обработке не оказывает губительного влияния на паразита.

Патогенное действие. Клинические проявления заболевания различны: от бессимптомного течения до летального исхода, что зависит в первую очередь от количества личинок в организме. Инкубационный период – 5—45 дней. Наблюдается общее токсико-аллергическое действие на организм (воздействие продуктов жизнедеятельности паразита и развитие реакций иммунной системы на него). Важно механическое влияние паразита на мышечные волокна, что отражается на работе мышц.

Диагностика

Анамнестически – употребление мяса диких животных или непроверенного мяса. Исследование биоптата мышц на наличие паразита. Применяются иммунологические реакции.

Профилактика

Термическая обработка мяса. Не следует употреблять в пищу не проверенное ветеринарной службой мясо. Санитарный надзор в свиноводстве, проверка свинины.

Анкилостома (кривоголовка)

Кривоголовка двенадцатиперстной кишки (*Ancylostoma duodenale*) – возбудитель анкилостомидоза. Заболевание распространено повсеместно в зонах субтропического и тропического климата с высокими температурами и влажностью. Имеются случаи возникновения очагов заболевания в зонах умеренного климата при условиях повышенной влажности почвы и ее загрязнения фекалиями.

Анкилостомы – это паразиты червеобразной формы красноватого цвета. Самка имеет длину 10–18 мм, самцы – 8–10 мм. Передний конец загнут на спинную сторону (отсюда и название). На головном конце паразита имеется ротовая капсула с 4 хитиновыми зубами. Яйца кривоголовки овальные, прозрачные, с притупленными полюсами, размерами до 60 мкм.

Продолжительность жизни паразита – 4–5 лет. В организме человека обитает в тонком кишечнике (преимущественно в двенадцатиперстной кишке).

Относится к геогельминтам, которые в организме человека проходят миграцию (подобно аскариде). Паразитирует только у человека. Оплодотворенные яйца с фекалиями попадают в окружающую среду, где при благоприятных условиях через сутки из них выходят личинки, называемые рабдитными. Они неинвазивны. Личинки активно питаются фекалиями и гниющими органическими веществами и два раза линяют. После этого личинка приобретает инвазивность (это филяриевидные личинки). В организм человека они могут попасть через рот с загрязненной пищей и водой. Но чаще всего личинки активно внедряются через кожу. Так как заражение происходит в основном при соприкосновении с почвой, чаще всего заражаются лица тех профессий, которые связаны с землей (это землекопы, огородники, шахтеры и др.).

В организме человека происходит миграция личинок. Сначала они проникают из кишечника в кровеносные сосуды, отсюда в сердце и легкие. Поднимаясь по бронхам и трахее, они проникают в глотку, вызывая развитие кашлевого рефлекса. Повторное заглатывание личинок со слюной приводит к тому, что они вновь попадают в кишечник, где поселяются в двенадцатиперстной кишке.

Своей ротовой капсулой кривоголовка захватывает небольшой участок слизистой оболочки и, повреждая ее ворсинки, питается кровью. Паразиты выделяют антикоагулянтные вещества, которые препятствуют свертыванию крови, поэтому могут возникать кишечные кровотечения.

Патогенное действие. Возникает интоксикация организма продуктами

жизнедеятельности паразита. Возможно развитие массивных (за счет длительности) кишечных кровотечений, которые приводят к выраженной анемии. Возможно развитие аллергии на паразита. Появляются боли в животе, расстройства пищеварения, головные боли, слабость, утомляемость. Дети могут заметно отставать в развитии. При отсутствии должного лечения возможен летальный исход.

Диагностика

Обнаружение личинок и яиц в фекалиях

больного. Профилактика.

1. Личная. Не следует ходить без обуви по земле в тех районах, где распространен анкилостомидоз.

2. Общественная. Раннее выявление и лечение больных анкило-стомидозом. В шахтах должна проводиться борьба с паразитами. Все шахтеры должны иметь фляги с чистой водой.

Ришта

Ришта (*Dracunculus medinensis*) – возбудитель драгункулеза. Заболевание широко распространено в странах с тропическим и субтропическим климатом (в Ираке, Индии, экваториальной Африке и др.). Раньше встречалось только в Средней Азии.

Паразит имеет нитевидную форму, длина самки – от 30 до 150 см при толщине 1–1,7 мм, самец – только до 2 см длиной.

Жизненный цикл паразита связан со сменой хозяев и водной средой. Окончательный хозяин – человек, а также обезьяна, иногда – собака и другие дикие и домашние млекопитающие. Промежуточный хозяин – рачки-циклопы. У человека паразит локализуется в подкожной жировой клетчатке преимущественно нижних конечностей. Описаны случаи нахождения ришт под серозной оболочкой желудка, пищевода, мозговыми оболочками.

Самки ришты живородящие. Над передним концом тела самки образуется огромный пузырь, заполненный серозной жидкостью. При этом возникает нарыв, человек ощущает сильнейший зуд. Он проходит при соприкосновении кожи с водой. При опускании ног в воду пузырь лопаются, из него выходит огромное количество живых личинок. Их дальнейшее развитие возможно при попадании в организм циклопов, которые этих личинок заглатывают. В теле циклопа личинки превращаются в микрофиллярии. При питье зараженной воды окончательный хозяин может проглотить циклопа с микрофилляриями. В желудке этого хозяина циклоп переваривается, а микрофиллярия ришты попадает сначала в кишечник, где прободает его стенку и проникает в кровоток. С током крови они заносятся в подкожную жировую клетчатку, где достигают половой зрелости примерно через 1 год и начинают производить личинок.

Развитие паразита в организме зараженных людей происходит синхронно (с интервалом в 1 год). Личинки появляются у самок примерно в одинаковое время у всех носителей паразита. Этим достигается одновременное заражение большого количества циклопов, что повышает вероятность проникновения паразита в организм окончательного хозяина в условиях засушливого климата с редкими дождями.

Патогенное действие. В местах расположения паразита появляются сильный зуд и отвердение кожи. Если паразит расположен рядом с суставом, нарушается его подвижность: больной не может ходить. Возникают болезненные язвы и нарывы на коже, которые могут осложняться вторичной инфекцией. Паразит оказывает также общетоксическое и аллергическое действие на человека за счет выделения в кровь продуктов своего обмена.

Диагностика. При типичной локализации паразита до образования язв на коже возможно визуальное обнаружение половозрелых форм, которые имеют вид извитых, хорошо заметных валиков под кожей. При атипичной локализации (например в серозных и мозговых оболочках) требуется постановка иммунологических проб.

Профилактика.

1. Личная. Не следует пить нефilterованную и некипяченую воду из открытых водоемов в очагах заболевания.

2. Общественная. Своевременное выявление и лечение больных, охрана мест водоснабжения, организация водопроводов в общественных местах.

Есть старинная поговорка: «Если попьет святой воды в Бухаре, прорвется и у него ришта на ноге». Круглые черви – биогельминты

Биогельминты – это паразиты, которые развиваются при участии промежуточных хозяев. Среди круглых червей только относительно небольшая группа паразитов нуждается в переносчиках, т. е. передается трансмиссивно. Все они встречаются в тропическом и субтропическом климате. Относятся к семейству Fil-lariodea и вызывают сходные заболевания – филляриатозы.

Роль основного хозяина выполняют человек, человекообразные обезьяны и другие млекопитающие. Переносчики – кровососущие насекомые (комары, мошки, слепни, мокрецы).

Половозрелые особи (филлярии) обитают в тканях внутренней среды. Они рожают личинки (микрофиллярии), которые периодически поступают в кровь и лимфу. При укусе кровососущим насекомым личинки поступают в его желудок, оттуда – в мышцы, где достигают инвазионности и переходят в хоботок насекомого. При укусе основного хозяина переносчик заражает его паразитом в инвазионной стадии. Так как в организме переносчиков происходит и развитие паразита, он одновременно является и промежуточным хозяином (они всегда специфичны для каждого вида филлярий).

Выход филлярий в кровяное русло всегда сочетается со временем максимальной активности переносчика. Если переносчиками являются комары, личинки выходят в кровотоки вечером и ночью, если слепни, то они выходят преимущественно днем и утром. Когда филлярии переносятся мокрецами или мошками, выход паразита лишен периодичности, так как жизнедеятельность мокрецов определяется в основном влажностью.

Основные виды филлярий – паразитов человека.

1. *Wuchereria bancrofti*. Встречается в экваториальной Африке, Азии, Южной Америке. Переносчики – комары. Окончательный хозяин – человек, а также обезьяны. В их организме паразиты локализуются в лимфоузлах и сосудах, вызывая застой крови и лимфы, появляются слоновость, аллергияция.

2. *Brugia malayi*. Распространена в Юго-Восточной Азии. Переносчики – комары. Окончательный хозяин – человек, а также высшие обезьяны, кошачьи. Локализация и патогенное действие такие же, как у *Wuchereria bancrofti*.

3. *Onchocerca volvulus*. Встречается в экваториальной Африке, Центральной, Северной и Южной Америке. Переносчики – мошки. Окончательный хозяин – человек. В организме паразиты локализуются под кожей груди, головы, конечностей, вызывают образование болезненных узелков. При локализации в области глаз возможна слепота.

4. *Loa loa*. Распространена в Западной Африке. Переносчики – слепни. Окончательный хозяин – человек, а также обезьяны. Локализация в организме: под кожей и слизистыми оболочками, где возникают болезненные узелки и нарывы.

5. *Mansonella*. Встречается в Центральной и Южной Америке. Переносчики – мокрецы. Окончательный хозяин – человек, в организме которого паразит локализуется в жировой ткани, под серозными оболочками, в брыжейке кишечника.

6. *Acantocheilonema*. От предыдущего заболевания отличается ареалом паразита: это Южная Америка, экваториальная Африка.

Диагностика обнаружение в крови микрофиллярий. Кровь нужно брать в то время суток, когда обнаружение паразита вероянее всего.

Профилактика.

Борьба с переносчиками. Раннее выявление и лечение больных.

ЛЕКЦИЯ № 8. Тип Членистоногие

1. Разнообразие и морфология членистоногих

К членистоногим Arthropoda относится более 1 500 000 млн видов. Наибольшее медицинское значение имеют представители классов Паукообразные (их изучает арахнология) и Насекомые (их изучает энтомология), изучением патогенного действия которых занимается раздел медицинской паразитологии – арах-ноэнтмология. Среди представителей этих классов встречаются постоянные и временные паразиты человека, промежуточные хозяева других паразитов, переносчики инфекционных и паразитарных заболеваний, ядовитые и опасные для человека виды (скорпионы, пауки и др.). Класс Ракообразные содержит лишь некоторые виды, которые являются промежуточными хозяевами для некоторых гельминтов (например, сосальщиков).

Ароморфозы типа Членистоногие:

- 1) наружный скелет;
- 2) членистые конечности;
- 3) поперечно-полосатая мускулатура;
- 4) обособление и специализация мышц.

Тип Членистоногие включает в себя подтипы Жабернодышащие (медицинское значение имеет класс Ракообразные), Хелице-ровые (класс Паукообразные) и Трахейнодышащие (класс Насекомые).

В классе Паукообразные медицинское значение имеют представители отрядов скорпионы (Scorpiones), Пауки (Arachnei) и Клещи (Acari).

Морфология

Для членистоногих характерна трехслойность тела, т. е. развитие из трех зародышевых листков. Имеются билатеральная симметрия и гетерономная членистость тела (сегменты тела имеют разное строение и выполняемые функции). Характерно наличие метамерно расположенных членистых конечностей. Тело состоит из сегментов, которые формируют три отдела – голову, грудь и брюшко. Некоторые виды имеют единую головогрудь, у других сливаются все три отдела. Членистые конечности работают по принципу рычага. Имеется наружный хитиновый покров, который выполняет защитную роль и предназначен для прикрепления мышц (наружный скелет). В силу нерастяжимости хитинизированной кутикулы рост членистоногих связан с линькой. У высших ракообразных хитин пропитан солями кальция, у насекомых – белками. Полость тела – миксоцель, образуется в результате слияния первичной и вторичной эмбриональных полостей.

Характерно наличие пищеварительной, выделительной, дыхательной, кровеносной, нервной, эндокринной и половой систем.

Пищеварительная система имеет три отдела – передний, средний и задний. Заканчивается анальным отверстием. В среднем отделе имеются сложные пищеварительные железы. Передний и задний отделы имеют кутикулярную выстилку. Характерно наличие сложно устроенного ротового аппарата.

Выделительная система у разных видов построена по-разному. Представлена видоизмененными метанефридиями (зелеными или коксальными железами) или мальпигиевыми сосудами.

Строение органов дыхания зависит от той среды, где обитает животное. У водных представителей – это жабры, у наземных видов – мешковидные легкие или трахеи. Жабры и легкие являются видоизмененными конечностями, трахеи – впячиваниями покровов.

Кровеносная система незамкнутая. На спинной стороне тела имеется пульсирующее сердце. Кровь переносит только питательные вещества, но не кислород.

Нервная система построена из головного нервного узла, окологлоточных комиссур и брюшной нервной цепочки из частично сросшихся нервных узлов. Самые крупные

ганглии – подглоточный и надглоточный – расположены на переднем конце тела. Прекрасно развиты органы чувств – обоняния, осязания, вкуса, зрения, слуха, органы равновесия.

Имеются эндокринные железы, которые, как и нервной система, играют регуляторную

роль.

Большинство представителей типа раздельнополы. Выражен половой диморфизм.

Размножение только половое. Развитие прямое или непрямое, в последнем случае – с полным или неполным метаморфозом.

2. Клещи

Относятся к подтипу Хелицеровые, классу Паукообразные. Представители этого отряда имеют несегментированное тело овальной или шаровидной формы. Оно покрыто хитинизированной кутикулой. Имеется 6 пар конечностей: 2 первые пары (хелицеры и педипальпы) сближены и образуют сложно устроенный хоботок. Педипальпы также выполняют функцию органов осязания и обоняния. Остальные 4 пары конечностей служат для передвижения, это ходильные ножки.

Пищеварительная система приспособлена к питанию полужидкой и жидкой пищей. В связи с этим глотка паукообразных служит сосательным аппаратом. Имеются железы, которые вырабатывают слюну, застывающую при укусе клеща.

Дыхательная система состоит из листовидных легких и трахей, которые открываются на боковой поверхности тела отверстиями – стигмами. Трахеи образуют систему разветвленных трубочек, которые подходят ко всем органам и несут кислород непосредственно к ним.

Кровеносная система у клещей построена наименее просто по сравнению с другими паукообразными. У них она либо отсутствует вовсе, либо состоит из мешковидного сердца с отверстиями.

Нервная система характеризуется высокой концентрацией составляющих ее частей. У некоторых видов клещей вся нервная система сливается в один головогрудный ганглий.

Все паукообразные являются раздельнополыми. При этом половой диморфизм выражен довольно ярко.

Развитие клещей протекает с метаморфозом. Половозрелая самка откладывает яйца, из которых вылупляются личинки, имеющие 3 пары ног. Также у них нет стигм, трахей и полового отверстия. После первой линьки личинка превращается в нимфу, у которой есть 4 пары ног, но, в отличие от взрослой стадии (имаго), у нее все еще недоразвиты половые железы. В зависимости от вида клеща может наблюдаться одна нимфальная стадия или несколько. После последней линьки нимфа превращается в имаго.

Среди клещей есть свободноживущие виды, которые являются хищниками. Есть виды, которые являются паразитами человека, животных и растений. Многие болезни культурных растений вызываются клещами различных видов. Некоторые клещи приспособились к проживанию в человеческом жилище. Это домашние клещи. Другие клещи приспособились к временному эктопаразитизму (т. е. к обитанию на поверхности тела человека и других животных). Однако большую часть своей жизни они все же проводят в естественной среде обитания, поэтому эти виды не претерпели глубокой дегенерации строения. К ним можно отнести представителей семейств Иксодовые и Аргазовые.

Небольшая часть видов приспособилась к постоянному паразитизму на человеке. Именно они и претерпели наиболее глубокую дегенерацию строения и адаптацию к паразитизму. К ним относятся чесоточный зудень (возбудитель чесотки) и железница угревая, которая обитает в сальных железах и фолликулах кожи.

Чесоточный зудень

Чесоточный зудень (*Sarcoptes scabiei*) – возбудитель чесотки человека (*scabies*).

Относится к постоянным паразитам человека, в организме которого обитает в роговом слое эпидермиса. Заболевание распространено повсеместно, так как паразит неразрывно связан с человеком. Близкие виды могут вызывать также чесотку у домашних и диких животных, но строгой специфичности по отношению к хозяину они не имеют, поэтому на человеке могут паразитировать чесоточные зудни собак, кошек, лошадей, свиней, овец, коз и др. Они живут недолго, но вызывают характерные изменения на коже.

Размеры паразита микроскопические: длина самки – до 0,4 мм, самца – около 0,3 мм. Все тело покрыто щетинками разной длины, на конечностях имеются присоски. Конечности сильно редуцированы. Ротовой аппарат приспособлен к прогрызанию ходов в коже человека, куда самка откладывает яйца (до 50 штук за всю жизнь, которая длится до 15 суток). Здесь же протекает и метаморфоз (за 1–2 недели). Для проникновения в кожу паразит выбирает самые нежные места: межпальцевые промежутки, половые органы, подмышечные впадины, живот. Длина хода, который проделывает самка, достигает 2–3 мм (самцы ходов не делают). Когда клещи перемещаются в толще кожи, они раздражают нервные окончания, что вызывает нестерпимый зуд. Деятельность клещей усиливается к ночи. При расчесывании ходы клещей вскрываются. Личинки, яйца и взрослые клещи при этом рассеиваются по белью больного и окружающим предметам, что может способствовать заражению здоровых лиц. Заразиться чесоткой можно при пользовании личной одеждой, постельным бельем и вещами больного человека.

Диагностика

Поражения этими клещами очень характерны. На коже обнаруживаются прямые или извитые полоски грязно-белого цвета. На одном их конце можно найти пузырек, в котором находится самка. Его содержимое можно перенести на предметное стекло и микроскопировать в капле глицерина.

Профилактика

Соблюдение правил личной гигиены, поддержание чистоты тела. Раннее выявление и лечение больных, дезинфекция их белья и личных вещей, санитарное просвещение. Санитарный надзор за общежитиями, общественными банями и др.

Железница угревая

Железница угревая (*Demodex folliculorum*) – возбудитель де-модекоза. Обитает в сальных железах, волосяных фолликулах кожи лица, шеи и плеч, располагаясь группами. У ослабленных людей, склонных к аллергии, паразит может активно размножаться. При этом происходит закупорка протоков желез и развивается массивная угревая сыпь.

У здоровых людей с хорошим иммунитетом заболевание может протекать бессимптомно. Расселение паразита происходит при пользовании общим бельем и предметами личной гигиены.

Диагностика

Выдавленное содержимое железы или волосяного фолликула микроскопируют на предметном стекле. Можно обнаружить взрослого паразита, личинку, нимфы и яйца.

Профилактика

Соблюдение правил личной гигиены. Лечение основного заболевания, вызывающего ослабление иммунитета. Выявление и лечение больных.

3. Клещи – обитатели жилища человека

Эти клещи приспособились к обитанию в человеческом жилище, где находят себе пропитание. Представители этой группы клещей очень мелкие, обычно меньше 1 мм. Ротовой аппарат грызущего типа: хелицеры и педипальпы приспособлены к захвату и измельчению пищи. Эти клещи могут активно передвигаться по жилью человека в поисках пищи.

К этой группе клещей можно отнести мучного и сырного клещей, а также так называемых домашних клещей – постоянных обитателей человеческого дома. Питаются они пищевыми запасами: мукой, зерном, копченым мясом и рыбой, сушеными овощами и

фруктами, слущенными частицами эпидермиса человека, спорами плесневых грибов.

Все эти виды клещей могут представлять для человека определенную опасность. Во-первых, они могут проникать с воздухом и пылью в дыхательные пути человека, где вызывают заболевание акаридоз. Появляются кашель, чихание, першение в горле, часто рецидивирующие простудные заболевания и повторные пневмонии. Кроме этого, клещи этой группы могут попадать с испорченными пищевыми продуктами в желудочно-кишечный тракт, вызывая тошноту, рвоту, расстройство стула. Некоторые виды этих клещей приспособились к обитанию в условиях бескислородной среды толстого кишечника, где могут даже размножаться. Клещи, которые поедают пищевые продукты, портят их и делают несъедобными. Кусая человека, они могут вызывать развитие контактных дерматитов (воспалений кожи), которые носят названия зерновой чесотки, чесотки бакалейщиков и др.

Меры борьбы с клещами, обитающими в пищевых продуктах, заключаются в понижении влажности и температуры в тех помещениях, где они хранятся, так как эти факторы играют большую роль в развитии и размножении клещей. Особый интерес в последнее время вызывает так называемый домашний клещ, который стал постоянным обитателем большинства человеческих домов.

Обитает он в домашней пыли, матрацах, на постельном белье, в диванных подушках, на шторах и т. д. Наиболее известный представитель группы домашних клещей – это *Dermatophagoides pteronyssinus*. Он имеет чрезвычайно малые размеры (до 0,1 мм). В 1 г домашней пыли может быть обнаружено от 100 до 500 особей этого вида. В матраце одной двуспальной кровати может обитать одновременно популяция, насчитывающая до 1 500 000 особей.

Патогенное действие этих клещей заключается в том, что они вызывают сильнейшую аллергизацию организма человека. При этом особое значение имеют аллергены хитинового покрова тела клеща и его фекалии. Исследования показали, что клещи домашней пыли играют важнейшую роль в развитии бронхиальной астмы. Кроме того, они могут вызвать развитие контактных дерматитов у лиц с повышенной чувствительностью кожи.

Борьба с клещами домашней пыли состоит в как можно более частой влажной уборке помещений, использовании пылесоса. Рекомендуется замена подушек, одеял, матрацев из натуральных материалов синтетическими, в которых клещи обитать не могут.

4. Семейство Иксодовые клещи

Все иксодовые клещи являются временными кровососущими эктопаразитами человека и животных. Временный хозяин, на котором они питаются, называется хозяином-прокормителем. Это довольно крупные клещи (их размер до 2 см в зависимости от степени насыщения). Характерной особенностью этих клещей является то, что покровы тела и пищеварительная система самки сильно растяжимы. Это позволяет им питаться редко (иногда раз в жизни), но помногу. Ротовой аппарат приспособлен для прокалывания кожи и высасывания крови. Хоботок имеет гипостом: длинный уплощенный вырост, на котором расположены острые, направленные кзади зубцы. Хелицеры зазубрены с боковых сторон. С их помощью на коже хозяина образуется ранка, в которую погружается гипостом. При укусе в ранку вводится слюна, которая застывает вокруг хоботка. Так клещ может плотно прикрепляться к телу хозяина и обитать на нем долгое время (иногда до 1 месяца).

У самки хитиновый щиток покрывает не более половины поверхности тела, поэтому они могут поглощать значительное количество крови. Самцы же покрыты нерастяжимым хитиновым щитком полностью. Иксодовые клещи обладают значительной плодовитостью, которая противостоит их массовой гибели в период голодания и отсутствия хозяина-прокормителя. После питания самка откладывает в землю (норы мелких грызунов, трещины почвы, лесную подстилку) до 20 000 яиц. Но до половозрелого состояния из них доживает лишь небольшое число. Из яйца вылупляется личинка, которая

питается обычно однократно на мелких млекопитающих (грызунах, насекомоядных). Затем сытая личинка падает на землю, линяет и превращается в нимфу. Она крупнее предыдущей стадии и питается на зайцах, белках, крысах. После линьки она превращается в половозрелую особь – имаго. Взрослый клещ сосет кровь крупных домашних и диких млекопитающих (лис, волков, собак) и человека.

Чаще всего клещ во время развития меняет трех хозяев, на каждом из которых он питается только один раз.

Многие иксодовые клещи пассивно подстерегают своих хозяев, но в таких местах, где встреча максимально вероятна: на концах веточек на высоте до 1 м по тропкам, где передвигаются животные. Однако некоторые виды способны совершать активные поисковые движения.

Многие иксодовые клещи являются переносчиками возбудителей опасных заболеваний человека и животных. Среди этих заболеваний наиболее известны клещевой весенне-летний энцефалит (это вирусное заболевание). Вирусы размножаются в организме клеща и накапливаются в слюнных железах и яичниках. При укусе вирусы попадают в ранку (происходит трансмиссивная передача вируса). При откладывании яиц вирусы передаются последующим поколениям клещей (трансовариальная передача – через яйца).

Среди иксодовых клещей в качестве переносчиков и природных резервуаров заболеваний имеют значение следующие виды: таежный клещ (*Ixodes persulcatus*), собачий клещ (*Ixodes ricinus*), клещи рода *Dermatocenter* (пастбищный клещ) и *Hyalomma*

5. Представители семейства Иксодовые клещи. Морфология, патогенное значение

Длина клещей – 1—10 мм. Описано около 1000 видов иксодовых клещей. Плодовитость – до 10 000, у некоторых видов – до 30 000 яиц. Являются переносчиками возбудителей клещевого энцефалита, клещевого сыпного тифа, туляремии, геморрагической лихорадки, ку-лихорадки, а также пироплазмозов домашних животных.

Собачий клещ

Собачий клещ (*Ixodes ricinus*) встречается по всей Евразии в смешанных и лиственных лесах, кустарниковых зарослях.

Поддерживает существование в природе очагов туляремии среди грызунов, от которых заболевание передается человеку и домашним животным.

Тело клеща овальное, покрыто эластичной кутикулой. Самцы достигают длины 2,5 мм, их окраска коричневая. Голодная самка также имеет коричневое тело. По мере насыщения кровью цвет изменяется от желтого до красноватого. Длина голодной самки – 4 мм, сытой – до 11 мм в длину. На спинной стороне имеется щиток, который у самцов покрывает всю спинную сторону. У самок, личинок и нимф хитиновый щиток небольшой и покрывает лишь участок передней части спины. На остальных частях тела покровы мягкие, что обеспечивает возможность значительного увеличения объема тела при поглощении крови. Цикл развития длительный – до 7 лет.

Собачий клещ паразитирует на многих диких и домашних животных (в том числе на собаках) и человеке; присасывается к хозяину на несколько суток. Помимо того, что он является переносчиком возбудителя туляремии, он еще вызывает и местное раздражающее действие, кусая хозяина. При инфицировании ранки могут возникать тяжелые гнойные осложнения вследствие присоединения бактериальной инфекции.

Таежный клещ

Таежный клещ (*Ixodes persulcatus*) распространен в таежной зоне Евразии от Дальнего Востока до гор Центральной Европы (в том числе на европейской части России). Он является переносчиком возбудителя тяжелого вирусного заболевания – таежного клещевого энцефалита. Этот вид наиболее опасен для человека, так как чаще других нападает на него.

По морфологии таежный клещ схож с собачьим. Отличается лишь некоторыми особенностями строения и более коротким циклом развития (2–3 года).

Таежный клещ паразитирует на многих млекопитающих и птицах, что поддерживает циркуляцию вируса энцефалита. Основным природным резервуаром вируса таежного энцефалита являются бурундуки, ежи, полевки и другие мелкие грызуны, птицы. Из домашних животных клещи чаще всего нападают на коз. Это связано с особенностями пищевого поведения коз: они предпочитают продираться через кустарник. При этом на их шерсть попадают клещи. Сами козы болеют клещевым энцефалитом в легкой форме, но передают вирус человеку с молоком.

Таким образом, для вируса клещевого энцефалита характерны трансмиссивный (через переносчика-клеща при кровососании) и трансовариальный (самкой через яйца) пути передачи.

Другие иксодовые клещи

В степной и лесной зонах обитают представители рода *Dermatocenter*. Их личинки и нимфы питаются кровью мелких млекопитающих (в основном грызунов). *Dermatocenter pictus* (населяет лиственные и смешанные леса) и *Dermatocenter marginatus* (обитает в степной зоне) являются переносчиками возбудителя туляремии. В теле клещей возбудители обитают годами, поэтому очаги болезни существуют до сих пор. *Dermatocenter marginatus* переносит также возбудителя бруцеллеза, который поражает мелкий и крупный рогатый скот, свиней и человека.

Dermatocenter nuttalli (обитает в степях Западной Сибири и в Забайкалье) поддерживает существование в природе очагов клещевого сыпного тифа (возбудитель – спирохеты).

6. Представители семейства Аргазовые клещи. Морфология, цикл развития

Представители семейства Аргазовые клещи являются обитателями естественных и искусственных закрытых помещений. Они поселяются в норах и логовищах животных, пещерах, жилых и нежилых постройках (преимущественно из глины). Клещи распространены главным образом в странах с теплым и жарким климатом, часто встречаются в Закавказье и Средней Азии.

В отличие от иксодовых клещей ротовой аппарат у аргазовых клещей расположен на вентральной стороне тела и не выступает вперед. Хитиновый щиток на спинной стороне отсутствует. Вместо него имеются многочисленные хитиновые бугорки и выросты, поэтому наружные покровы тела сильно растяжимы. По краю тела проходит широкий рант. Длина голодных клещей – 2–13 мм.

Условия обитания этих клещей более благоприятные, чем у иксодовых, поэтому они погибают не в таких количествах. В связи с этим самки откладывают меньшее число яиц (до 1000, в одной кладке – до 200). В течение жизни паразиты питаются несколько раз и каждый раз на новом хозяине. Это связано с тем, что местообитание этих клещей животные посещают редко. Сосание длится от 3 до 30 мин.

Так как питание самки не такое обильное, яиц у нее созревает меньше. Но аргазовые клещи способны их откладывать несколько раз в течение всей жизни. Убежище этих клещей может не посещаться хозяевами очень долго, поэтому клещи могут не питаться годами – до 11 лет, используя те запасы крови, которые они получили от предыдущего хозяина. В связи с этим цикл развития может затягиваться на долгое время – до 20–28 лет.

В цикле развития аргазовых клещей происходит смена нескольких поколений нимф: нимфы 1, нимфы 2, нимфы 3 (иногда и более), и лишь затем следует имаго. Если хозяин на какой-либо фазе не появляется в убежище, развитие приостанавливается. Заселение новых убежищ происходит очень медленно.

Типичный представитель – поселковый клещ (*Ornithodoros papillipes*). Он является переносчиком возбудителей клещевого возвратного энцефалита – спирохет рода *Borrelia*. Спирохеты размножаются в кишечнике клещей, а затем проникают во все внутренние

органы (в том числе в яичники), что важно для транс-вариальной передачи спирохет последующим поколениям клещей. Попадание спирохет в организм человека происходит через хоботок при укусе, а также при попадании на кожу фекалий и продуктов выделения клещей.

Поселковый клещ имеет темно-серую окраску. Длина самки – 8 мм, самца – до 6 мм. Питается на грызунах, летучих мышах, жаворонках, а также на домашних животных – собаках, крупном рогатом скоте, лошадях, кошках и др. Взрослые особи могут голодать до 15 лет.

Профилактика клещевого возвратного энцефалита.

1. Личная. Защита от нападения клещей: не спать и не лежать в пещерах и зданиях, где предположительно могут быть клещи, использование индивидуальные отпугивающие средства против этих паразитов.

2. Общественная. Уничтожение клещей и грызунов, которые являются их переносчиками, снос и сжигание старых глинобитных помещений, заселенных клещами.

ЛЕКЦИЯ № 9. Класс Насекомые (тип Членистоногие, подтип Трахейнодышащие)

1. Морфология, физиология, систематика

Класс Насекомые является самым многочисленным классом животных и насчитывает более 1 млн видов. Тело насекомых делят на три отдела: голову, грудь и брюшко. Покровы тела представлены одним слоем клеток гиподермы, выделяющих на своей поверхности органическое вещество – хитин. Хитин образует плотный панцирь, защищающий тело насекомых, а также служащий местом прикрепления мышц, выполняющая функцию наружного скелета. На голове насекомых находятся органы чувств – усики и глаза, а также сложный ротовой аппарат, строение которого зависит от способа питания: грызущий, лижущий, сосущий, колюще-сосущий и др. Грудь насекомых включает три сегмента, каждый из которых несет по одной паре ходильных ног, строение которых у разных видов различно и зависит от способа передвижения и двигательной активности. Конечности, лежащие вблизи ротового отверстия, несут осязательные щетинки, выполняющие функцию органа обоняния, служат для захватывания и перетирания пищи. Брюшко конечностей не имеет. Кроме того, у большинства свободноживущих насекомых на груди имеются две пары крыльев.

Мускулатура насекомых развита хорошо и состоит из поперечно-полосатых мышечных волокон, формирующих отдельные мышцы. ЦНС состоит из головного ганглия, окологлоточного нервного кольца и брюшной нервной цепочки. Полость тела у насекомых смешанная (миксоцель), образованная слиянием первичной и вторичной полостей тела. Органы дыхания насекомых – трахеи. Органы пищеварения состоят из передней, средней и задней кишок. Передняя и задняя кишка имеют хитиновую выстилку. Передняя кишка разделяется на глотку, зоб и жевательный желудок. Средняя кишка служит для переваривания и всасывания пищи. Органы выделения представлены мальпигиевыми сосудами, лежащими в полости тела и открывающимися в кишечник на границе средней и задней кишок. Кровеносная система незамкнутая и не выполняет функцию газообмена. Насекомые имеют на спинной стороне сердце, состоящее из нескольких камер, снабженных клапанами. Насекомые – раздельнополые животные. Развитие насекомых происходит с метаморфозом – неполным, когда из яйца вылупляется личинка, похожая на взрослую особь, или полным, когда онтогенез включает в себя стадию куколки.

Насекомых, имеющих медицинское значение, делят на:

- 1) синантропные виды, не являющиеся паразитами;
- 2) временных кровососущих паразитов;
- 3) постоянных кровососущих паразитов;
- 4) тканевых и полостных личиночных паразитов. Особенности насекомых, способствовавшие их широкому распространению:
 - 1) способность к полету, позволяющая быстро осваивать новые территории;
 - 2) большая подвижность и разнообразие движений, связанные с развитой мускулатурой;
 - 3) хитиновый покров, выполняющий в первую очередь защитную функцию;
 - 4) разнообразие способов размножения (половое размножение, партеногенез различных видов);
 - 5) высокая плодовитость и способность к массовому размножению;
 - 6) разнообразие способов постэмбрионального развития;
 - 7) высокая выживаемость.

2. Отряд Вши

У человека паразитируют два вида вшей: вошь человеческая и вошь лобковая (площица). Вид Вошь человеческая представлен двумя подвидами: Вошь головная и Вошь платяная.

Вошь платяная встречается в странах с холодным и умеренным климатом.

Лобковая вошь встречается реже, но распространена во всех климатических поясах.

Она обитает на лобке, в подмышечных впадинах, реже – на бровях, ресницах, в бороде.

Наличие у человека платяной и головной вши называется педикулезом, паразитирование лобковой вши называют фтириазом.

Общими признаками для всех видов вшей являются малые размеры, упрощенный цикл развития (развитие с неполным метаморфозом), конечности, приспособленные к фиксации на коже, волосах и одежде человека, ротовой аппарат колюще-сосущего типа; крылья отсутствуют.

Вошь платяная – самая крупная, достигает размеров до 4,7 мм. Платяная и головная вши имеют четко разграниченные голову, грудь и брюшко. У лобковой вши грудь и брюшко слились. Платяная вошь живет около 50 суток, головная – до 40, а лобковая – до 30. Головная и платяная вши питаются кровью человека 2–3 раза в сутки, а лобковая – почти непрерывно, малыми порциями. Самки платяной и головной вшей откладывают до 300 яиц за всю жизнь, лобковой – до 50 яиц. Яйца вшей (так называемые гниды) мелкие, продолговатой формы, белого цвета, фиксируются на волосах или волокнах одежды. Они очень устойчивы к механическим и химическим воздействиям.

Слюна вшей токсична. В месте укуса вши она вызывает чувство зуда и жжения, у некоторых людей может вызывать аллергические реакции. На месте укусов остаются мелкоточечные кровоизлияния (петехии). Зуд в месте укуса заставляет человека расчесывать кожу до образования ссадин, которые могут инфицироваться и нагнаиваться. При этом волосы на голове склеиваются, спутываются, и образуется колтун.

Лобковая вошь является только паразитом и не переносит заболеваний. Головная и платяная вши являются специфическими переносчиками возбудителей возвратного и эпидемического сыпного тифа, волынской лихорадки. Возбудители возвратного тифа размножаются и созревают в полости тела вшей, заражение человека происходит при раздавливании вшей и попадании их гемолимфы в ранку от укуса или в ссадины после расчесов. Возбудители эпидемического сыпного тифа и волынской лихорадки размножаются в толще кишечной стенки вшей, выделяясь во внешнюю среду с фекалиями. Заражение человека этими заболеваниями происходит при попадании фекалий вшей с возбудителями в дефекты кожи или на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей.

Профилактика

Соблюдение правил личной гигиены, особенно в местах большого скопления людей. Для лечения применяют наружные и внутренние средства: мази и шампуни,

содержащие инсектициды, а также лекарственные препараты, принимаемые внутрь. В борьбе с уже имеющимся педикулезом применяют обработку белья в дезинфекционных камерах и коротко подстригают волосы больных.

3. Отряд Блохи

Для всех представителей отряда Блохи характерны малые размеры тела (1–5 мм), сплюснутость его с боков, способствующая передвижению среди шерсти животного-хозяина, наличие на поверхности тела щетинок, растущих в направлении спереди назад. Задние ноги у блох удлинённые, прыгательные. Лапки всех ног пятичленные, хорошо развитые, заканчиваются двумя коготками. Голова маленькая, на голове короткие усики, перед которыми располагается по одному простому глазку. Ротовой аппарат блох

приспособлен для прокалывания кожи и высасывания крови животного-хозяина.

Прокол кожи осуществляется зазубренными жвалами. Желудок блох способен значительно увеличиваться. Самцы блох мельче самок. Оплодотворенные самки с силой выбрасывают яйца порциями по несколько штук так, что яйца не остаются на шерсти животного, а падают на землю в его норе. Из яйца появляется безногая, но очень подвижная червеобразная личинка с хорошо развитой головой. Для дальнейшего развития личинка нуждается в достаточной влажности, поэтому она зарывается в землю или мусор в гнезде или норе хозяина. Личинка питается разлагающимися органическими остатками, в том числе остатками непереваренной крови, содержащейся в испражнениях взрослых блох. Блохи относятся к насекомым с полным превращением. Выросшая личинка окружает себя паутинным коконом, снаружи покрывающимся пылью и песчинками, и окукливается в нем. Куколка у блох типичная свободная. Вышедшая из куколки взрослая блоха подкарауливает животное-хозяина. В связи с паразитическим образом жизни у блох отсутствуют крылья, орган зрения редуцирован. Наиболее известными представителями отряда Блох и являются блоха крысиная и блоха человеческая. Эти виды питаются соответственно кровью крыс и человека, но при отсутствии своих хозяев могут паразитировать на любых других животных. Блоха крысиная обитает в крысиных норах, человеческая – в труднодоступных местах жилища человека (в щелях, трещинах пола, за плинтусами). В местах своего обитания самки блох откладывают яйца, из которых затем развиваются червеобразные личинки. Некоторое время они питаются органическими веществами, в том числе фекалиями взрослых блох, через 3–4 недели окукливаются и превращаются во взрослых блох.

Человека блохи кусают ночью. Токсические вещества их слюны вызывают сильный зуд.

Блохи являются переносчиками возбудителей чумы. Они кусают животное-носителя и

вместе с кровью всасывают бактерии чумы. В желудке блохи бактерии очень активно размножаются, образуя пробку из чумных палочек – чумной блок. Из-за того, что пробка занимает весь объем желудка блохи, новые порции крови уже не вмещаются. Голодная блоха делает многократные попытки кровососания. Кусая здоровое животное или человека, в первую очередь блоха отгрызает в ранку чумную пробку. В кровь хозяина поступает большое количество возбудителей, чему способствует расчесывание места укуса. Природными резервуарами чумы служат крысы, суслики, хорьки и др. Грызуны являются источниками и других инфекций: туляремии, крысиного сыпного тифа.

4. Особенности биологии развития комаров рода *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*

Для комаров (отряд Двукрылые, подотряд Длинноусые) характерными внешними чертами являются тонкое тело, длинные ноги и маленькая головка с ротовым аппаратом хоботкового типа. Комары распространены повсеместно, особенно в зонах теплого влажного климата. Комары являются переносчиками более 50 заболеваний. Комары – представители родов *Culex* и *Anopheles* (немалярийные) являются переносчиками возбудителей японского энцефалита, желтой лихорадки, сибирской язвы, представители рода *Anopheles* (малярийные комары) – переносчики малярийного плазмодия. Немалярийные и малярийные комары отличаются друг от друга на всех стадиях жизненного цикла.

Все комары откладывают яйца в воду или влажную почву около водоемов. Яйца комаров рода *Anopheles* располагаются на поверхности воды по одному, каждое яйцо имеет два воздушных поплавка. Их личинки располагаются под водой параллельно ее поверхности, на предпоследнем членике они имеют два дыхательных отверстия. Куколки имеют форму запятых, развиваются под поверхностью воды и дышат кислородом через дыхательные рожки в виде широких воронок. Взрослые комары рода *Anopheles*, сидя на предметах, поднимают тело вверх, а головку держат книзу, образуя острый угол с

поверхностью. По обеим сторонам от их хоботка располагаются равные ему по длине нижнечелюстные щупики. Комары родов *Culex* и *Aedes* откладывают яйца, располагающиеся в воде группами. Личинки в воде лежат под углом к ее поверхности и на предпоследнем членике имеют длинный дыхательный сифон. Куколки также имеют вид запятой, но их дыхательные рожки имеют форму тонких цилиндрических трубочек. Нижнечелюстные щупики взрослых комаров едва достигают трети длины хоботка. Сидя на предметах, комары держат тело параллельно их поверхности.

Малярийный комар является окончательным хозяином, а человек – промежуточным хозяином простейшего малярийного плазмодия (тип споровиков). Цикл развития малярийного плазмодия состоит из трех частей:

- 1) шизогония – бесполое размножение путем множественного деления;
- 2) гаметогония – половое размножение;
- 3) спорогония – образование специфических для споровиков форм (спорозоитов).

Прокалывая кожу здорового человека, инвазионный комар вводит в его кровь слюну, содержащую спорозоиты, которые внедряются в клетки печени гаметоциты. Там они превращаются сначала в трофозоиты, затем в шизонты.

Шизонты делятся путем шизогонии с образованием мерозоитов. Эта стадия цикла называется предэритроцитарной шизогонией и соответствует инкубационному периоду болезни. Острый период болезни начинается с момента внедрения мерозоитов в эритроциты.

Здесь мерозоиты тоже превращаются в трофозоиты и шизонты, которые делятся шизогонией с образованием мерозоитов. Оболочки эритроцитов разрываются, и мерозоиты попадают в кровь и внедряются в новые эритроциты, где цикл повторяется заново в течение 48 или 72 часов. При разрыве эритроцитов вместе с мерозоитами в кровь поступают токсичные продукты обмена веществ паразита и свободный гем, вызывающие приступы малярийной лихорадки. Часть мерозоитов превращается в незрелые половые клетки – га-метоциты. Созревание гамет возможно только в организме комара.

ЛЕКЦИЯ № 10. Ядовитые животные

1. Ядовитые паукообразные

Класс Паукообразные включает в себя пауков, скорпионов, фаланг, клещей. К ядовитым паукообразным относят таких пауков, как тарантул и каракурт, а также всех скорпионов.

Ядовитые паукообразные питаются живой добычей, в основном насекомыми. Прокалывая своими хелицерами хитиновые покровы насекомого, пауки вводят внутрь яд вместе с пищеварительными соками, обеспечивающими частичное переваривание добычи вне организма паука и облегчающими ее высасывание. Таким образом, пищеварение у пауков смешанное, наружно-внутреннее. Скорпионы парализуют свою добычу с помощью яда из специальных желез, расположенных на их хвосте – последнем брюшном членике (у скорпионов и грудь, и брюшко разделены на членики).

Отряд Скорпионы

В мире насчитывается более 1500 видов скорпионов, из них в России встречается 13–15 видов.

Скорпионы разных видов живут как в местах с влажным климатом, так и в песчаных пустынях. Скорпионы – ночные животные. Питаются скорпионы пауками, сенокосцами, многоножками и другими беспозвоночными и их личинками, используя яд только для обездвиживания жертвы. При длительном отсутствии пищи у скорпионов наблюдается каннибализм. Самка скорпиона за один раз рождает 15–30 детенышей. Освободившись от плодных оболочек, детеныши через 20–30 минут забираются на тело матери и остаются там 10–12 дней.

Строение ядовитого аппарата скорпионов. На членистой гибкой метасоме (хвосте) имеется анальная лопасть, заканчивающаяся ядовитой иглой. Размеры иглы и формы ее варьируют у разных видов. В анальной лопасти находятся две ядовитые железы, протоки которых открываются вблизи вершины иглы двумя маленькими отверстиями. Каждая железа имеет овальную форму и сзади постепенно суживается в длинный выводной проток, который проходит внутри иглы. Стенки железы складчатые, и каждая железа окружена изнутри и сверху толстым слоем поперечных мышечных волокон. При сокращении этих мышц секрет выбрасывается наружу. Отряд Пауки

К отряду Пауки относится около 27 000 видов, большая часть которых имеет ядовитый аппарат. Наиболее опасными для человека на территории России являются каракурт и тарантул.

Строение ядовитого аппарата. Передняя пара конечностей пауков хелицеры предназначена для защиты и умерщвления добычи. Хелицеры находятся впереди рта на брюшной стороне головогруди и имеют вид коротких, но мощных двучленистых придатков. Рассматриваемые представители группы ядовитых пауков характеризуются вертикальным расположением основных члеников хелицер перпендикулярно главной оси тела. Толстый основной членик хелицер у основания заметно утолщен. На вершине у внешнего края он сочленен с острым когтевидно изогнутым конечным члеником, который двигается только в одной плоскости и может складываться подобно лезвию ножа в борозду на основном членике. Края бороздки вооружены хитиновыми зубцами. На конце когтевидного членика открываются протоки двух ядовитых желез, лежащих или в основных члениках, или заходящих в головогрудь. Ядовитые железы представлены большими цилиндрическими мешками с характерной исчерченностью, которая зависит от наличия наружной мускулатурной мантии и косых спиральных волокон. От передних концов желез отходят тонкие выводные потоки.

2. Ядовитые позвоночные

Существует около 5000 видов ядовитых позвоночных животных. Они содержат в организме постоянно или периодически вещества, токсичные для особей других видов. В малых дозах яд, попавший в организм другого животного, вызывает болезненные расстройства, в больших дозах – смерть. Одни виды ядовитых животных имеют особые железы, вырабатывающие яд, другие содержат токсические вещества в тех или иных органах и тканях. У некоторых видов имеется ранящий аппарат, способствующий введению яда в тело врага или жертвы. У многих животных (змеи) ядовитые железы связаны с ротовыми органами, и яд вводится в тело жертвы при укусе или уколе в случае защиты или нападения. У позвоночных, имеющих ядовитые железы, но не имеющих специального аппарата для введения яда в тело жертвы, например земноводных (саламандры, тритоны, жабы), железы расположены в различных участках кожи; при раздражении животного яд выделяется на поверхность кожи и действует на слизистые оболочки хищника. Ядовитые рыбы

Известно около 200 видов рыб, имеющих ядовитые колючки или шипы. Ядовитые рыбы делятся на активно-ядовитых и пассивно-ядовитых.

Активно-ядовитые рыбы обычно ведут малоподвижный образ жизни, подкарауливая свою добычу. Одна из наиболее опасных ядовитых рыб – скат-хвостокол – встречается по всему побережью Мирового океана. Чаще всего страдают от укусов скатов рыбаки, аквалангисты и просто купающиеся. Однако скаты практически никогда не используют свой шип для нападения. Укол вызывает сильную боль, слабость, потерю сознания, диарею, судороги, нарушение дыхания. Укол в грудь или живот может закончиться летально.

Ядовитые амфибии: саламандры, жабы, лягушки

Чаще ядовитыми бывают амфибии, обитающие в тропическом климате. В джунглях Южной Америки водится лягушка – кокой, яд которой является самым сильным из известных органических ядов.

Ядовитые рептилии

Для ядовитых змей характерно наличие ядоносных зубов и желез, вырабатывающих яд. Ядовитые железы являются парным образованием и располагаются по обеим сторонам головы позади глаз, покрытые височными мышцами. Их выводные каналы открываются у основания ядоносных зубов.

По форме и расположению зубов змеи делятся условно на три группы.

1. Гладкозубые (ужы, полозы). Не ядовиты. Зубы однородные, гладкие, лишены каналов.

2. Заднебороздчатые (кошачья и ящерная змеи). Ядовитые зубы расположены на заднем конце верхней челюсти с желобком на задней поверхности. В основании желобка открывается проток железы, вырабатывающей яд. Не представляют для человека особой опасности, так как их ядоносные зубы расположены глубоко в пасти; ввести свой яд в человека эти змеи не могут.

3. Переднебороздчатые (гадюка, кобра). Ядоносные зубы расположены в переднем отделе верхней челюсти. На передней поверхности имеются борозды для стока яда.

Укусы приводят к отравлению организма, нередко опасному для жизни человека.

Зубы ядовитых змей подвижны и в закрытой пасти лежат продольно над языком. При раскрытии пасти они приподнимаются и принимают отвесное по отношению к челюсти положение. При укусе зубы вонзаются в добычу. Змея устремляется вперед, чтобы освободиться. Вследствие этого между пораженной областью и зубами образуется пространство, достаточное для стока яда.

ЛЕКЦИЯ № 11. Экология

1. Предмет и задачи экологии

Экология – это наука о взаимоотношениях организмов, сообществ между собой и с окружающей средой. Задачи экологии как науки:

- 1) изучение взаимоотношений организмов и их популяций с окружающей средой;
- 2) исследование действия среды на строение, жизнедеятельность и поведение организмов;
- 3) установление зависимости между средой и численностью популяции;
- 4) исследование взаимоотношений между популяциями разных видов;
- 5) изучение борьбы за существование и направления естественного отбора в популяции.

Экология человека – комплексная наука, изучающая закономерности взаимоотношений человека с окружающей средой, вопросы народонаселения, сохранения и развития здоровья, совершенствование физических и психических возможностей человека.

Среда обитания человека по сравнению со средой обитания других живых существ – очень сложное переплетение взаимодействующих естественных и антропогенных факторов, причем этот набор в разных местах резко различается.

У человека имеется 3 среды обитания:

- 1) природная;
- 2) социальная;
- 3) техногенная.

Критерий качества среды обитания человека – состояние его здоровья.

В отличие от всех других существ человек имеет двойственный характер с точки зрения экологии: с одной стороны, человек является объектом различных факторов среды (солнечный свет, другие существа), с другой – человек сам является экологическим (антропогенным) фактором.

2. Общая характеристика среды обитания людей. Экологический кризис

Среда – это совокупность факторов и элементов, воздействующих на организм в месте его обитания. Любое живое существо живет в условиях постоянного изменения факторов среды, приспосабливаясь к ним и регулируя свою жизнедеятельность в соответствии с этими изменениями. Живые организмы существуют как подвижные системы, открытые потоку энергии и информации из окружающей среды. На нашей планете живые организмы освоили четыре основные среды обитания, каждая из которых отличается совокупностью специфических факторов и элементов, воздействующих на организм. Жизнь возникла и распространилась в водной среде. Впоследствии живые организмы вышли на сушу, овладели воздушной средой, заселили почву. Природная среда представляет человеку условия обитания и ресурсы для жизнедеятельности. Развитие хозяйственной деятельности человека улучшает условия его существования, но требует увеличения расходования природных, энергетических и материальных ресурсов. В ходе промышленного и сельскохозяйственного производства образуются отходы, которые в совокупности с самими производственными процессами нарушают и загрязняют биогеоценозы, постепенно ухудшая условия обитания человека.

Биологические факторы, или движущие силы эволюции, являются общими для всей живой природы, в том числе и для человека. К ним относят наследственную изменчивость и естественный отбор.

Приспособление организмов к воздействию факторов окружающей среды называется адаптацией. Способность к адаптации – одно из важнейших свойств живого.

Выживают только приспособленные организмы, приобретающие в процессе эволюции признаки, полезные для жизни. Эти признаки закрепляются в поколениях благодаря способности организмов к размножению.

Пути воздействия человека на природу. Экологический кризис

Человек как антропогенный фактор оказывает огромное влияние на природу. Изменения среды в результате воздействия антропогенных факторов:

- 1) изменение структуры земной поверхности;
- 2) изменение состава атмосферы;
- 3) изменение круговорота веществ;
- 4) изменение качественного и количественного состава флоры и фауны;
- 5) парниковый эффект;
- 6) шумовое загрязнение;
- 7) военные действия.

Нерациональная деятельность человека привела к нарушениям всех компонентов биосферы. Атмосфера

Основные источники загрязнения – автомобили и промышленные предприятия. Ежегодно в атмосферу выбрасывается 200 млн тонн угарного и углекислого газа, 150 млн тонн оксидов серы, 50 млн тонн оксидов азота. Кроме того, в атмосферу выбрасывается большое количество мелкодисперсных частиц, образующих так называемый атмосферный аэрозоль. За счет сжигания угля в атмосферу поступают ртуть, мышьяк, свинец, кадмий в количествах, превышающих их вовлечение в круговорот веществ. В воздух поднимается большое количество пыли в экологически грязных районах, которая задерживает 20–50 % солнечного света. Повышение концентрации углекислого газа в атмосфере, возросшее за последние 100 лет на 10 %, препятствует тепловому излучению в космическое пространство, вызывая парниковый эффект.

Гидросфера

Основной причиной загрязнения водного бассейна является сброс неочищенных сточных вод промышленных и коммунальных предприятий, а также сельскохозяйственных угодий. Смыв в реки минеральных удобрений и ядохимикатов служит причиной ухудшения качества питьевой воды и гибели многих видов водных животных. Возрастает уровень загрязненности Мирового океана с речным стоком, атмосферными осадками, добычей нефти на океанском шельфе. В воду попадает огромное количество свинца, нефти и нефтепродуктов, бытовых отходов, пестицидов.

Литосфера

Плодородный слой почвы формируется длительное время, а благодаря выращиванию сельскохозяйственных культур из почвы ежегодно изымаются десятки миллионов тонн калия, фосфора и азота – основных элементов питания растений. Истощения почвы не происходит, если вносятся органические и минеральные удобрения. Если же не проводится подкормка растений и не соблюдается севооборот, то плодородный слой сокращается до минимума. Неблагоприятное воздействие оказывает и искусственное орошение почв, так как чаще всего происходит заболачивание или засоление поверхностного слоя почвы. В числе антропогенных изменений почвы большое значение имеет эрозия – разрушение и снос верхнего плодородного слоя почвы. Трактор К-700 за один сезон превращает в пыль слой почвы, на образование которого требуется 5 лет. Существует ветровая и водная эрозия. Водная эрозия наиболее разрушительна, развивается при неправильной обработке земли.

Экологический кризис

Экологический кризис – это нарушение взаимосвязей внутри экосистемы или необратимые явления в биосфере, вызванные деятельностью человека. По степени угрозы для жизни человека и развития общества различают неблагоприятную экологическую ситуацию, экологическое бедствие и экологическую катастрофу.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу

С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

СГ.01 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

Одобрена на заседании кафедры

Управление персоналом

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Абрамов С.М.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 10.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

Инженерно-экономического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Мочалова Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

Автор: Железникова А.В.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	6
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	12
ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ.....	16
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	20
ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ.....	24
ПОДГОТОВКА ЭССЕ.....	25
ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ.....	28
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных задач и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине *«История России»* обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и

навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «История России» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к тестированию;
- подготовка эссе;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории

1. История как наука. Сущность, формы, функции исторического знания.
2. Методы и источники изучения истории. Понятие и классификация исторического источника.
3. Концепции исторического процесса.
4. История России - неотъемлемая часть всемирной истории.
5. Историография отечественной истории.

Тема 2. Россия и мир в начале XX века.

1. Каковы были причины, характер, движущие силы, основные этапы и итоги революции 1905-1907 гг.
2. В чем состояла необходимость проведения реформ в России?
3. Расскажите о Февральской буржуазно-демократической революции и Октябрьской революции.
4. Основные мероприятия советской власти.
5. Гражданская война: основные этапы, последствия. Причины побед большевиков.
6. Экономическая и социальная политика в Советской России

Тема 3. Советское государство и мир в 20-30 е годы

1. Чем был вызван экономический и политический кризис в стране в конце 1920 г.
2. Что такое новая экономическая политика?
3. Формирование однопартийной системы и идеологического единообразия в стране.
4. Раскройте сущность индустриализации и коллективизации.
5. Каковы механизмы и роль культурной революции.
6. Формирование культа личности И.В. Сталина

Тема 4. СССР в годы Второй мировой войны

1. В чем состояли причины Второй мировой войны? Великой Отечественной войны?
2. Дайте характеристику основным периодам войны.
3. Расскажите о жизни в тылу.
4. Какова роль партизанского движения и движения Сопротивления.
5. В чем состояли итоги и уроки войны.
6. Роль советского народа в разгроме фашизма.

Тема 6. Основные тенденции развития СССР и мира в 60-80 е годы.

1. Чем характеризовалось политическое развитие страны в 1965-1984 гг.
2. Каковы его итоги?
3. В каком состоянии находилась советская экономика к середине 1960-х гг. В чем причины такого положения?
4. Каковы были основные направления предпринятого властью в 1965 году реформирование промышленности и сельского хозяйства.
5. Каковы результаты социально-экономического развития страны.
6. Расскажите о достижениях в культурной жизни этого периода.

Тема 8. Россия и мир на рубеже веков. Современная Россия. Перспективы развития.

1. Геополитические последствия распада СССР.
2. Как происходил процесс формирования суверенитета Российской Федерации.
3. Складывание новой государственности. Конституция 1993 г.
4. Социально-экономические преобразования. Рыночная модернизация страны.
5. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.
6. Охарактеризуйте положение России на рубеже XX– XXI.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Исторический факт
Исторический источник
Интерпретация
Этнос
Менталитет
Государство
Цивилизация
Формация
Классы
Прогресс
Регресс
Общественно-экономическая формация
Геополитика
Монополия
Промышленный подъем
Депрессия
Модернизация
Революция
Манифест
Конституционная монархия
Политическая партия
Государственная Дума
Прогрессивный блок
Революционные партии
Антанта
Тройственный союз
Аграрная реформа
Отруб, хутор
Советы
Большевики, меньшевики
Временное правительство
Республика
Двоевластие
Учредительное собрание
Первая Мировая война

Совет народных комиссаров
Красная Армия
Белое движение
Гражданская война
Сепаратный мирный договор
Иностранная интервенция
Мировая революция

Декреты
Военный коммунизм
Продразверстка
Авторитаризм
Тоталитаризм
Коминтерн
Новая экономическая политика
Продналог
Индустриализация
Коллективизация
Культурная революция
«Мюнхенский сговор»
Лига Наций
Коллективная безопасность
Вторая Мировая война
Пакт о ненападении
Государственный Комитет обороны, Ставка Верховного
главнокомандования
Эвакуация
Антигитлеровская коалиция
Второй фронт
Коренной перелом
Партизанское движение, подпольное движение
Сопrotивление
Фашизм, японский милитаризм
Ленд-лиз
Капитуляция
ООН
НАТО, ОВД
Репрессии
Либерализация политического режима
Десталинизация
Денежная реформа
Мировая социалистическая система
«Оттепель»
ГУЛАГ
Реабилитация
«Холодная война»
Совхоз
Целина
Мелиорация
Спутник
Освоение космоса
Паритет
Правозащитное движение

Диссиденты
Развитой социализм
Герантократия
Разрядка
«Теневая экономика»
Концепция развитого социализма
Разрядка международной напряженности
Стабильность кадров
Реформа хозяйственного механизма
Экстенсивный путь развития
Страны социалистической ориентации
Перестройка
Гласность
«Новое политическое мышление»
Плюрализм
СНГ
Приватизация
Прибыль и рентабельность
Госприемка
«Шоковая терапия»
Ваучер
Распад СССР
Многопартийность
Возрождение парламентаризма
Рыночная экономика
Борьба с экстремизмом и терроризмом
Дефолт
Стабилизация
Финансовый кризис
Содружество Независимых государств
Правовое государство
Гражданское общество
Рыночная экономика
Дефолт
Вертикаль власти
Олигархи
Глобализация
Совет Федерации
Государственная Дума
Совет Европы
ВТО

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамки официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьезный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный,

поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис -

это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА

Одной из форм текущего контроля является доклад, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада является обязательной для обучающихся, если доклад указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Обычно доклад сопровождается представлением презентации.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обуславливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

Выступление

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликаться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас это не оставит равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

Презентация

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;
- составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;
- подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;
- подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;
- создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;
- просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

Требования к оформлению презентации

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносятся опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

Примером практико-ориентированного задания по дисциплине «История России» выступает **анализ исторического документа**.

Алгоритм анализа исторического документа:

1. Происхождение текста.

1.1. Кто написал этот текст?

1.2. Когда он был написан?

1.3. К какому виду источников он относится: письмо, дневник, официальный документ и т.п.?

2. Содержание текста.

Каково содержание текста? Сделайте обзор его структуры. Подчеркните наиболее важные слова, персоналии, события. Если вам не известны какие-то слова, поработайте со словарем.

3. Достоверна ли информация в тексте?

3.1. Свидетелем первой или второй очереди является автор текста? (Если автор присутствовал во время события, им описываемого, то он является первоочередным свидетелем).

3.2. Текст первичен или вторичен? (Первичный текст современен событию, вторичный текст берет информацию из различных первичных источников. Первичный текст может быть написан автором второй очереди, то есть созданным много позже самого события).

4. Раскройте значение источника и содержащейся в ней информации.

5. Дайте обобщающую оценку данному источнику.

- Когда, где и почему появился закон (сборник законов)?

- Кто автор законов?

- Чьи интересы защищает закон?

- Охарактеризуйте основные положения закона (ссылки на текст, цитирование).

- Сравните с предыдущими законами.

- Что изменилось после введения закона?

- Ваше отношение к этому законодательному акту (справедливость, необходимость и т.д.).

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА ЭССЕ

Эссе - прозаическое сочинение небольшого объема и свободной композиции на частную тему, трактуемую субъективно и обычно неполно. (Словарь Ожегова)

Жанр эссе предполагает свободу творчества: позволяет автору в свободной форме излагать мысли, выражать свою точку зрения, субъективно оценивать, оригинально освещать материал; это размышление по поводу когда-то нами услышанного, прочитанного или пережитого, часто это разговор вслух, выражение эмоций и образность.

Уникальность этого жанра в том, что оно может быть написано на любую тему и в любом стиле. На первом плане эссе – личность автора, его мысли, чувства, отношение к миру. Однако необходимо найти оригинальную идею (даже на традиционном материале), нестандартный взгляд на какую-либо проблему. Для грамотного, интересного эссе необходимо соблюдение некоторых правил и рекомендаций.

Особенности эссе:

- - наличие конкретной темы или вопроса;
- - личностный характер восприятия проблемы и её осмысления;
- - небольшой объём;
- - свободная композиция;
- - непринуждённость повествования;
- - внутреннее смысловое единство;
- - афористичность, эмоциональность речи.

Эссе должно иметь следующую структуру:

1. Вступление (введение) определяет тему эссе и содержит определения основных встречающихся понятий.

2. Содержание (основная часть) - аргументированное изложение основных тезисов. Основная часть строится на основе аналитической работы, в том числе - на основе анализа фактов. Наиболее важные обществоведческие понятия, входящие в эссе, систематизируются, иллюстрируются примерами. Суждения, приведенные в эссе, должны быть доказательны.

3. Заключение - это окончательные выводы по теме, то, к чему пришел автор в результате рассуждений. Заключение суммирует основные идеи. Заключение может быть представлено в виде суммы суждений, которые оставляют поле для дальнейшей дискуссии.

Требования, предъявляемые к эссе:

1. Объем эссе не должен превышать 1–2 страниц.
2. Эссе должно восприниматься как единое целое, идея должна быть ясной и понятной.

3. Необходимо писать коротко и ясно. Эссе не должно содержать ничего лишнего, должно включать только ту информацию, которая необходима для раскрытия вашей позиции, идеи.

4. Эссе должно иметь грамотное композиционное построение, быть логичным, четким по структуре.

5. Эссе должно показывать, что его автор знает и осмысленно использует теоретические понятия, термины, обобщения, мировоззренческие идеи.

6. Эссе должно содержать убедительную аргументацию для доказательства заявленной по проблеме позиции. Структура любого доказательства включает по меньшей мере три составляющие: тезис, аргументы, вывод или оценочные суждения.

- Тезис — это сужение, которое надо доказать.
- Аргументы — это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса.
- Вывод — это мнение, основанное на анализе фактов.
- Оценочные суждения — это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах.

Приветствуется использование:

- Эпиграфа, который должен согласовываться с темой эссе (проблемой, заключенной в афоризме); дополнять, углублять лейтмотив (основную мысль), логику рассуждения вашего эссе. Пословиц, поговорок, афоризмов других авторов, также подкрепляющих вашу точку зрения, мнение, логику рассуждения.

- Мнений других мыслителей, ученых, общественных и политических деятелей.

- Риторические вопросы.

- Непринужденность изложения.

Подготовка и работа над написанием эссе:

- изучите теоретический материал;
- уясните особенности заявленной темы эссе;
- продумайте, в чем может заключаться актуальность заявленной темы;

- выделите ключевой тезис и определите свою позицию по отношению к нему;

- определите, какие теоретические понятия, научные теории, термины помогут вам раскрыть суть тезиса и собственной позиции;

- составьте тезисный план, сформулируйте возникшие у вас мысли и идеи;

- для каждого аргумента подберите примеры, факты, ситуации из жизни, личного опыта, литературных произведений;

- распределите подобранные аргументы в последовательности;

- придумайте вступление к рассуждению;

- изложите свою точку зрения в той последовательности, которую вы наметили.
- сформулируйте общий вывод работы.

При написании эссе:

- напишите эссе в черновом варианте, придерживаясь оптимальной структуры;
- проанализируйте содержание написанного;
- проверьте стиль и грамотность, композиционное построение эссе, логичность и последовательность изложенного;
- внесите необходимые изменения и напишите окончательный вариант.

Требования к оформлению:

- Титульный лист.
- Текст эссе.
- Формат листов-А4. Шрифт- Times New Roman, размер-14, расстояние между строк- интерлиньяж полуторный, абзацный отступ-1,25см., поля-30мм(слева), 20мм (снизу),20мм (сверху), 20мм (справа). Страницы нумеруются снизу по центру. Титульный лист считается, но не нумеруется.

Критерии оценивания эссе:

1. Самостоятельное проведение анализа проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария
2. Четкость и лаконичность изложения сути проблемы
3. Материал излагается логически последовательно
4. Аргументированность собственной позиции
5. Наличие выводов
6. Владение навыками письменной речи

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

- *Письменный опрос*

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избежать грамматических ошибок в работе.

- *Устный опрос*

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).

7. Использование дополнительного материала.

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу. Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*История России*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*История России*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу

С.А.Упоров

**Методические указания для практических занятий
по дисциплине СГ.02 «Иностранный язык в
профессиональной деятельности»
для обучающихся по специальности
20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов**

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

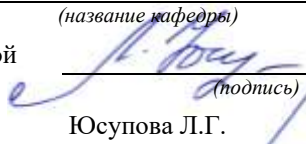
на базе основного общего образования

год набора: 2024

Автор: Радионова Т.Ю.

Одобрена на заседании кафедры
иностранных языков и деловой
коммуникации (ИЯДК)

Зав.кафедрой

(название кафедры)

(подпись)
Юсупова Л.Г.

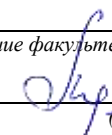
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 19.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
инженерно-экономического факультета

Председатель

(название факультета)

(подпись)

Мочалова Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Перечень тем практических занятий	4
Опрос	5
Практико-ориентированное задание	5
Доклад	6
Контрольная работа	7
Зачет 1	7
Зачет 2	7
Критерии оценивания	7
Список рекомендованной литературы	9
Перечень интернет-ресурсов	10

Пояснительная записка

Методические указания для практических занятий разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины ОГСЭ.03 «Иностранный язык в профессиональной деятельности» для обучающихся по специальности 20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов. Дисциплина «Иностранный язык в профессиональной деятельности» является дисциплиной социально-экономического цикла. Методические указания по выполнению практических заданий предназначены для организации работы на практических занятиях по учебной дисциплине «Иностранный язык в профессиональной деятельности».

Перечень тем практических занятий

	<i>Тема, раздел</i>	<i>Кол-во практич. занятий</i>	<i>Наименовани е оценочного средства</i>
<i>1 семестр</i>			
1.	<u>Часть А: Бытовая сфера общения:</u> Семья. Взаимоотношения в семье, семейные традиции. Жилищные условия. Устройство городской квартиры/загородного дома.). <u>Часть Б: Грамматика:</u> Основные глаголы «быть», «иметь». Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.	6	опрос
2.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Мой факультет городского хозяйства, УГГУ (история, факультеты, здания, учебный год) <u>Часть Б: Грамматика:</u> степени сравнения прилагательных и наречий.	6	доклад
<i>2 семестр</i>			
3.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Образование в России и в стране изучаемого языка <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге Англ.яз.: Простые времена (Simple Tenses) Нем.яз.: Настоящее время (Präsens), простое прошедшее время (Präteritum), Фр.яз.: Настоящее время Présent de l'Indicatif, сложное прошедшее время (Passé composé)	16	опрос
4.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Екатеринбург - столица Урала. Мой родной город. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге. Англ.яз.: Продолженные времена (Continuous Tenses). Нем.яз.: сложное прошедшее время (Perfekt, Plusquamperfekt) Фр.яз.: незаконченное прошедшее время: Imparfait. Простое прошедшее время (Passé simple).	18	доклад
	Проведение зачета	2	Зачет
<i>3 семестр</i>			
5.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Страны изучаемого языка и их столицы <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге. Англ.яз.: Завершенные времена (Perfect Tenses) Нем.яз.: Будущее время (Futurum I, II). Фр.яз.: простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats)	6	опрос
6.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Покупки. Товары. Магазины <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем, фр: система времен в страдательном залоге	6	практико-ориентированное задание
<i>4 семестр</i>			
7	<u>Часть А: Профессиональная сфера:</u> Избранное направление профессиональной деятельности. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем., фр.яз.: Согласование времен. Косвенная речь	6	опрос
8	<u>Часть А: Профессиональная сфера:</u> Экология. Проблемы экологии и природопользования.	6	практико-ориентированное задание
	Проведение зачета	2	Экзамен
	ИТОГО	74	

Опрос

Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы студентов и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала студент должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов.

Опрос предполагает устный ответ студента на 4 основных и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ студента должен представлять собой развернутое, связанное, логически выстроенное сообщение.

Вопросы для проведения опроса по теме 1

1. Я и моя семья (количество человек в семье, их возраст, профессия, хобби), семейные традиции, уик-энды.
2. Моя квартира/загородный дом (в какой квартире вы живете, какие современные удобства у вас есть в квартире, обстановка в квартире, квартира вашей мечты)
3. Спряжение глаголов «быть», «иметь».
4. Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.

Вопросы для проведения опроса по теме 3

1. Система образования в Российской Федерации.
2. Система образования в стране изучаемого языка.
3. Лучшие ВУЗы мира.
4. Времена в активном залоге:

Вопросы для проведения опроса по теме 5

1. Географическое положение стран изучаемого языка.
2. История стран изучаемого языка.
3. Знаменитые люди страны изучаемого языка
4. Система времен действительного залога.

Вопросы для проведения опроса по теме 7

1. Избранное направление профессиональной деятельности: гидрогеология и инженерная геология.
2. Профессиональные качества, необходимые для успешного карьерного роста.
3. Основные виды деятельности техника по гидрогеологии и инженерной геологии .
4. Сферы будущей профессиональной деятельности
3. Согласование времен. Косвенная речь

Практико-ориентированное задание

Практико-ориентированные задания направлены на формирование у студента знаний, умений и владений, необходимых для коммуникации на иностранном языке. Для подготовки к практико-ориентированным заданиям студенту необходимо изучить лексические и грамматические конструкции, представленные в данном разделе / теме. Данные задания предполагают как письменные, так и устные ответы. Ответ должен быть логически, лексически и грамматически верным. Количество заданий определяется преподавателем, исходя из уровня знаний студента.

Практико-ориентированные задания по теме 6 (Магазины)

1. Выполнить упражнение на виды магазинов и товары, продаваемые в этих магазинах.
2. Составить диалог «Покупка товаров в магазине».
3. Выполнить упражнения на времена в страдательном залоге

Практико-ориентированные задания по теме 8 (Экология. Проблемы экологии и природопользования)

1. Перевести текст, составить глоссарий, тезисы к тексту, выразить мнение о прочитанном тексте.
2. Выполнить лексические упражнения.

Доклад (на иностранном языке)

Студентам рекомендуется просмотреть список тем докладов и выбрать наиболее интересные для них темы, после чего приступить к подготовительному этапу (составление плана и обсуждение его с преподавателем, постановка целей и задач доклада, составление списка источников, которые будут использованы во время работы и т.д.) и непосредственно к самой исследовательской деятельности. В своей работе студенты могут пользоваться различными источниками: интернет - ресурсами, периодическими изданиями, учебной литературой и т.п. Доклад должен быть оформлен в печатном виде объемом не менее 2500 тыс. знаков на листах формата А4 на иностранном языке с указанием автора, группы и преподавателя. Защита доклада осуществляется во время занятий по иностранному языку.

Темы докладов по УГГУ

1. История УГГУ
2. Известные выпускники УГГУ
3. Колледж УГГУ
4. Студенческая жизнь

Темы докладов по Екатеринбургу

1. История Екатеринбурга.
2. Музеи Екатеринбурга.
3. Урал.
4. Мой родной город.

Порядок подготовки к докладу:

1. Выберите тему.
2. Осуществите поиск информации с использованием интернет-ресурсов, библиотечных ресурсов, краеведческих материалов, словарей.
3. Обработайте ее.
4. Воспроизведите на английском языке.
5. Подготовьте грамотный, логически законченный рассказ.
6. Подберите иллюстрационный материал к проектам. При подборе иллюстраций используйте метод виртуальной экскурсии.
7. Прорепетируйте свое выступление.

Структура доклада.

1. Вступление: должно содержать название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.
2. Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами.

3. Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.
4. Список литературы.

Контрольная работа

Контрольная работа включает в себя грамматический тест (количество заданий –20).

При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

Зачет 1 (во 2-ом семестре)

Зачет включает в себя лексико-грамматический тест (количество заданий –20).

При подготовке к зачету следует повторить лексический и грамматический материал за 1 и 2 семестр. При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

Зачет 2 (в 4-ом семестре)

Зачет включает в себя:

- 1) письменное выполнение заданий на точное понимание содержания прочитанного текста на иностранном языке с использованием словаря (количество вопросов в работе – 2);
- 2) лексико-грамматический тест (количество заданий – 20)

При подготовке к зачету следует повторить лексический и грамматический материал за 3 и 4 семестр. Ответы на письменные задания должны быть точными, соответствующими содержанию текста, грамматически, лексически и синтаксически правильно оформленными. Ответ, представляющий бессвязный набор слов рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный зачет может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк). Рекомендуемое время, отводимое для чтения текста и выполнения письменных заданий к нему – 60 минут.

Прежде чем приступить к выполнению тестовых заданий обучающийся должен внимательно ознакомиться со всеми предложенными вопросами. Далее, в соответствии с инструкцией к тестовым заданиям, студент должен ответить на поставленные вопросы: выбрать один или несколько ответов из предложенного списка, установить соответствие элементов двух списков, расположить элементы списка в определенной последовательности, самостоятельно сформулировать ответ и т.д. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 30 минут.

Критерии оценивания

Опрос

правильность ответа на вопросы – 0-2 балла

всесторонность и глубина ответа (полнота) – 0-2 балла

лексически верное оформление ответа - 0-2 балла
грамматически верное оформление ответа – 0-2 балла
логически верное оформление ответа – 0-2 балла
Максимальное количество - 10 баллов

Практико-ориентированные задания

логичность изложения материала - 3 балла
решение коммуникативной задачи- 2 балла
соответствие словарного запаса поставленной коммуникативной задаче - 3 балла
использование разнообразных грамматических конструкций в соответствии с поставленной задачей -2 балла
Максимальное количество - 10 баллов

Доклад

Критерии оценивания доклада: содержание и соответствие теме, структура работы, лексико-грамматическое оформление, орфография и пунктуация, выступление, представление работы, лексико-грамматическое оформление речи, фонетическое оформление речи, ответы на вопросы.

Содержание и соответствие теме, структура работы, лексико-грамматическое оформление, орфография и пунктуация, выступление, представление работы, лексико-грамматическое оформление речи, фонетическое оформление речи, ответы на вопросы.

Доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям – 9-10 баллов.

Доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 7-8 баллов.

Доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 4-6 баллов.

Доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-3 балла.

Максимальное количество - 10 баллов

Контрольная работа

Критерии оценивания: правильность ответа – 0,5 балла.

Максимальное количество - 10 баллов

Зачет 1

Критерии оценивания: правильность ответа - 2 балла.

Максимальное количество баллов - 40

Зачет 2

Критерии оценивания:

5 баллов за каждый верный ответ на вопрос к тексту

1,5 балла за каждое верно выполненное тестовое задание.

Максимальное количество баллов - 40

При реализации дисциплины «Иностранный язык» используется балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки учебной деятельности (учебном рейтинге) обучающихся в ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (СМК ОД.Пл.04-06.222-2021).

Распределение баллов в рамках текущего рейтинга и рейтинга промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Иностранный язык» представлены в комплекте оценочных средств.

Полученные значения учебного рейтинга обучающихся в баллах переводятся в оценки, выставляемые по следующей шкале:

Количество баллов	Отметка за зачет с оценкой	Отметка о зачете
80-100	Отлично	Зачтено
65-79	Хорошо	
50-64	Удовлетворительно	
0-49	Неудовлетворительно	Не зачтено

Список литературы

Основная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Агабекян, И. П. Английский язык для ссузов: учебное пособие / И. П. Агабекян. - Москва : Проспект, 2019. - 280 с. .	5
2	Голицынский Ю.Б. Грамматика: сборник упражнений / Ю. Б. Голицынский. - Изд. 8-е, испр. - Санкт-Петербург : КАРО, 2017. - 576 с.	5

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Миляева Н. Н. Немецкий язык: учебник и практикум для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / Н. Н. Миляева, Н. В. Кукина. - Москва : Юрайт, 2019. - 353 с.	13
2	Листвин Д. А. Вся грамматика немецкого языка для школы в упражнениях и правилах. Грамматика немецкого языка в упражнениях с правилами: сборник упражнений / Д. А. Листвин. - Москва : АСТ : Lingua, 2019.	13

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Бартенева И. Ю. Французский язык: учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / И. Ю. Бартенева, О. В. Желткова, М. С. Левина. - Москва: Юрайт, 2019. - 332 с.	13
2	Попова И.Н. Французский язык/ Manuel de francais : учебник для 1 курса ВУЗов и факультетов иностранных языков / И. Н. Попова, Ж. А. Казакова, Г. М. Ковальчук. - Изд. 21-е, испр. - Москва : Нестор Академик, 2018. - 576 с.	13

Дополнительная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Степанова Н. А. An Introduction to Environmental Awareness = Знакомство с основными проблемами охраны окружающей среды : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Степанова Н. А. - Санкт-Петербург : Антология, 2021. - 128 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/104010.html . - ISBN 5-94962-116-6 : Б. ц.	Эл. ресурс
2	Мясникова, Ю.М. BRITAIN AND THE BRITISH: учебное пособие по английскому языку для студентов 1 и 2 курсов всех направлений и специальностей / Ю. М. Мясникова ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 2. - 2-е изд., стер. - 2017. - 48 с.	20
3	Мясникова, Ю.М. Britain and the british : учебное пособие по английскому языку для студентов I и II курсов всех направлений и специальностей / Ю. М.	56

	Мясникова ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 1. - 2019. - 52 с.	
--	---	--

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Примак, С. С. Научно-техническая информация и перевод (немецкий язык) : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Примак С. С. - Барнаул : Алтайский государственный педагогический университет, 2021. - 120 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/108872.html . - ISBN 978-5-88210-985-0	Эл. ресурс
2	Немецкий язык для технических вузов = Deutsch für technische Hochschulen : учебник для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки (квалификация (степень) "бакалавр"), дисциплине "Немецкий язык" / Н. В. Басова [и др.] ; под ред. Т. Ф. Гайвоненко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральный институт развития образования. - 13-е изд., перераб. и доп. - Москва : Кнорус, 2017. - 510 с.	39

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Фёдорова, Т. А. Французский язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Фёдорова Т. А. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. - 68 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/111783.html	Эл. ресурс
2	Бородулина, Н. Ю. Французский язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Бородулина Н. Ю. - Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 79 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/110570.html . - ISBN 978-5-4488-1319-1, 978-5-4497-1337-7	Эл. ресурс

Перечень интернет-ресурсов

Ресурсы сети Интернет:

Английский язык

1. Грамматика английского языка. Английская грамматика. www.native-english.ru/grammar
2. Английский язык.ru – Пособия по английскому языку. <http://english.language.ru/posob/index.html>
3. Статьи, справочники по лингвистике, переводу, изучению языков. Грамматика, топики (темы), тесты по английскому. www.linguistic.ru
4. Онлайн-словарь www.lingvo.ru
5. Онлайн-словарь www.multitran.ru
6. Онлайн курсы www.study.ru, www.edufind.com,

Немецкий язык

1. Немецкий журнал <http://www.focus.de>
2. Интерактивная грамматика немецкого языка <http://www.grammade.ru>
3. Электронный словарь <http://www.langenscheidt.de>
4. Онлайн курсы, тесты <http://www.test.de>, <http://www.oeko-test.de>

Французский язык

1. Обучающий портал www.le-francais.ru
2. Обучающий портал <http://www.studyFrench.ru>
3. спряжение французских глаголов - les-verbess.com.
4. онлайн-словарь www.multitran.ru.
5. Грамматика. <https://french-online.ru/francuzskaja-grammatika/>

Информационные справочные системы:

Английский язык

1. Мультимедийная энциклопедия- www.britannika.com
2. Cambridge Dictionary - <https://dictionary.cambridge.org/>

Немецкий язык

1. Электронная энциклопедия <http://www.brockhaus.de>
2. Электронная энциклопедия <http://de.wikipedia.org/wiki>

Французский язык

1. Толковый словарь французского языка Larousse - <https://www.larousse.fr/>
2. Толковый словарь французского языка Le Robert- <https://dictionnaire.lerobert.com/>

Базы данных:

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

20.02.01

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

Авторы: Тетерев Н.А., Гребенкин С.М., Кузнецов А.М.

Одобрена на заседании кафедры

Безопасности горного производства

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Елохин В.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 20.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Инженерно-экономический факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2022

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАКАЛИВАНИЯ ОРГАНИЗМА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	4
КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	4
ОСНОВЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ	4
ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ	4
ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ	5
ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ, ВЫВИХАХ, УШИБАХ, РАСТЯЖЕНИЯХ	5
ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС	5
ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ	5
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	6
ОСНОВЫ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ	6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	8
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	8

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т. е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАКАЛИВАНИЯ ОРГАНИЗМА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Основные физические качества: быстрота, сила, выносливость, гибкость.

Закаливание: методы закаливания, основные принципы закаливания, водные процедуры, процедура обтирания, солнечные ванны, хождение босиком (босохождение).

КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Неблагоприятные условия труда: ущерб здоровью, сокращение продолжительности жизни (СПЖ), риск. Оптимальные условия труда. Допустимые условия труда. Вредные условия труда подразделяются на 4 степени вредности. Опасные (экстремальные) условия труда.

Оценка влияния вредных факторов на здоровье человека. Скрытый ущерб здоровью на основании общей оценки класса условий труда. Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса. Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской ($K_{Г}$) и бытовой ($K_{Б}$) среды, сутки/год. Показатели $K_{ч}$ и $K_{си}$ в различных отраслях экономики и по отдельным профессиям. Риск принудительной гибели людей в непроизводственных условиях. Классы условий труда в зависимости от условий труда (температура, пыль, шум, вибрации, тепловое излучение и освещение РМ). Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса. Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса.

ОСНОВЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

Медицинская помощь: первая помощь, скорая медицинская помощь, первичная медико-санитарная помощь специализированная медицинская помощь. Принципы оказания первой помощи: срочность и очередность, последовательность, все приёмы ПП должны быть щадящими. При оказании ПП необходимо помнить, что она должна быть правильной и целесообразной, быстрой и обдуманной, решительной, но спокойной.

Признаки жизни. Признаки смерти. Признаки клинической смерти (сомнительные). Признаки биологической смерти (явные).

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ

Рана. Классификация ран: слепыми, сквозными, ранения мягких тканей, повреждением костей, проникающие, непроникающие, резаная рана, рубленая рана, рваная рана, колотая рана, скальпированная рана, ушибленная рана, укушенная рана, огнестрельная рана.

Первая помощь при ранениях. Раневая инфекция: нагноение, сепсис, рожистое воспаление, газовой инфекции (гангрена), столбняк, бешенство.

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ

Капиллярные кровотечения. Венозные кровотечения: Симптомы венозных кровотечений. Артериальные кровотечения. Признаки артериального кровотечения. Внутренние кровотечения. Симптомы внутреннего кровотечения. Желудочно-кишечные кровотечения. Признаками желудочно-кишечного кровотечения.

Приемы остановки кровотечений: наложение давящей повязки, пальцевое прижатие артерии выше раны, точки прижатия артерий, наложение кровоостанавливающего жгута.

Ошибки и осложнения при наложении жгута. Фиксирование конечности в положении максимального сгибания.

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ, ВЫВИХАХ, УШИБАХ, РАСТЯЖЕНИЯХ

Иммобилизация. Перелом. Симптомы переломов: абсолютные симптомы перелома, относительные симптомы перелома, помощь при закрытом переломе, помощь при открытом переломе. Первая помощь при переломах. Особенности перелома костей у детей. Правила наложения шин. Виды шин. Транспортная иммобилизация. Травматический шок. Фазы травматического шока. Фаза возбуждения (эректильная). Фаза торможения (торпидная). Степени шока: легкая, средней тяжести, тяжелая, предагональная. Основные меры профилактики травматического шока. Травма. Травматизм. Виды травм: изолированная травма, множественная травма, сочетанная травма, комбинированная травма. Основные мероприятия по профилактике травматизма. Борьба с последствиями травматизма. Закрытые травмы. Ушибы. Признаки ушибов. Первая помощь при ушибах. Сотрясение головного мозга. Первая помощь при сотрясении головного мозга. Растяжение связок. Симптомами растяжения связок являются первой помощи при растяжении связок. Вывихи. Симптомы вывиха. Первая помощь при вывихе. Разрыв связок. Симптомы разрыва связок. Первая помощь при разрыве связок. Разрывы мышц. Симптомы разрыва мышц. Первая помощь при разрыве мышц. Разрыв сухожилия. Симптомы разрыва сухожилия. Первая помощь при разрыве сухожилия.

ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС

Эвакуация. План эвакуации. Эвакуационный выход. Аварийные выход. Путь эвакуации. Тупик.

Порядок действий, при следовании на сборный пункт после получения извещения об эвакуации. Порядок действий по прибытии в пункт эвакуации.

ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

Ядерное оружие. Порядок надевания противогаза. Порядок снятие противогаза. Подбор размера противогаза.

Респиратор. Ватно-марлевая повязка. Средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ). Средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК). Противопыльные тканевые маски.

Очаг биологического поражения. Причина заражения. Основные формы борьбы с эпидемиями. Дезинсекция и дератизация.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Общие понятия об устойчивости работы объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Повышением устойчивости функционирования организации в ЧС (ПУФ в ЧС). Основные факторы, влияющие на устойчивость работы объектов экономики. Прогнозирование и оценка устойчивости функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Оценка устойчивости функционирования объекта экономики в условиях чрезвычайных ситуаций. Мероприятия и способы повышения устойчивости работы объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Организационные мероприятия. Инженерно-технические мероприятия. Специальные мероприятия. План-график наращивания мероприятий по повышению устойчивости функционирования при угрозе возникновения ЧС. Оценка устойчивости объекта экономики к воздействию механических поражающих факторов (воздушной ударной волны).

ОСНОВЫ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ

Родина и ее национальная безопасность. История создания и развития Вооруженных сил России. Состав Вооруженных сил Российской Федерации. Патриотизм, верность воинскому долгу — неотъемлемые качества русского воина, основа героизма. Память поколений — дни воинской славы России. Дружба и войсковое товарищество — основа боевой готовности войск. Боевое знамя воинской части — символ воинской чести, доблести и славы. Ордена — почетные награды за воинские отличия и заслуги в бою и военной службе. Ритуалы Вооруженных сил Российской Федерации. Организация занятий и меры безопасности при проведении учебных сборов. Размещение и быт военнослужащих. Суточный наряд. Обязанности лиц суточного наряда. Организация караульной службы. Обязанности часового. Строевая подготовка. Огневая подготовка. Автомат Калашникова. Тактическая подготовка.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Первая помощь и её значение.
2. В чём заключается сущность ПП.
3. Перечислите принципы оказания первой помощи.
4. Назовите признаки (симптомы) ран.
5. По каким признакам классифицируются раны.
6. ПП при ранениях.
7. Что такое раневая инфекция? Симптомы наиболее опасных раневых инфекций.
8. Назовите основные виды кровотечений.
9. Как можно остановить капиллярное кровотечение?
10. Каковы признаки артериального кровотечения и чем оно опасно для пострадавшего?
11. В каких случаях накладывают жгут?
12. Каковы основные правила наложения жгута?
13. Какие существуют травмы?
14. Назовите признаки ушиба, вывиха, растяжения связок. Последовательность и правила оказания первой помощи.
15. Назовите признаки перелома костей конечностей. Последовательность и правила оказания первой помощи при переломах.
16. Охарактеризуйте механизмы развития стадий травматического шока. Меры профилактики шокового состояния.
17. Назовите симптомы сотрясения головного мозга. В чём опасность плохо пролеченных легких сотрясений головного мозга?
18. Что означает термин «эвакуация населения»?
19. В каких случаях осуществляется эвакуация населения?
20. Каков порядок эвакуации населения?
21. Что необходимо брать с собой во время эвакуации?
22. На какой срок рассчитывается запас продуктов и питья?
23. Перечислите СИЗОД.
24. Перечислите СИЗ кожи.
25. Назовите порядок изготовления ВМП.
26. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?
27. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?
28. Что относится к основным средствам защиты населения от биологического оружия?
29. Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?
30. Какие действия предполагает санитарная обработка?
31. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

32. Вооруженные силы РФ - основа обороны государства.
33. Военная обязанность и ее составляющие.
34. Военнослужащий - защитник своего Отечества.
35. Требования воинской деятельности к военнослужащим.
36. Военнослужащий - подчиненный, строго соблюдающий законы и воинские уставы.
37. Как стать офицером Российской армии.
38. Боевые традиции ВС РФ.
39. Символы воинской чести.
40. Ритуалы Вооруженных сил РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удастся. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Н. Кирилов. Организация и ведение гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.: Учебное пособие для преподавателей и слушателей. /УМЦ, Курсов ГО и работников ГО ЧС предприятий, организаций и учреждений – М: 2002., С.352-386. (Институт риска и безопасности)
2. Г.П. Демиденко. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время. Киев, 1984.С.6-226.
3. О. Русак, К. Малаян, Н. Занько. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Спб.:, 2000.,С.414-424.
4. В.А. Владимиров, Г.М. Сергеев, С.А. Михайлов, В.Н. Белобородов, А.Б. Аванян. Предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования организаций.: Сборник методических материалов по тематике ГО и ЧС. М: Редакция журнала «Военные знания», 2000.,С.18-30.

5. В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов. Гражданская оборона.: Учебник для вузов – М: «Высшая школа», 1986.,С.106-133.
6. Атлас география России, население и хозяйство. М: Издательство «Д и К», 1997., С. 11,34.
7. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. / Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2001. – 485с.
8. Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. - 3-е изд., стереотипн. - М.: Академия, 2011. - С.229-240.
9. Смирнов А.Т., Васнев В.А. «Основы военной службы», ООО «Дрофа», 2006

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «Прикладная геодезия и экологическое картографирование»

Направления подготовки

20.02.01

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе среднего общего образования

год набора: 2023

Автор: Назаров И.В.

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров

(название кафедры)

Зав. Кафедрой _____

(подпись)

Акулова Е.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 09.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург

2022

СОДЕРЖАНИЕ

1.	РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ	4
1.1.	Определение расстояний	6
1.2.	Определение географических координат	7
1.3.	Определение прямоугольных координат	7
1.4.	Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны	8
1.5.	Определение дирекционного угла, истинного азимута и магнитного азимута линии	8
1.6.	Определение отметок точек и превышения между точками	9
1.7.	построение профиля местности по заданному направлению	10
1.8.	Определение крутизны ската	11
1.9.	Проектирование линии с заданной крутизной ската	12
1.10.	Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром	15
2.	РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ	17
2.1.	Привязка аэроснимка к топографической карте	17
2.2.	Определение масштаба аэрофотоснимка и высоты фотографирования	18
3.	СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА	20
3.1.	Построение координатной сетки	20
3.2.	Нанесение точек съемочного обоснования по координатам	22
3.3.	Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей	23
3.4.	Вычерчивание топографического плана	25
4.	ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ	27
4.1.	Обработка результатов нивелирования	27
4.2.	Построение профиля	30
4.3.	Проектирование по профилю	32
5.	РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ	34
5.1.	Измерение горизонтальных и вертикальных углов	34
5.2.	Измерение расстояний нитяным дальномером	37
5.3.	Измерение превышений	38

I. РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ

Для современных топографических карт установлены следующие масштабы: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

Топографические карты широко используются в народном хозяйстве для решения различных инженерных задач и служат основой для создания карт специального назначения.

Листы топографических карт различных масштабов объединены специальной системой разграфки и номенклатуры, основой которой является лист карты масштаба 1:1000 000. Каждый лист топографической карты ограничен с севера и юга параллелями, а с запада и востока – меридианами. Линии меридианов и параллелей образуют внутреннюю географическую рамку листа топографической карты, а их пересечение – углы рамки, которым соответствуют географические координаты, подписываемые на карте (широта φ и долгота λ). Например, координаты северо-западного угла рамки (рис. 1.1.).

$$\varphi = 54^{\circ}20' , \lambda = 14^{\circ}15'$$

Параллельно линиям географической раски с внешней ее стороны на карте показывается минутная рамка, линии которой разделены на черные и белые интервалы. Длины интервалов по северной и южной сторонам рамки соответствуют одной минуте долготы, а по западной и восточной – одной минуте широты.

Каждый интервал минутной рамки разбит точками на интервалы по 10^{сек}. С помощью минутной рамки определяют географические координаты точек на карте: широта φ и долгота λ .

Для определения плоских прямоугольных координат точек на топографических картах наносится прямоугольная координатная сетка. Линии координатной сетки проходят параллельно осям координат зоны, в которой расположен данный лист. Обычно линии координатной сети проходят через 1 км. Оцифровка линий координатной сетки дается у их выходов за географической рамкой (рис. 1.1). Полные абсциссы и ординаты в (километрах) подписываются на выходах крайних линий данного листа. Остальные линии подписываются двумя последними цифрами.

Например:

абсциссы: 6019, 20, 21, 22, 6023,

ординаты: 3452, 53, 54, 3455.

Листы топографических карт сопровождаются зарамочным оформлением. Над северной рамкой указывается номенклатура листа, его название, система координат (рис. 1.1.). Под южной рамкой указывается численный и линейный масштабы карты, высота сечения рельефа, система высот, данные о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, график заложений, вывозные данные, указывающие метод и год создания карты.

Между минутной и внешней рамками помещены номенклатуры смежных листов карт того же масштаба. На топографических картах специальными условными знаками изображаются контуры и рельеф местности, а также прочие сведения о ней.

Наличие на картах географической и прямоугольной сеток координат, данных о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, графика заложений и других данных позволяет решать по карте различные топографические и инженерные задачи.

студентами работы выполняются по топографической карте масштаба 1:10 000 на специальных бланках.

1.1. Определение расстояний

Циркулем – измерителем снимается величина отрезка на топографической карте между заданными точками. По линейке до 0,01 см измеряют длину этого отрезка (ℓ см). С помощью численного масштаба карты (I:M) определяется расстояние на местности (D) в метрах

$$D = \ell \cdot M,$$

где ℓ - длина отрезка с карты, измеренная по линейке в см;

M – знаменатель численного масштаба карты.

Пример: $\ell = 4,25$ см, $M = 10\,000$, $D = 4,25 \cdot 10\,000 = 42\,500$ см = 425 м.

Это же расстояние определяют с помощью линейного масштада, который помещается за южной рамкой листа карты под численным масштабом (рис. 1.1). Для этого циркулем – измерителем отрезок с карты откладывается на линейном масштабе так, чтобы правая игла измерителя была поставлена на оцифрованное деление линейного масштаба справа от «0», а левая игла попадала на первое (дробное) основание – слева от «0». По линейному масштабу справа налево считывается расстояние в метрах.

$$D = 425 \text{ м.}$$

1.2. Определение географических координат φ λ

Географические координаты определяются по минутной рамке. Для определения широты φ через точку (Рис. 1.1 точки N) проводят параллель до пересечения с минутной рамкой. По западной или восточной сторонам рамки, считают число минут и секунд ($\Delta\varphi$) между южной стороной рамки и параллелью данной точки.

Широта (φ) точки будет $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$, φ_0 - широта южной стороны рамки, долгота - $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$, λ_0 - долгота западной стороны рамки.

Для определения долготы через точку проводят меридиан и по северной или южной стороне минутной рамки отсчитывают долготу (λ).

Пример: определить φ и λ точки N (Рис. 1.1).

$$\lambda_0 = 54^0 17' 30'' \quad \Delta\varphi = 1' 53'', \quad \varphi_N = 54^0 17' 30'' + 1' 53'' = 54^0 19' 23''$$

$$\lambda_0 = 14^0 15' \quad \Delta\lambda = 0' 32'', \quad \lambda_N = 14^0 15' + 0' 32'' = 14^0 15' 32''$$

1.3. Определение прямоугольных координат X и Y

Прямоугольные координаты точки на карте определяются по координатной сетке. Для этого из точки опускают перпендикуляры на южную и западную стороны квадрата координатной сетки. Измерителям с помощью линейного масштаба определяют расстояния по этим перпендикулярам в метрах, которые представляют приращения координат ΔX и ΔY по оси абсцисс и оси ординат. Полученные приращения прибавляют к оцифрованным координатам сетки X_i и Y_i .

Пример: определить прямоугольные координаты точки D (рис. 1.1).

$$X_D = X_i + \Delta X, \quad Y_D = Y_i + \Delta Y$$

X_i - абсцисса южной горизонтальной линии сетки квадрата, в котором находится D .

$$X_i = 6022 \text{ км},$$

Y_i - ордината западной вертикальной линии этого же квадрата.

$$Y_i = 3453 \text{ км}.$$

$$\Delta X = 684 \text{ м} = 0,684 \text{ км}, \quad \Delta Y = 460 \text{ м} = 0,460 \text{ км}$$

$$X_D = 6022 \text{ км} + 0,684 \text{ км} = 6022684 \text{ м}$$

$$Y_D = 3453 \text{ км} + 0,460 \text{ км} = 3453460 \text{ м}.$$

1.4. Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны.

Долгота осевого меридиана зоны вычисляется по формуле:

$$L_0 = 6^0 \cdot n - 3^0 ,$$

где n – номер зоны.

$$\text{Для } n = 3 \quad L_0 = 6^0 \cdot 3 - 3^0 = 15^0$$

Расстояние от осевого меридиана до точки определяется по формуле:

$$d_D = Y_D - 500\text{км} , Y_D = 453460\text{м}$$

где Y_D - ордината точки.

$$d_D = 453460\text{м} - 500\text{км} = -46540\text{м}$$

следовательно, точка D расположена к западу от осевого меридиана на расстоянии 46540 м.

1.5. Определение дирекционного угла α , истинного азимута A и магнитного азимута A_m линии.

Для определения дирекционного угла заданной линии через начальную точку линии проводят прямую параллельную оси абсцисс, направлением на север (рис. 1.1., линия 1 – 2), от которой транспортиром измеряют угол по ходу часовой стрелки до направления на конечную точку линии.

$$\text{Пример: } \alpha_{1-2} = 238^{\circ} .$$

Истинный и магнитный азимуты вычисляют по формулам, пользуясь данными о сближении меридианов и склонении магнитной стрелки или по графику взаимного расположения меридианов.

$$A = \alpha + \gamma ,$$

$$A_m = \alpha - (\delta - \gamma) .$$

где γ - сближение меридианов,

δ - склонение магнитной стрелки.

При вычислении A и A_m по формулам учитываются знаки δ и γ .
 Азимут истинный $A = 238^0 + (-0^035\text{′}) = 237^0 25\text{′}$.
 Азимут магнитный $A_m = 238^0 - (0^045\text{′} - (-0^0 35\text{′})) = 236^0 40\text{′}$.
 Контроль вычисления A и A_m выполняют с помощью графика взаимного расположения меридианов (рис. 1.2).

Схема взаимного расположения меридианов

Из схемы видно, что $A_m = \alpha - (-0^0 35\text{′} + 0^0 45\text{′})$.

Для определения магнитного азимута на текущий год необходимо учесть годовое изменение склонения магнитной стрелки $\Delta\alpha = +2'$

$2\text{′} \cdot 34 \text{ года} = 68\text{′} = 1^0 08\text{′}$; $\delta = 0^0 45\text{′} + 1^0 08\text{′} = 1^0 53\text{′}$.

На 1993 год $A_m = 238^0 - (0^0 35\text{′} + 1^0 53\text{′}) = 238^0 - 2^0 28\text{′} = 235^0 32\text{′}$.

1.6 Определение отметок точек и превышений

Отметки точек на карте определяют по горизонталям. если точка находится на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой горизонтали. Точки I находится на горизонтали с отметкой 187,5 м. Следовательно, $H_I = 187,5 \text{ м}$ (рис. 1.3).

Если точка находится между горизонталями, то ее отметка определяется по формуле $H = H_0 + h'$

где H_0 - отметка ближайшей к точке горизонтали,

h' - превышение между точкой и горизонталью H_0 .

Превышение h' может быть как положительным, так и отрицательным. Зная, что высота между горизонталями изменяется пропорционально заложению, h' определяют по формуле: $h' = \frac{h \cdot b}{a}$,

где h – высота сечения рельефа,

a - расстояние между горизонталями (заложение),

v – расстояние от точки до ближайшей горизонтали H_0 .

Пример: Определить отметку H точки 2.

$$h = 2,5\text{ м} , v = \frac{I}{2}a , h' = \frac{2,5}{2} = 1,25\text{ м} ,$$

$$H_0 = 190,0 , H_2 = H_0 + h' = 190,0\text{ м} + 1,25\text{ м} = 191,2\text{ м} .$$

Привышение между двумя точками (точки 1 и 2) находят как разность отметок этих точек

$$h_{1-2} = H_2 - H_1 ,$$

$$H_1 = 187,5\text{ м} , H_2 = 191,2\text{ м} ,$$

$$h_{1-2} = 191,2\text{ м} - 187,5 = +3,7\text{ м} .$$

Рис. 1.3. Определение отметок точек

1.7. Построение профиля местности по заданному направлению

Профиль по заданному направлению строят по отметкам точек, расположенных на этой линии. Горизонтальный масштаб 1:10 000 (равен масштабу карты), вертикальный – 1:1 000. Пример: Построить профиль по линии 3 – 4 (рис. 1.4.). (Сплошные горизонталы проведены через 2,5 м).

Для построения профиля на миллиметровой бумаге проводят прямую АВ – основание профиля (рис. 1.5), на которую переносят все точки пересечения (а,в,с...) заданного направления с горизонталями карты, и подписывают их отметки. Основанию профиля дают условную отметку H_0 , которая должна быть меньше минимальных отметок точек линии на 15 – 30 м. В примере $H_0 = 170,0$ м). К основанию профиля в отмеченных точках проводят пунктиром перпендикуляры, на которых откладывают в данном

вертикальном масштабе (1:1000) значения отметок. Полученные точки соединяют отрезками прямых линий.

Шкала отметок в вертикальном масштабе

Рис. 1.5. Профиль по заданному направлению

1.8. Определение крутизны ската

Крутизна ската ν^0 определяют по графику заложений (рис. 1.6.). Для этого измерителем берут заложение «а» (в примере по направлению СД), которое затем откладывают на графике заложений вдоль его вертикальных линий. Затем по основанию графика заложений определяют угол наклона, характеризующий крутизну ската (рис. 1.6.).

$$\nu^0 = 1^0,3.$$

График заложений

Рис. 1.6. Определение крутизны ската

1.9. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Между точками 1 и 2 (рис. 1.7.) спроектировать линию с крутизной ската не более 2^0 . Для решения этой задачи по графику заложений измерителем берут заложение, которое соответствует заданной крутизне ската $\nu^0 = 2^0$. Этим раствором циркуля из точки I засекают следующую горизонталь и получают точку «а», затем из точки «а» засекают этим же раствором циркуля следующую горизонталь, получают точку «б» и т.д.

Соединив все точки, получают линию заданного уклона.

Задание выполняют на кальке, на которую предварительно копируют участок местности с горизонталями вдоль проектируемой линии.

Рис. 1.7. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

1. Расстояние между точками

$D = 4,25 \text{ см} \times 10\,000 = 425 \text{ м}$ по численному масштабу

По линейному масштабу $D = 400 \text{ м} + 25 \text{ м} = 425 \text{ м}$

2. Географические координаты точек

$$\varphi_D = 54^{\circ}19'37'' \quad \lambda_N = 54^{\circ}19'23''$$

$$\lambda_D = 14^{\circ}17'07'' \quad \lambda_N = 14^{\circ}15'32''$$

3. Прямоугольные координаты точек

$$X_D = 6022584 \text{ м} \quad X_N = 6022264 \text{ м}$$

$$X_D = 453460 \text{ м} \quad Y_N = 451788 \text{ м}$$

4. Долгота осевого меридиана зоны

$$L_0 = 6^{\circ} \& n - 3^{\circ} = 6^{\circ} \& 3 - 3^{\circ} = 15^{\circ}$$

5. Расстояние точки от осевого меридиана зоны

$$d_D = Y_D - 500 \text{ км} = 453460 \text{ м} - 500 \text{ км} = -46540 \text{ м}$$

6. Дирекционный угол и азимуты линии (1-2)

Дирекционный угол $\alpha = 238^{\circ}$

Истинный азимут $A = 237^{\circ} 25'$

Магнитный азимут $A_m = 236^{\circ} 40'$

На 1993 г. магнитный азимут $A_m = 235^{\circ} 32'$

7. Абсолютные отметки точек

$$H_1 = 187,5 \text{ м}$$

$$H_2 = 191,2 \text{ м}$$

8. Превышение между точками

$$h = H_2 - H_1 = 191,2 \text{ м} - 187,5 \text{ м} = + 3,7 \text{ м}$$

9. профиль местности по заданной линии

10. Крутизна ската ν°

$$\nu^{\circ}_{\max} = 7^{\circ} \quad \nu^{\circ}_{\min} = 7^{\circ},5$$

11. Проектирование линии с крутизной ската не более 2°

1.10. Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром

полярный планиметр состоит из двух рычагов: полюсного и обводного. Обводный рычаг имеет ручку со шпилем для обвода контуров и подвижную каретку со счетным механизмом. Вместо шпиля может использоваться марка (точка, окружность), выгравированная на стеклянной пластине. полюсный рычаг на одном конце имеет груз с иглой, которая при обводе контура накалывается на бумагу и служит полюсом планиметра. На другом конце этого рычага находится шарнирная головка, которая вставляется в углубление на каретке счетного механизма и соединяет тем самым оба рычага планиметра в одно целое.

Рис. 1.8. счетный механизм планиметра

Счетный механизм планиметра (рис. 1.8.) состоит из циферблата (1) счетного колеса (2), вращающегося на оси, параллельной обводному рычагу и верньера (3). При обводе фигуры счетное колесо катится по бумаге и дает отсчет. Первую цифру отсчета берут с циферблата, одно деление которого соответствует целому обороту счетного колеса (4). Следующие две цифры отсчета берут со счетного колеса по нулевому штриху верньера 32. Четвертая цифра отсчитывается по верньеру – это номер штриха верньера, совпадающего со штрихом счетного колеса - 5. Отсчет на рис. 1.8 равен 4323. площадь, измеренную планиметром вычисляют по формуле:

$$S = C \cdot \Delta n_{cp}. \Delta n = n_2 - n_1$$

где: C - цена деления планиметра;

n_1 - отсчет по планиметру до обвода контура;

n_2 - отсчет по планиметру после обвода контура.

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

Определение площади на топокартах планиметром							
Обвод квадрата километровой сетки топокарты				Обвод контура измеряемой площади			
Приемы	Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn	Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn	
I	n_1	1102	994	n_1	0085	1184	
	n_2	2096		n_2	1269		
	n_2	2096		n_2	1269		
II			993				1191
	n_3	3089		n_3	2460		
	n_3	3089		n_3	2460		
III			986				1195
	n_4	4075		n_4	3655		
$\Delta n_{cp} = 991,0$				$\Delta n_{cp} = 1190$			
Площадь квадрата 100 га				Измеряемая площадь			

		$S = C \cdot \Delta n_{cp}$ $S = 0,1009 \cdot 1190 = 120,1 \text{ га}$
Цена деления планиметра $C = \frac{100 \text{ га}}{\Delta n_{cp}} = \frac{100}{991} = 0,1009 \text{ га}$	МД -94-2	Петров

Цену деления планиметра определяют обводом квадрата координатной сетки на топографической карте масштаба 1:10 000, площадь которого известно ($P_0 = 100 \text{ га}$).

Для измерения площади устанавливают полюс планиметра вне контура так, чтобы при обводе угол между обводным и полюсным рычагами был в пределах от 30° до 150° .

Затем устанавливают обводной шпиль над выбранной начальной точкой квадрата и берут по отсчетному механизму отсчет n_1 . Обводят квадрат по часовой стрелке до исходной точки и берут отсчет n_2 .

Затем выполняют следующие обводы, не меняя положения полюса; берут отсчеты n_3 и n_4 . Отсчеты записывают в специальный бланк. Вычисляют разности отсчетов: $\Delta n_1 = n_2 - n_1$, $\Delta n_2 = n_3 - n_2$, $\Delta n_3 = n_4 - n_3$. Расхождение разностей не должно превышать 10 – 12 делений.

Находят среднее арифметическое из разностей по трем приемам:

$$\Delta n_{cp} = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3} = \frac{994 + 993 + 986}{3} = 992$$

цену деления планиметра вычисляют по формуле:

$$C = \frac{P_0}{\Delta n_{cp}} = \frac{100 \text{ га}}{991} = 0,1009 \text{ га}$$

Заданную площадь по топографической карте измеряют также тремя приемами, обводя эту площадь по контуру (см. образец бланка, стр. 16).

$$S = C \cdot \Delta n_{ch} = 0,1009 \cdot 1190 = 120,12a .$$

2. РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ

Современные топографические карты создаются с помощью аэрофотосъемки. Аэрофотосъемка характеризуется масштабом фотографирования, фокусным расстоянием аэрофотоаппарата, высотой фотографирования, форматом кадра и рядом других характеристик, которые можно определить непосредственно по аэрофотоснимкам.

2.1. Привязка аэроснимка к топографической карте

Для выполнения задания используют аэроснимок и соответствующую карту. Привязка снимка к карте заключается в отождествлении фотоизображения контуров границ снимка с их графическим изображением на топографической карте. С этой целью рассматривают аэрофотоснимок и карту, опознавая на них идентичные объекты: населенные пункты, элементы дорожной сети, гидрография, контуры растительного покрова и т.д. Изучив изображения идентичных объектов на аэрофотоснимке и карте, с помощью штриховых наметок карандашом фиксируют на карте примерные границы снимка. Если привязка аэрофотоснимка сделана правильно, то полученная фигура должна быть близка к квадрату.

2.2. Определение масштаба аэрофотоснимка

и высоты фотографирования

Масштаб аэрофотоснимка определяют по формуле:

$$1 := \frac{\ell}{L \cdot M}, \text{ отсюда знаменатель масштаба аэроснимка } m = \frac{L}{\ell} \cdot M ,$$

где: ℓ - длина отрезка на аэрофотоснимке;

L - длина этого же отрезка на топографической карте;

M - знаменатель масштаба карты;

m - знаменатель масштаба аэроснимка.

Для определения масштаба аэрофотоснимка используют два отрезка, концы которых опознают на аэрофотоснимке и карте с погрешностью не более 0,2 мм. С этой целью используют четкие контурные точки аэрофотоснимка и карты: перекрестки дорог, углы построек, углы леса и сельхозугодий.

Оба отрезка должны проходить примерно через главную точку аэроснимка, а расстояния от главной точки до концов отрезка должны быть примерно равными (допустимая разность длин не должна превышать 1 – 2 см). Главная точка «0» аэрофотоснимка находится в точке пересечения линий, соединяющих координатные метки аэрофотоаппарата, изображения которых располагаются в середине каждой из четырех сторон аэрофотоснимка (рис. 2.1.).

Рис. 2.1. Определение главной точки аэроснимка

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
кафедра геодезии и фотограмметрии
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА АЭРОФОТОСНИМКА
И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

Аэроснимок № 034

Лист карты У-35-38-А-в-3

Исходные данные

Масштаб карты 1:М = 1:10 000

Фокусное расстояние
аэрофотоаппарата $f = 100$ мм

$$m = \frac{L \cdot M}{\ell} \quad H = m_{cp} \cdot f$$

$$\text{допуст. } \Delta m = \frac{2 \cdot \Delta d \cdot M}{\ell_{cp}}$$

$$M = 10\,000$$

Схема расположения отрезков на аэроснимке

Измерение длины отрезков

на аэроснимке

$$\ell_1 = 178,7 \text{ мм}$$

$$\ell_2 = 148,3 \text{ мм}$$

$$m_1 = 10926$$

на карте

$$L_1 = 195,2 \text{ мм}$$

$$L_2 = 217,0 \text{ мм}$$

$$m_2 = 10943$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 17$$

$$\text{доп. } \Delta m = 280$$

$$m_{cp} = 10934$$

Высота фотографирования

$$H = 1093 \text{ м}$$

Преподаватель

МД-94-1

Иванов

Опознав выбранные точки аэрофотоснимка на топографической карте, измеряют отрезок с помощью измерителя и линейки. Вычисления выполняют в бланке (стр. 19). Разность знаменателей масштаба Δm аэрофотоснимка, полученная из определений по двум отрезкам, не должна превышать величины:

$$\text{допустимая } \Delta m = \frac{2\Delta d \cdot M}{\ell_{cp}}, \quad \Delta m = m_2 - m_1$$

где: Δd - допустимая ошибка положения контуров на топографической карте ($\Delta d = \pm 1 \text{ мм}$).

В качестве окончательного значения знаменателя масштаба аэрофотоснимка принимают его среднее значение из двух определений:

$$m_{cp} = (m_1 + m_2) : 2 .$$

Высоту фотографирования определяют по формуле:

$$H = f \cdot \frac{L \cdot M}{\ell} \quad \text{или} \quad H = f \cdot m_{cp} ,$$

где f - фокусное расстояние аэрофотоаппарата, которым была выполнена аэрофотосъемка.

Фокусное расстояние задается преподавателям.

Высоту фотографирования вычисляют в метрах.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

По данным топографической съемки необходимо составить топографический план местности в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 1 м.

Составление плана выполняют в такой последовательности:

построение координатной сетки;

нанесение точек съемочного обоснования по координатам;

нанесение ситуации, точек рельефа на план и проведение горизонталей;

вычерчивание топографического плана.

3.1. Построение координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги размером 289 x 210 мм (формат А 4). Стороны координатной сетки принимают равными 5 x 5 см.

Для построения сетки на листе бумаги карандашом проводят диагонали (относительно углов листа). Из точки пересечения диагоналей откладывают на них циркулем-измерителем 4 равных отрезка (полудиagonали) длиной 12 – 13 см (рис. 3.1.), получают точки а,б,в,г. Соединив эти точки на диагоналях, получают стороны вспомогательного прямоугольника а,б,в,г, на которых, начиная от точки г, измерителем откладывают равные отрезки (по 5 см) – стороны сетки квадратов. Общий размер сетки 20 см по оси X, 15 см – по оси У.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должны превышать 0,2 – 0,3 мм. После контроля все вспомогательные построения (на рис. 3.1. показаны пунктиром) убирают.

3.2. Нанесение точек съемочного обоснования по координатам

Для нанесения точек съемочного обоснования по координатам сетку координат оцифровывают через 100 метров. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. Координаты юго-западного угла сетки выбирают

так, чтобы точки съемочного обоснования разместились примерно в середине сетки. От юго-западного угла к северу подписывают абсциссы X , к востоку – ординаты Y .

Координаты, высоты точек съемочного обоснования и горизонтальные проложения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Номера точек	Координаты		Высоты, м	Горизонт. проложен., м
	X	Y		
I	5319,8	2490,0	148,2	
				169,2
2	5488,8	2481,6	156,6	
				155,8
3	5469,6	2636,3	154,7	
				159,2
4	5311,2	2619,8	146,5	
				130,1

в примере координаты юго-западного угла удобно взять равными $X = 5,2$ км, $Y = 2,4$ км (рис. 3.4). Нанесение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля – измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате располагается данная точка. Затем значение абсциссы циркулем-измерителем откладывают по обеим сторонам квадрата, наколы соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты Y . Делают накол, полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом слева подписывают номер точки, справа отметку до 0,1 м. Накладку точек съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения

между двумя точками циркулем - измерителем берут по масштабной линейке и сравнивают с расстоянием между соответствующими точками на плане. Расхождение между этими величинами допускается 0,2 мм на плане (рис. 3.4.).

3.3. Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей

Ситуацию наносят на план по данным полевых измерений и абрисов (рис. 3.2 табл. 3.2).

Съемочные пикеты, снятые полярным способом, наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления по ходу часовой стрелки, а горизонтальное проложение по линейке или циркулем-измерителем в заданном масштабе. Полученную точку обводят кружочком, рядом подписывают номер и отметку. Руководствуясь абрисом и записями, сделанными в примечании, вычерчивают условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями (рис. 3.2.).

Нанесение съемочных пикетов, снятых на местности способом прямоугольных координат (перпендикуляров), производят с помощью линейки и треугольника, откладывая по линейке расстояния, указанные в абрисе, вдоль начального направления и перпендикулярно к нему в масштабе 1:2000 (рис. 3.2 а., начальное направление линия 3 – 4).

Рис. 3.2. а) Съемка способом перпендикуляров

Таблица 3.2

Исходные данные к составлению
топографического плана
станция 1 $H_1 = 148,2$
начальное направление на т.2

Пикет	Гориз. угол $^{\circ}$	Гориз. пролож.	Высоты H, м	Примечание
1	350	20,0	150,0	гран. пашни
2	5	92,0	155,0	гран. пашни
3	27	64,5	153,2	шосс. дор.
4	44	94,0	153,7	шосс. дорога (шир. 5 м, гравий)
5	53	52,6	151,5	точка рельефа
6	355	70,0	154,0	столб ЛЭП

Проводят горизонталы по отметкам точек с высотой сечения 1 м путем линейного интерполирования отметок по линии ската. в результате интерполирования находят на плане точки, отметки которых кратны принятому сечению. (На рис. 3.3 проведены горизонталы и отметками 154 и 153 м).

Рис. 3.3. Проведение горизонталей: а) графическим
интерполированием, б) с помощью палетки

Горизонталы можно провести с помощью палетки. Для изготовления палетки берут восковку размером примерно 7 x7 см. На восковке проводят

ряд параллельных линий через равные интервалы (0,5 см или 1,0 см), подписывают их значениями отметок через 1 метр, начиная с минимальной отметки (например 151, 152 и т.д. (рис. 3,3 б)). Затем палетку накладывают на 2 соседние А и Б точки на плане таким образом, чтобы эти точки заняли на палетке соответствующее положение по высоте (152,4 и 154,4). Направление линии АБ пересекает линии палетки в точке «а» с отметкой 153 м, в точке «б» с отметкой 154 м. Точки «а» и «б» перекалывают на план и подписывают их отметки. Таким же образом находят положение горизонталей между другими точками на плане. Соединяя точки с одинаковыми отметками плавными линиями, проводят горизонтали.

3.4. Вычерчивание топографического плана

План оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500».

Вычерчивают план в следующей последовательности:

пункты съемочного обоснования;

здания, постройки, отдельные местные предметы;

дороги, линии электропередач, просеки, границы контуров и другие элементы линейной протяженности;

надписи объектов и отметки высотных точек.

Вычерчивают горизонтали, выделяют утолщенные горизонтали краткие 5 метрам, размещают надписи горизонталей;

почвенно-растительный покров (условные знаки угодий, лес, луг и пр.);

рамку и зарамочное оформление.

Топографический план вычерчивают в карандаше.

Образец топографического плана приведен на рис. 3.4.

Рис. 3.4. Вычерчивание топографического плана

4. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Трассой называют ось проектируемого линейного сооружения: дороги, канала, трубопровода и др. Профиль трассы является основным графическим, по которому выполняется проектирование высотного положения будущего инженерного сооружения. Строят профиль по результатам технического нивелирования пикетов, закрепленных на трассе через 100 м, промежуточных точек и поперечников.

4.1. Обработка результатов нивелирования

По результатам технического нивелирования по пикетажу трассы (рис. 4.1.) разбитой между пикетами 0 и 6 с известными отметками ($H_0 = 127,410$ м, $H_6 = 133,446$ м), получены превышения $h_{\text{изм.}}$, которые выписаны в специальную ведомость вычисления отметок в графу 2 (табл. 4.1., стр. 29).

Сначала вычисляют невязку нивелирного хода f_h и допустимое значение невязки доп. f_h по формулам:

$$f_h = \sum h_{\text{изм.}} - (H_6 - H_0),$$

доп. $f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$, где: f_h - полученная невязка нивелирного хода, $\sqrt{\sum h_{\text{изм.}}}$ - сумма измеренных превышений по всему нивелирному ходу H_6 - отметка конечного пикета (ПК 6), H_0 - отметка начального пикета (ПК 0), L - длина хода в км (0 . 6 км.).

$$f_h = + 6016 - (133,446 - 127,410) = 6016 - 6036 = - 20 \text{ мм};$$

$$\text{доп. } f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{0,6_{\text{км}}} = 40 \text{ мм} .$$

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком на все измеренные превышения, для чего находим поправки δ_h к превышениям ($h_{\text{изм.}}$).

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}, \text{ где } n - \text{число превышений.}$$

Поправки округляют до целых миллиметров, распределяют так, чтобы сумма поправок была равна невязке с обратным знаком. В примере $\delta_h = -(-\frac{20\text{мм}}{9}) = +2\text{мм}$ (и остаток 2 мм). Остаток 2 мм распределяют еще по 1 мм на 2 превышения. Таким образом, в нашем примере два превышения получили поправку по 3 мм, а семь превышение – по 2 мм.

$$\text{Контроль: } \sum \delta_h \cdot 7 + 3\text{мм} \cdot 2 = +20\text{мм}$$

Поправки выписывают в графу 2 над значениями $h_{\text{изм.}}$. В графу 3 записывают исправленные превышения ($h_{\text{испр.}}$), которые вычисляют по формуле.

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{изм.}} + \delta_h = +8800 + 2 = +0802; -2100 + 2 = -2098 \text{ и т.д.}$$

$$\text{Контроль: } \sum h_{\text{испр.}} = H_6 - H_0$$

Рис. 4.1. Схема нивелирного хода

Далее вычисляют отметки пикетов плюсовых точек оси трассы, отметки поперечного профиля.

Отметки пикетов и плюсовых точек трассы вычисляют по формуле;

$$H_n = H_{n-1} + h_{\text{испр.}},$$

где: H_n -отметка определяемого пикета

H_{n-1} - отметка предыдущего пикета

$h_{\text{испр.}}$ - исправленное превышение между предыдущим и определяемым пикетами.

В нашем примере:

$$H_1 = H_0 + h_{\text{испр.}} = 127,410 + 0,802 = 128,212 ,$$

$$H_2 = H_1 + h_{\text{испр.}} = 128,212 - 2,098 = 126,114 .$$

Контролем правильности вычисления отметок является полученная в результате вычисления отметка конечного пикета (ПК 6), ($H_6 = 133,446$ м). Отметки всех точек записывают в графу 4 используя полученные отметки пикетов оси трассы, вычисляют отметки точек поперечника.

В ведомости вычисления отметок нивелирного хода выписаны превышения между пикетом 5 и точками поперечного профиля.

Отметки точек поперечного профиля вычисляют по формуле:

$$H_1 = H_5 + h_i,$$

где: H_1 - отметка определяемой точки;

H_5 - отметка пикета 5;

h_i - превышение между ПК 5 и точкой поперечного профиля.

Таблица 4.1.

Ведомость вычисления отметок

Номер точек	Превышения, мм		Отметки Н м
	<i>h_{изм.}</i>	<i>h_{испр.}</i>	
1	2	3	4
ПК 0	+2		127,410
	+0800	+0802	
ПК 1	+2		128,212
	- 2100	- 2098	
ПК 1+ 40	+ 2		126,114
	- 0190	- 0188	
ПК 2	+2		127,618
	+2412	+ 2414	
X	+ 2		130.032
	+ 1408	+ 1410	

ПК 3	+ 2		131,442
	+ 2598	+ 2600	
ПК 4	+ 3		134,042
	- 1202	- 1199	
ПК 5	+ 3		132,843
	+ 0600	+ 0603	
ПК 6			133,446
Σh	+ 6016	+ 6036	$H_6 - H_0 = +6036$

Поперечный профиль

Номер точек	Превышения $h_{испр.}$	Отметка H_m
ПК 5		132,843
	+0810	
Л + 5		133,653
	- 1588	
Л + 10		131,255
	- 1342	
П + 10		131,501

В примере: $H_{Л+5} = 132 \cdot 843 + 0,810 = 133,653m$

$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1,588 = 131,255m$

$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1,342 = 131,501m$

Вычисленные отметки записывают в ведомость в графу «отметки» против соответствующей точки.

4.2. Построение профиля

По вычисленным отметкам пикетов и промежуточных точек на миллиметровой бумаге строят продольный профиль трассы и профиль поперечника. Профили строят в масштабах:

Продольный профиль:

горизонтальный масштаб 1:2 000;

вертикальный масштаб 1:200;

Поперечный профиль:

горизонтальный масштаб 1:200;

вертикальный масштаб 1:200;

На листе миллиметровой бумаги размером 400 x 400 мм вычерчивают сетку профиля. Названия граф и размеры их в миллиметрах показаны на рис. 4.2.

В графе «расстояния» отмечают положение пикетов (через 5 см) и плюсовых точек в заданном масштабе. Между пикетами и плюсовыми точками выписывают расстояния. Икс – точки не строят. Ниже этой графы подписывают номера пикетов.

В графе «фактические отметки» выписывают из ведомости нивелирного хода отметки пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и подписывают отметку условного горизонта профиля, которая должна быть на 5 – 8 метров меньше самой низкой отметки по трассе. (В примере минимальная отметка ПК 1 + 60 $H = 125,93$, следовательно отметку условного горизонта можно взять 120,0 м).

От линии условного горизонта на перпендикулярах, проведенных пунктирными линиями через точки трассы, откладывают отметки точек в масштабе 1:200. Полученные точки последовательно соединяют прямыми линиями, в результате чего получают продольный профиль местности по оси трассы.

Над продольным профилем строят сетку для поперечного профиля. Заполняют графи «расстояния» и «фактические отметки» так же, как и при построении продольного профиля. Под сеткой подписывают пикетажные обозначения точек поперечника (рис. 4.2.).

Выбрав условный горизонт, по вычисленным отметкам строят положение точек поперечника и, соединив эти точки, получают поперечный профиль местности.

4.3. Проектирование по профилю

Вдоль продольного профиля проектируют положение оси будущего инженерного сооружения. Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

проектную отметку нулевого пикета принимают равной фактической отметке этого пикета;

уклоны отдельных участков проектной линии не должны превышать 0,050;

шаг проектирования (длину отдельного участка) принимают от 200 м до 600 м;

объем земляных работ должен быть минимальным, а объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковыми, т.е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;

изменение уклона проектной линии производят на пикетах или плюсовых точках.

На рис. 4.2. проектная отметка ПК 0 равна фактической отметке (127,41). Намечено три участка проектной линии с разными уклонами. Длина каждого участка 200 м. Вычисляют уклон участка проектной линии по формуле:

$$i = \frac{h}{D} = \frac{H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}}{D},$$

где: i - уклон участка проектной линии,

h - превышение участка проектной линии,

D - горизонтальной проложение участка проектной линии,

$H_{нач.}$ - проектная отметка начального пикета участка проектной линии,

$H_{кон.}$ - проектная отметка конечного пикета участка проектной линии.

В примере уклоны равны:

$$i_1 = \frac{H_2 - H_0}{200} = \frac{127,62 - 127,41}{200} = \frac{0,21}{200} = 0,001 ,$$

$$i_2 = \frac{H_4 - H_2}{200} = \frac{134,04 - 127,61}{200} = \frac{6,43}{200} = 0,032 ,$$

$$i_3 = \frac{H_6 - H_4}{200} = \frac{133,45 - 134,01}{200} = \frac{-0,64}{200} = -0,003 .$$

Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» над диагональю. Под диагональю выписывают горизонтальное проложение участка с данным уклоном. Направление диагонали показывает знак уклона:

- уклон положительный;
- уклон отрицательный;
- уклон нулевой (горизонтальный участок).

Вычисляют проектные отметки точек продольного профиля по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + i \cdot d ,$$

где: H_{n+1} - проектная отметка определяемой точки,

H_n - проектная отметка предыдущей точки,

i - уклон данного участка,

d - горизонтальное проложение между соответствующими точками.

В примере

$$H_1 = H_0 + i \cdot d = 127,41 + 0,001 \cdot 100 = 127,51 \text{ м}$$

$$H_{1+40} = H_1 + i \cdot d = 127,51 + 0,001 \cdot 40 = 127,55 \text{ м}$$

$$H_{1+60} = H_1 + i \cdot d = 127,51 + 0,001 \cdot 60 = 127,57 \text{ м}$$

$$H_2 = H_1 + i \cdot d = 127,51 + 0,001 \cdot 100 = 127,61 \text{ м}$$

Полученные проектные отметки выписывают в графу «Проектные отметки». Таким же образом вычисляют проектные отметки для второго участка.

$$H_3 = H_2 + i \cdot d = 127,61 + 0,032 \cdot 100 = 127,61 + 3,20 = 130,81 \text{ и т.д.}$$

Контролем вычислений служат проектные отметки концов участка проектной линии (ПК 2, ПК 4, ПК 6).

Вычисляют рабочие отметки по формуле

$$H_{\text{раб.}} = H_{\text{проект.}} - H_{\text{фактич.}}$$

$$H_{\text{раб.}} = 127,51 - 128,21 = -0,70 \text{ и т.д.}$$

Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше линии, отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

На поперечном профиле по вычислено проектной отметке пикета 5 ($H_5 = 133,71$) от которого был разбит поперечник, наносят положение проектной линии. Ее проводят горизонтально по 6 метров влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы, (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав 45° . Ширина дна кюветов 0,6 м., глубина 1 м.

Над проектной линией выписывают ее отметку (в примере 133,71).

Все проектные данные – проектные линии, уклоны, проектные отметки, рабочие отметки вычерчивают на профиле красным цветом.

Слева над продольным профилем вычерчивают штамп. (Размеры произвольные рис. 4.2).

5. РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

Работа с геодезическими приборами включает измерение горизонтальных углов, вертикальных углов, расстояний теодолитом (рис. 5.1) и измерение превышений нивелиром (рис. 5.5.).

Для выполнения измерений теодолит или нивелир приводят в рабочее положение – горизонтируют и фиксируют. Для горизонтирования теодолита поворотом алидады (8) устанавливают уровень (13) по направлению двух подъемных винтов прибора (5). Вращая эти винты в разные стороны выводят пузырек уровня на середину (в нольпункт). Открепив алидаду, поворачивают ее на 90° , устанавливая уровень по направлению третьего подъемного винта. Вращением этого винта приводят пузырек уровня на середину. Затем вращением диоптрийного кольца (14) устанавливают резкое изображение сетки нитей (рис. 5.3).

5.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Устанавливают теодолит в вершине угла, горизонтируют его, вращением алидады (9) и трубы (10) при положении вертикального круга слева (КЛ) наводят ее с помощью визира (3) на левую визирную цель (рис. 5.2), устанавливают ее резкое изображение с помощью кремальеры (12).

Рис. 5.2. Расположение марок при измерении горизонтальных углов

Рис. 5.3. Сетка нитей теодолита

Далее наводящими винтами алидады (9) и трубы (11) точно совмещают центр сетки нитей с визирной целью и с помощью микроскопа (1) берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам и записывают в журнал (Табл. 5.1.), затем поворачивают алидаду, наводят сетку нитей на правую визирную цель и также берут и записывают отсчеты по кругам теодолита. Выполненные действия при «круге лево» (КЛ) составляют первый полуприем. Второй полуприем выполняют при «круге право» (КП), для чего трубу переводят через зенит и далее действуют аналогично первому полуприему (КЛ). Порядок записи результатов измерений показан в журнале цифрами с ① по 8 .

Значение горизонтального угла получают дважды:

$$1 \text{ полуприем КЛ } \beta_{л} = 95^{\circ}30' - 48^{\circ}25' = 47^{\circ}05' \quad \textcircled{9}$$

$$2 \text{ полуприем КП } \beta_{п} = 275^{\circ}30' - 228^{\circ}26' = 47^{\circ}04' \quad \textcircled{10}$$

Допустимое расхождение угла КЛ – КП не должно превышать $2''$. За окончательное значение угла принимается его средняя величина

$$\beta_{ср} = (\beta_{л} + \beta_{п}) : 2 = 47^{\circ}04'.5 \quad \textcircled{11}$$

Вертикальные углы вычисляют по формуле $\nu = КЛ - МО$

$МО = (КЛ + КП - 180^{\circ}) : 2$, где КЛ и КП отсчеты по вертикальному кругу теодолита, МО – место нуля вертикального круга.

$$МО = (16^{\circ}32'' + 163^{\circ}27'' - 180^{\circ}) : 2 = -0''.5 \quad \textcircled{12}$$

$$\nu = 16^{\circ}32' - (-0''.5) = 16^{\circ}32'.5 \quad \textcircled{14}$$

Таблица 5.1.

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

Дата 4 декабря

исполнитель Иванов С. И.

Точки стояния	Круг	Точки визирования	Горизонтальный круг		
			Отсчет 0 4	Измеренный угол 0 4	Средний угол 0 4
1	2	3	4	5	6
В	КЛ	Д	48 25 (1)	(9) 47 05	(11) 47 04,5
		С	95 30 (3)		
	КП	Д	228 26 (5)	(10) 47 05	
		С	275 30 (7)		

Точки		Круг	Вертикальный круг			Длина линий
Стояния	Визирования		Отсчет	Место нуля	Угол наклона	Измеренн. Гориз. прол.
7	8	9	10	11	12	13
В	Д	КЛ	16 32 (2)	- 04,5 (12)	(14)	17,6 (16)
		КП	163 27 (6)		16 32,5	
В	С	КЛ	351 18 (4)	+ 0,5 (13)	(15)	
		КП	188 43 (8)		-8 42,5	
		КЛ				

5.2. Измерение расстояний нитяным дальномером

Измерение расстояний нитяным дальномером производят по рейке с сантиметровыми шашечными делениями (рис. 5.4), для чего труба теодолита наводят на рейку и наводящим винтом трубы (11) совмещают верхнюю дальномерную нить сетки нитей с ближайшим целым дециметровым делением рейки (например 10 дц.). Затем берут отсчет n_2 по нижней нити с точностью до 1 мм.

На рис. 5.4 $n_1 = 1000$ мм

$n_2 = 1176$ мм

Измеренное расстояние $S = K (n_1 - n_2)$, где K – коэффициент
дальномера. $K = 100$

$$S = 100 (1176 - 1000) = 17,6 \text{ м}$$

Результат записывают в графу 13 журнала (табл. 5.1). (16)

5.3. Измерение превышений

Нивелир (рис. 5.5) приводят в рабочее положение – горизонтируют, приводя на середину пузырька круглого уровня (7) подъемными винтами (11), фокусируют сетку нитей (1). Затем наводят трубу на заднюю рейку, добиваются ее резкого изображения с помощью кремальеры (5). Элевационным винтом (8) приводят пузырек цилиндрического уровня (9) на середину, берут отсчет по черной стороне рейки средней горизонтальной нитью до 1 мм (рис. 5.6), затем – по красной стороне рейки. Отсчеты записывают в графу 3 журнала ((1) (2) табл. 5.2). Затем рейку устанавливают на переднюю точку и действуя аналогично, берут отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки (3) и (4), записывая их в графу 4 журнала.

Превышение вычисляют по формуле $h = a - в$

где : a - отсчет по задней рейке,

$в$ – отсчет по передней рейке.

Превышение вычисляют дважды: по черным и красным сторонам рейки

$$h_ч = 1171 - 1793 = - 622 \quad (5)$$

$$h_к = 5854 - 6478 = - 624 \quad (6) \quad h_ч - h_к = 2 \text{ мм}$$

Расхождение между $h_ч$ и $h_к$ не должно превышать 5 мм. В графе 7 вычисляют среднее превышение (7)

$$h_{ср.} = (h_ч + h_к) : 2 = - 623 \text{ мм.}$$

Рис. 5.5. Основные части нивелира Н-3

1 – диоптрийное кольцо; 2 – зрительная труба; 3 – визир; 4 – объектив; 5 – кремальера; 6 – наводящий вид; 7 – круглый уровень; 8 – элевационный винт; 9 – цилиндрический уровень; 10 – закрепительный винт; 11 – подъемный винт; 12 – подставка.

Рис. 5.6. Поле зрения зрительной трубы нивелира

Таблица 5.2

Журнал нивелирования

№№ стан-ций	Номер точек наблюдений	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм	
		Задней а	Передний в	Промежу-точный	Вычислен-ный	Средние
1	2	3	4	5	6	7
	1	1171 (1)				
1		5854 (2)			- 622 (5)	
	2		1793 (3)			- 623 (7)
			6478 (4)		- 624 (6)	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

по дисциплине «Прикладная геодезия и экологическое картографирование»
для студентов очного обучения

Направление подготовки
20.02.01 *безопасность природных комплексов*

программа подготовки специалистов среднего звена
базовая подготовка

на базе среднего общего образования
год набора: 2023

Автор: Назаров И.В.

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров

(название кафедры)

Зав. Кафедрой

Акулова Е.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 09.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург
2022

Содержание

	Стр.
1. Общие положения	3
2. Требования к уровню освоения образовательной программы.....	4
3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы	5
4. Виды самостоятельной работы	6
5. Организация СРС.....	7
6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы.....	18
7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов.....	24
8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста.....	28
Список используемой литературы.....	29

1. Общие положения

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа студентов – это средство вовлечения студента в самостоятельную познавательную деятельность, формирующую у него психологическую потребность в систематическом самообразовании.

Сущность самостоятельной работы студентов как специфической педагогической конструкции определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, самостоятельная работа – это не просто самостоятельная деятельность по усвоению учебного материала, а особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

Основные задачи самостоятельной работы:

- развитие и привитие навыков студентам самостоятельной учебной работы и формирование потребностей в самообразовании;
- освоение содержания дисциплины в рамках тем, выносимых на самостоятельное изучение студента;
- осознание, углубление содержания и основных положений курса в ходе конспектирования материала на лекциях, отработки в ходе подготовки к семинарским и практическим занятиям;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий, при написании курсовых и дипломной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

2. Требования к уровню освоения образовательной программы «Прикладная геодезия и экологическое картографирование»

Цель дисциплины: формирование у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях; приобретение навыков определения пространственно-геометрического положения объектов, выполнения необходимых геодезических измерений, обработки и интерпретации их результатов.

Место дисциплины в структуре ПССЗ: Дисциплина «Прикладная геодезия и экологическое картографирование» является дисциплиной профессионального цикла учебного плана по специальности 20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:

общие

-

к различным контекстам (ОК-01);

-

информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности (ОК-02);

-

об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях (ОК-07);

3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы

Среди них можно выделить следующие:

1. Полезность выполняемой работы. Если студент знает, что результаты его работы будут использованы в лекционном курсе, в методическом пособии, в лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, то отношение к выполнению задания существенно меняется в лучшую сторону и качество выполняемой работы возрастает. При этом важно психологически настроить студента, показать ему, как необходима выполняемая работа.

Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную (квалификационную) работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут как разделы в его квалификационную работу.

Материальные стимулирующие факторы могут выражаться в надбавках к основной стипендии, номинированные на именные стипендии, участие в конкурсах научно-исследовательских работ, где в качестве приза могут выступать материальные поощрения.

2. Участие студентов в творческой деятельности. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на кафедре.

3. Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

4. Использование мотивирующих факторов контроля знаний (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные экзаменационные процедуры). Эти факторы при определенных условиях могут вызвать стремление к состязательности, что само по себе является сильным мотивационным фактором самосовершенствования студента.

5. Поощрение студентов за успехи в учебе и творческой деятельности (стипендии, премирование, поощрительные баллы) и санкции за плохую учебу. Например, за работу, сданную раньше срока, можно проставлять повышенную оценку, а в противном случае ее снижать.

6. Индивидуализация заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

7. Мотивационным фактором в интенсивной учебной работе и, в первую очередь, самостоятельной является личность преподавателя. Преподаватель может быть примером для студента как профессионал, как творческая личность. Преподаватель может и должен помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста.

4. Виды самостоятельной работы

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

— формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

— написание рефератов;

— подготовка к лабораторным работам, их оформление;

— выполнение микроисследований;

— подготовка практических разработок;

— выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;

— выполнение конкретного задания в период прохождения учебной практики;

— компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;

— подготовка докладов и презентаций для конкурсов НИРС и конкурсов профессионального мастерства;

— подготовка к контрольным мероприятиям, таким как текущий контроль знаний в виде проверочных тестов или расчетно-графических работ, зачетов, экзаменов;

— выполнение курсовой работы или проекта;

— подготовка выпускной квалификационной работы.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

— текущие консультации;

— прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);

— прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);

— выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин (руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом);

— выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС);

— прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков);

— выполнение выпускной квалификационной работы (руководство, консультирование и защита выпускных квалификационных работ) и др.

5. Организация СРС

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории контролируется усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний, опроса студентов и т.д.

На практических и лабораторных занятиях различные виды СРС позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Лабораторные занятия строятся следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
2. Беглый опрос.
3. Решение 1-2 типовых задач.
4. Самостоятельное решение задач.
5. Проверка решения задач с обязательной работой над ошибками. Лабораторная или практическая работа считается выполненной при условии отсутствия ошибок.

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:

1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.
2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку.

При проведении лабораторных работ и учебных практик студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами, каждая из которых разрабатывает свою задачу. Выполненная задача затем рецензируется преподавателем и членами бригады. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и

усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания.

Активность работы студентов на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, точность и единицы измерения определенных величин, имеющиеся справочные материалы и т.п.). Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами и справочными данными. Изучаемый материал усваивается более глубоко, у студентов меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

Выполнение лабораторного практикума, как и другие виды учебной деятельности, содержит много возможностей применения активных методов обучения и организации СРС на основе индивидуального подхода.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности самостоятельной работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные практикумы, банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы, информационные базы дисциплины или группы родственных дисциплин и другое. Это позволит организовать

проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;
- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;
- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;
- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;
- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

В последние годы наряду с традиционными формами контроля - коллоквиумами, зачетами, экзаменами достаточно широко вводятся новые методы, то есть организация самостоятельной работы студентов производится на основе современных образовательных технологий. В качестве такой технологии в современной практике высшего профессионального образования часто рассматривается рейтинговая система обучения, позволяющая студенту и преподавателю выступать в виде субъектов образовательной деятельности, т.е. являться партнерами.

Тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы и позволяет в большей степени сосредоточиться на творческой части преподавания, обладает высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и очень эффективен при реализации рейтинговых систем, дает возможность в значительной мере индивидуализировать процесс обучения путем подбора индивидуальных заданий для практических занятий, индивидуальной и самостоятельной работы, позволяет прогнозировать темпы и результативность обучения каждого студента.

Тестирование помогает преподавателю выявить структуру знаний студентов и на этой основе переоценить методические подходы к обучению по дисциплине, индивидуализировать процесс обучения. Весьма эффективно использование тестов

непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Не ответив сразу на тестовое задание, студент получает подсказку, разъясняющую логику задания и выполняет его второй раз.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые позволяют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы.

С первых же сентябрьских дней на студента обрушивается громадный объем информации, которую необходимо усвоить. Нужный материал содержится не только в лекциях (запомнить его – это только малая часть задачи), но и в учебниках, книгах, статьях. Порой возникает необходимость привлекать информационные ресурсы Интернет.

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с книгой.

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

- Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

- Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не

способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

- Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;
2. Выделите главное, составьте план;
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя

студент должен:

– освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО/ГОС СПО) по данной дисциплине.

– планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем.

– самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя.

– выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого ГОС ВПО/ГОС СПО по данной дисциплине:

- самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;
- предлагать дополнительные темы и вопросы для самостоятельной проработки;
- в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;
- предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;
- использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;
- использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы знаний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов)*, причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Физически здоровый молодой человек, обладающий хорошей подготовкой и нормальными способностями, должен, будучи студентом, отдавать *учению 9-10 часов в день* (из них 6 часов в вузе и 3 - 4 часа дома). Любой предмет нельзя изучить за несколько дней перед экзаменом. Если студент в году работает систематически, то он быстро все вспомнит, восстановит забытое. Если же подготовка шла аврально, то у студента не будет даже общего представления о предмете, он забудет все сданное.

Следует взять за правило: *учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра.*

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее

содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести

по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзаменам и зачетам.

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее,

чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий, особенно по математике - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Правила подготовки к зачетам и экзаменам:

- Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное – это уже технические детали (главное – это ориентировка в материале!).

- Сама подготовка связана не только с «запоминанием». Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

- Готовить «шпаргалки» полезно, но пользоваться ими рискованно. Главный смысл подготовки «шпаргалок» – это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету, что само по себе прекрасно – это очень сложная и важная для студента работа, более сложная и важная, чем простое поглощение массы учебной информации. Если студент самостоятельно подготовил такие «шпаргалки», то, скорее всего, он и экзамены сдавать будет более уверенно, так как у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале.

- Как это ни парадоксально, но использование «шпаргалок» часто позволяет отвечающему студенту лучше демонстрировать свои познания (точнее – ориентировку в знаниях, что намного важнее знания «запомненного» и «тут же забытого» после сдачи экзамена).

- Сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения (или по программе данного преподавателя), и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов

Для нормальной самостоятельной работы студент должен быть обеспечен достаточным количеством учебных пособий разного вида. Чем более разнообразны учебные пособия, тем более успешна будет самостоятельная работа студента, так как каждый может выбрать себе учебное пособие по силам, по склонностям, по материальным возможностям. Должны быть пособия краткие и подробные, с неглубокими и глубокими теоретическими обоснованиями, теоретического и практического содержания. Нужны справочники, конспекты-справочники, учебники. Часть учебных пособий должна находиться в учебной студенческой библиотеке, часть пособий студент должен иметь возможность купить для личного пользования в книжном магазине учебного заведения. Основная часть учебных пособий должна быть в бумажном виде (книги, брошюры, чертежи и т.д.).

Наряду с ними нужно создавать, накапливать в учебных фондах и продавать учебные пособия электронного вида. Этот вид учебных пособий в обозримом будущем не может стать основным и вряд ли когда-нибудь станет. Это – вспомогательные, дополнительные учебные пособия, используемые в основном для заочного, дистанционного образования. Количество учебных пособий в учебном фонде библиотеки должно быть таким, чтобы каждый студент мог получить хотя бы один из рекомендованных учебников.

Многоуровневая система высшего образования должна предоставлять человеку условия для развития его потенциальных возможностей и наиболее полного удовлетворения потребности личности в самореализации. Поэтому на каждом из уровней подготовки самостоятельная работа студентов (СРС) есть обязательное условие, которое должно быть соблюдено для достижения проектируемых результатов обучения. Правильная (психологически и дидактически обоснованная) организация СРС при изучении каждой дисциплины – это один из основных педагогических путей развития и становления творческих качеств личности учащегося на каждом уровне обучения.

Из дидактики следует, что для непрерывного развития учащегося и становления его как творческой личности все элементы содержания образования (знания, умения и навыки, опыт творческой и оценочной деятельности), выделенные в рамках определенной дисциплины, должны быть им усвоены с установкой на перенос и активное использование. Поэтому на первом уровне обучения каждого студента по каждой учебной дисциплине нужно снабдить комплектом учебно-методических материалов, помогающих ему организовывать самостоятельную работу. В такой комплект обязательно должны входить: программа, адаптированная для студента; учебная литература (учебник, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ); система заданий для самостоятельной работы студентов; методические указания по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая и курсовые работы (проекты).

На втором и третьем уровнях обучения их следует снабдить методическими указаниями по выполнению выпускной работы, завершающей подготовку специалиста. Программа должна содержать: обоснование необходимости изучения дисциплины, написанное в убеждающей и понятной для студентов форме; четкую формулировку цели изучения и задач, которые должны быть решены для достижения общей цели; последовательность тем и разделов курса дисциплины, обязательных для данного направления подготовки; перечень видов деятельности, которые должен освоить студент, выполняя задания по дисциплине; перечни методологических и предметных знаний, общеобразовательных и специальных умений (с указанием уровня их усвоения), которыми необходимо овладеть в процессе изучения данной дисциплины; сроки и способы текущего, рубежного и итогового контроля уровня усвоения знаний сформированности умений.

Учебная литература по содержанию и последовательности представления материала должна соответствовать программе. Объем, научный уровень и стиль изложения должны позволять каждому студенту самостоятельно усвоить приведенный в ней материал за время, отведенное на его изучение, и овладеть знаниями, умениями, видами деятельности, перечисленными в программе. Для обеспечения терминологической однозначности в системе знаний, усваиваемых студентом, каждое учебное пособие (или другой вид учебной литературы) должно содержать словарь основных терминов, используемых в нем.

Задания для самостоятельной работы должны быть конкретными. Их содержание, соответствуя программе, должно знакомить студентов с современными методами решения задач данной дисциплины.

Структура заданий должна соответствовать принципу доступности: от известного к неизвестному и от простого к сложному, а трудоемкость – времени, выделенному программой на самостоятельную работу по изучению данной темы. В заданиях следует указывать знания и умения, которыми должен овладеть студент по мере их выполнения. Кроме того, в них нужно включать вопросы для самоконтроля и взаимного контроля, тесты и контрольные вопросы для оценки и самооценки уровня усвоения знаний, сформированности умений.

Методические указания по организации СРС на каждом уровне обучения должны способствовать непрерывному развитию у них рациональных приемов познавательной деятельности в процессе изучения конкретных дисциплин. Основное назначение всех методических указаний – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Поэтому они должны содержать подробное описание рациональных приемов выполнения перечисленных видов деятельности, критериев оценки выполненных работ, а также рекомендации по эффективному использованию консультаций и по работе при подготовке и сдаче экзаменов.

Каждый из названных учебно-методических материалов влияет в большей степени на один из этапов усвоения знаний и видов деятельности, но одновременно способствует осуществлению других этапов и более полной реализации их задач.

Так, программа с четко выделенной целью и перечнем задач, влияющих на ее достижение, определяет мотивационный этап и способствует организации деятельности на всех остальных, указывая последовательность изучаемых разделов, сроки контроля. Учебная литература служит информационной основой, прежде всего для ориентировочного этапа. В то же время работа с литературой усиливает мотивацию, если изложение материала по уровню сложности соответствует зоне ближайшего развития студента; помогает осуществлению исполнительского и контрольного этапов, если в ней указаны особенности выполнения заданий, даны контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы организуют исполнительский этап, задавая последовательность видов деятельности, необходимых для усвоения знаний и приобретения умений. Так как задания содержат средства контроля, то они определяют и контрольный этап.

Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества, формируют и развивают его опыт творческой деятельности. Это расширяет основы мотивации, усиливает и укрепляет ее. В целом содержание и структура заданий, отвечающих перечисленным требованиям, позволяет регулярно занимающимся студентам получать удовлетворение от самостоятельно выполненной работы. Такой эмоциональный фон, в свою очередь, формирует положительное отношение к выполненному делу, а через него – и к изучаемой дисциплине.

Методические указания по организации СРС способствуют грамотному и рациональному осуществлению исполнительского этапа, обеспечивают контрольный этап. Для этого виды деятельности, активно используемые при изучении дисциплины, должны быть подробно описаны в указаниях с выделением последовательности действий и даже операций. В этом случае сами виды деятельности становятся предметом изучения, что дает верное направление ориентировочному этапу и, безусловно, усиливает мотивацию обучения. Работа студентов с такими методическими указаниями позволяет им уже при изучении общенаучных дисциплин усвоить полную и обобщенную ориентировочную основу для каждого из таких видов деятельности, как работа с литературой, проведение эксперимента, решение задач.

Таким образом, создание для каждой учебной дисциплины рассмотренного комплекта учебно-методических материалов обеспечивает обязательные этапы усвоения знаний, видов деятельности, опыта творчества. Снабжение таким комплектом каждого студента – необходимое условие полной реализации в процессе обучения всех возможностей СРС как вида познавательной деятельности, метода и средства учения и преподавания.

8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этого пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контроллинга за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая

организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т.е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебы с будущей профессиональной деятельности.

Список используемой литературы

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки бакалавриата 05.03.06 Экология и природопользование
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

ОП.03 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

***Направленность:
Экологическая безопасность
природно-техногенных комплексов***

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе основного общего образования


год набора: 2024

Одобрена на заседании кафедры

Химии

(название кафедры)

Зав.кафедрой


(подпись)

Амдур А.М.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 08.09.2023

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета

Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова

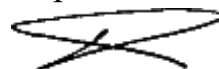
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

***Учебно-методическое пособие
для выполнения лабораторных работ
курса «Аналитическая химия»
для учащихся среднего профессионального
образования***

**Екатеринбург
2021**

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«17» сентября 2021 г.
Председатель комиссии



___ П. А. Осипов

Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

*Учебно-методическое пособие
для выполнения лабораторных работ
курса «Аналитическая химия»
для учащихся среднего профессионального
образования*

*Рецензент: Т. И. Красненко, д-р хим. наук, профессор, ведущий науч. сотрудник
лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН, г. Екатеринбург*

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии
16 сентября 2021 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ

Зайцева Н. А., Асадова Т. А.

- 317 **КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ:** учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ курса «Аналитическая химия» для учащихся *среднего профессионального образования* / Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. – 35 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие сведения о качественных реакциях в неорганической химии. Пособие содержит необходимые сведения для выполнения лабораторных работ по качественному анализу катионов и решения задач.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., Асадова Т. А., 2021

© Уральский государственный
горный университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Качественная реакция – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

Чувствительность реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество (ион),

например: крахмал для обнаружения I_2 (синяя окраска); щёлочь для обнаружения NH_4^+ (запах аммиака).

Специфические реакции – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом**. При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. **Систематический** (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от pH -среды.
2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.
3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному методу

Группа	Катионы	Групповой реактив	Характеристика группы
I	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Zn}^{2+},$ $*\text{As}^{3+}, *\text{As}^{5+}, \text{Sn}^{2+},$ Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+},$ $\text{Mg}^{2+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}$	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	$\text{Cu}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+},$ $\text{Hg}^{2+}, \text{Cd}^{2+}$	25% NH_4OH (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

* As^{3+} и As^{5+} гидроксидов не образуют.

Лабораторная работа № 1

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия Fe^{3+} и Fe^{2+} .

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

Реакции ионного обмена в качественном анализе

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов FeCl_3 и FeSO_4 , добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки

с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

Реакции окисления-восстановления

Опыт 3. Действие окислителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+} , добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание KMnO_4 ? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов Mn^{2+} , уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+} , добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов Cr^{3+} , уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

Опыт 4. Действие восстановителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+} , добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительные свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Реакции с участием комплексных ионов

Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора FeCl_3 и FeSO_4 , добавьте по 1 мл раствора роданида аммония NH_4SCN в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа $[\text{Fe}(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2\text{N}_2)_2]$.

Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы FeCl_3 и FeSO_4 подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.

На растворы FeCl_3 и FeSO_4 подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини

имеет состав $\text{Fe}_3 [\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион Fe^{2+} , и с помощью какой обнаруживается ион Fe^{3+} .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком $\text{Fe}(\text{OH})_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода H_2O_2 ? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов FeCl_3 и NaOH , если $\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3,8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов FeSO_4 и NaOH , если $\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 4,8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для FeCl_3 и FeSO_4 , определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

Лабораторная работа № 2

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Предел обнаружения – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения 10^{-7} г (0,1мкг) в 1 мл раствора.

Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* – метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм³. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрористаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс перевода вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции.*

Реакции в пробирке (в растворе)

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего $\text{Co}(\text{OH})_2$, голубого $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и зелёного $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

Опыт 2. Действие раствора аммиака на Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно 6, а медь удерживает только 4 лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

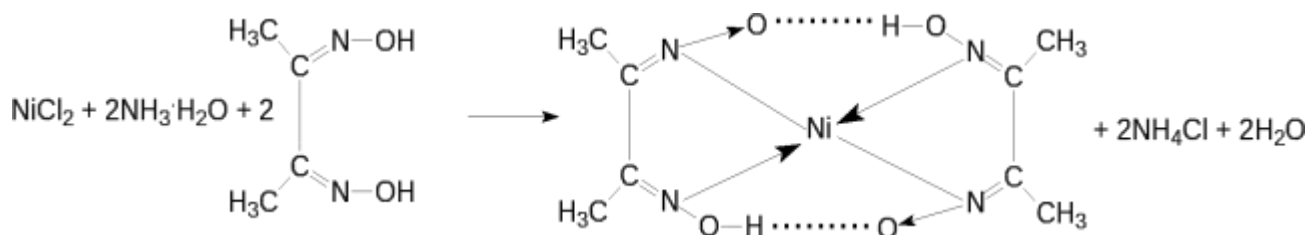
Капельные реакции на фильтровальной бумаге

Опыт 4. Реакция катионов Ni^{2+} с реактивом Чугаева

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образования

диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе.

Запишите уравнение реакции



Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

Опыт 5. Капельная реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли NH_4SCN , при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$.

Обнаружение катионов с использованием экстракции

Опыт 6. Реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ органическим

растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов Ni^{2+} с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения Ni^{2+} – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг Ni^{2+} в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов Ni^{2+} понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Ni^{2+} , открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов Cu^{2+} раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02 мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+} , соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы Al^{3+} , Cr^{3+} и Zn^{2+} , научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: pH -среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением pH водного раствора. Значение pH можно контролировать с помощью индикаторов или прибора pH -метра. Для поддержания нужного значения pH при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

Буферные растворы — это растворы, способные сохранять постоянное значение pH при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}

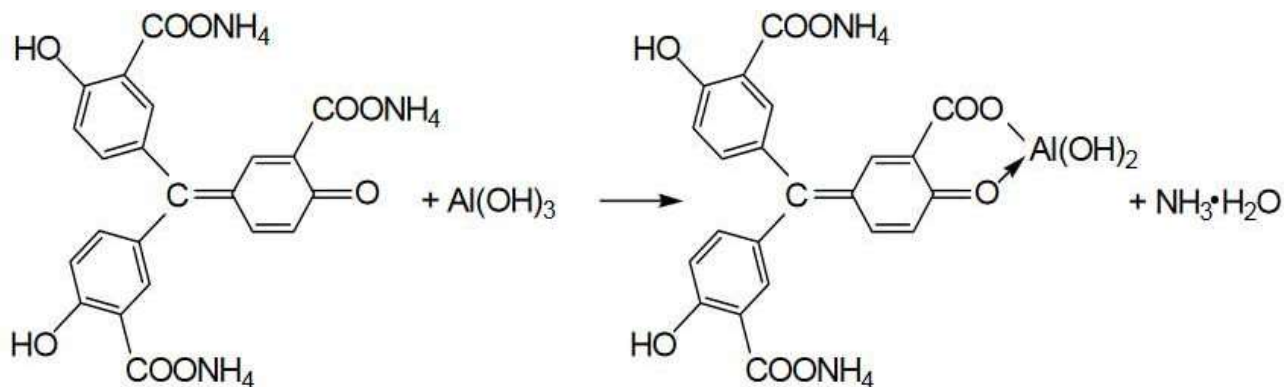
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 %-го раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на

водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.



Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью

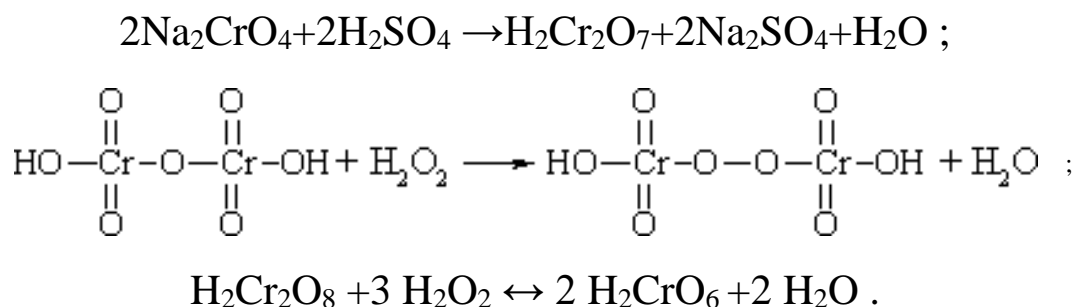
В пробирке к 1 мл раствора $ZnCl_2$ добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома (III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2 . Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтый цвет (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Опыт 6. Образование надхромовой кислоты

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода H_2O_2 , ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты H_2CrO_6 . Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты, и её последующее окисление перекисью водорода:



Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.
2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.
3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

Лабораторная работа № 4

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Цель работы: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии.

Хроматография – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

Бумажная хроматография – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-ым раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов Ag^+ , Hg^{2+} и Pb^{2+} , после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgI (жёлтый), HgI_2 (оранжевый), PbI_2 (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

Первичная хроматограмма смеси катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра)		

Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы Hg^{2+} (оранжевая зона в центре) и Pb^{2+} (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым HgJ_2 и ярко-желтым PbJ_2), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH . При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия Na_2PbO_2 , йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

Вторичная хроматограмма смеси катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра)		

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} при их совместном присутствии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?
2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.
3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов AgNO_3 и KI , если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра ПР (AgI) = $8,3 \cdot 10^{-17}$.
4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетраиодомеркура́та калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.
5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.
6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «сорбция», «десорбция».

Лабораторная работа № 5

ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

Цель работы: с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

Раствор бесцветный	Раствор может быть окрашенным
Хлорид аммония	Сульфат меди (II)
Хлорид кальция	Хлорид кобальта (II)
Сульфат марганца (II)	Хлорид никеля (II)
Сульфат железа (II)	Хлорид хрома (III)
Хлорид цинка	Хлорид железа (III)
Хлорид алюминия	
Нитрат свинца (II)	

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)

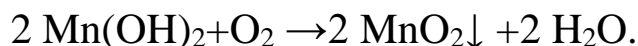
Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсутствует	Раствор розовый	Ионы Co^{2+}	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	CoOHCl Co(OH)_2	В пробирке был CoCl_2
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

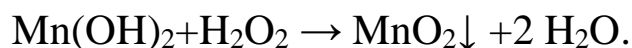
Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $Pb(OH)_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита Na_2PbO_2 , а светло-бежевый гидроксид марганца $Mn(OH)_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

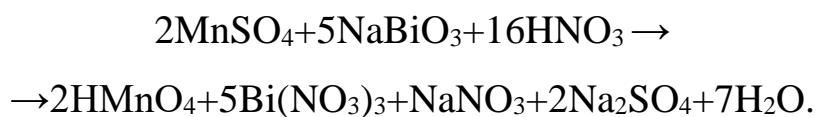


Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:



Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов Mn^{2+} кроме реакции с H_2O_2 можно использовать

ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильноокислой среде:



Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое окрашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли

термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделения бурого газа и образования чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например, бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль

используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли образуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите

химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного

цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиолетового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочно-земельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Н. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

Глинка Н. Л. Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Гринвуд Н., Эршино А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карпетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Крешков А. П. Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА	6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+} , Ni^{2+} И Cu^{2+}	10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}	15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ.....	23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ».....	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	34

Учебное издание

Наталья Анатольевна Зайцева
Тамара Александровна Асадова

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Учебно-методическое пособие
для выполнения лабораторных работ
курса «Аналитическая химия»
для учащихся *среднего профессионального*
образования специальности
20.02.01 – «Рациональное использование
природохозяйственных комплексов»

Электронное издание
Текст (визуализированный): непосредственный

Редактор изд-ва *В. В. Баклаева*

Подписано к использованию *21.09.2021 г.*
Объем данных 0,8 Мб
Держатель документа: научная библиотека УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
С.А.Упоров

КУРС ЛЕКЦИЙ

ОП.03 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Направленность:
Экологическая безопасность
природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе основного общего образования

год набора: 2024

Одобрена на заседании кафедры

Химии

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Амдур А.М.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 08.09.2023

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета

Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Уральский государственный горный университет»



Р. А. Апакашев, Н. А. Зайцева

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Курс лекций по дисциплине «Аналитическая химия»

Екатеринбург – 2019

УДК 543
А76

Рецензенты:

Кафедра аналитической химии ХТИ

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

Т. И. Красненко, д.х.н., профессор, г.н.с. ИХТТ УрО РАН

Курс лекций рассмотрен на заседании кафедры химии 29.04.2019 г. (протокол №8) и рекомендован для издания.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

Апакашев Р. А., Зайцева Н. А.

А76 Теоретические основы аналитической химии: курс лекций / Р. А. Апакашев, Н. А. Зайцева; Урал. гос. горный ун-т.

Екатеринбург: Изд-во ФГБОУ «УГГУ» 2019. 104 с.

ISBN 978-5-8019-0473-3

В курсе лекций рассмотрены теоретические основы аналитической химии: электролитическая диссоциация, гомогенные и гетерогенные равновесия, окислительно-восстановительные процессы и их использование в химическом и физико-химическом анализе. Пособие соответствует дисциплинам «Аналитическая химия», «Химия», «Прикладная химия» направления подготовки дипломированных специалистов "Обогащение полезных ископаемых", «Инженерная защита окружающей среды» и «Экология и природопользование»

Рис. 3. Табл. 9. Библиогр. 7 назв.

УДК 543

© Уральский государственный
горный университет, 2019

© Апакашев Р. А., Зайцева Н.А. 2019

ISBN 978-5-8019-0473-3

ПРЕДИСЛОВИЕ

Аналитическая химия — наука, являющаяся научной основой прикладного химического анализа. Химический анализ служит основным средством определения состава минералов земной коры, позволяет контролировать состояние окружающей среды, качество продукции нефтеперерабатывающей, горнодобывающей, металлургической промышленности. Международный союз теоретической и прикладной химии рекомендует следующую современную формулировку понятия «аналитическая химия». Аналитическая химия — это научная дисциплина, которая развивает и применяет методы, общие подходы и приборы для получения информации о составе и природе вещества в пространстве и времени. Структуру аналитической химии можно оценить, рассматривая ее методы, например, методы обнаружения (качественный анализ) и количественного определения (количественный анализ), основанные на различных принципах: химические, физико-химические, физические, физико-химические методы.

Аналитическая химия не только разрабатывает теоретические основы методов, их метрологические и другие характеристики, но и предлагает способы анализа различных объектов. Поэтому представляется важным, что для точного и достоверного проведения химического анализа практикующему специалисту необходимо освоить основные теоретические положения соответствующей учебной дисциплины.

Глава 1

ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ

1.1. РАСТВОРЫ

Среди различных веществ, окружающих нас в природе, лишь очень немногие не содержат примесей. Большинство природных и техногенных веществ содержат несколько компонентов и представляют собой смеси. Многие такие смеси являются гомогенными (однородными), т. е. составляющие их компоненты равномерно, на молекулярном уровне, распределены относительно друг друга. Подобные гомогенные системы переменного состава, образованные двумя и более веществами, называют **растворами**.

Примерами растворов служат природные водные системы, многие технические растворы, применяемые при обогащении полезных ископаемых, различные фракции перегонки нефти. Если при образовании раствора равномерное распределение индивидуальных веществ приводит к образованию твердой однофазной системы, то такую систему называют твердым раствором. Твердые растворы составляют основу большинства применяемых в технике сплавов металлов. Эти растворы также распространены среди природных минералов. Кроме жидких и твердых растворов существуют газовые растворы. Воздух, которым мы дышим, представляет собой гомогенную смесь газообразных веществ. В окружающем нас мире можно найти много примеров растворов. Так, воды Мирового океана представляют собой водный раствор большого числа различных веществ.

Природные водные растворы являются сложными физико-химическими системами, образующимися при взаимодействии воды с горными породами и минералами. К природным растворам относятся как поверхностные воды (воды рек, озер, морей, океанов), так и подземные воды (почвенные и грунтовые воды, межпластовые, жильные, карстовые воды и т. п.).

Среднее содержание солей в речных водах составляет около 0,01 % (по массе). Несмотря на относительно малое содержание растворенных солей, их ежегодно выносятся реками в океан более двух миллиардов тонн. Содержание солей в морской воде несравненно больше, чем в речной. Например, для Мирового океана оно составляет в среднем 3,5 %. Среди солей океана значительно преобладают хлориды и сульфаты натрия и магния. Среднее содержание важнейших ионов в морской воде (в массовых процентах) представлено ниже:

Ион	Cl ⁻	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻
ω, %	1,9	1,1	0,27	0,13	0,041	0,040	0,011

Основное количество ионов металлов накапливалось в морской воде в результате разрушения горных пород земной поверхности. Кроме отмеченных выше океан содержит практически и все остальные известные химические элементы, но в еще меньших количествах.

Для характеристики составных частей растворов используют понятия «растворитель» и «растворенное вещество». Обычно растворителем называют компонент, сохраняющий свое фазовое состояние при образовании раствора.

Например, при образовании раствора из NaCl и H₂O растворителем является вода, так как именно она переходит в раствор, не меняя своего агрегатного состояния. Если все компоненты раствора до перемешивания находятся в одинаковой фазе, растворителем называют тот компонент, который содержится в наибольшем количестве. Например, в атмосферном воздухе растворителем является азот. Остальные газы, присутствующие в атмосфере в меньшем количестве (кислород, углекислый газ и т. д.), являются растворенными веществами. Количество растворенного компонента принято характеризовать концентрацией раствора.

1.2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Концентрация является одной из важных характеристик раствора. Для качественного описания концентрации используются такие понятия, как разбавленный и концентрированный раствор. Растворы, содержащие очень много растворенного вещества, называют **концентрированными**, содержащие его немного - **разбавленными**. Концентрированный раствор может быть насыщенным и ненасыщенным.

Для водных растворов веществ при фиксированном значении температуры обычно существует предел насыщения. Например, сколько бы ни находился хлорид натрия в воде при 20 °С, больше 36 г NaCl в 100 г H₂O не растворится, избыточное количество соли останется в твердой фазе.

В насыщенном жидком растворе осадок твердого вещества существует в динамическом равновесии с тем же веществом, находящимся в растворенном состоянии: скорость отрыва частиц с поверхности кристаллов равна скорости их обратного оседания.

Раствор, в котором растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе, называется ненасыщенным. При внесении в него новых количеств данного вещества последнее растворяется, и концентрация раствора возрастает. Раствор называется пересыщенным, если его концентрация больше, чем у насыщенного раствора. Пересыщенный раствор может образоваться, например, в результате осторожного охлаждения раствора, насыщенного при более высокой температуре. Если внести в него частицу того вещества, которое в нем растворено, весь избыток последнего сразу выкристаллизовывается. Пересыщенные растворы в отличие от насыщенных - неустойчивые системы и способны существовать только в отсутствие контактирующей с ними твердой фазы растворенного вещества (затравки).

Следует принимать во внимание, что насыщенный раствор может содержать очень мало растворенного вещества, если оно плохо растворимо. Например, насыщенный раствор CaSO₄ при 18 °С содержит в 100 г раствора

всего 0,2 г соли, тогда как раствор, содержащий 25 г KNO_3 в 100 г воды при 20 °С, - ненасыщенный.

Для количественного выражения концентрации растворов на практике используют несколько способов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

1. $\omega(X)$ - **массовая доля растворенного вещества**. Определяется отношением массы растворенного вещества X к общей массе раствора. Выражается в процентах или долях единицы:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{раствора})} 100 \%$$

Например, $\omega(\text{NaCl}) = 2,5 \%$ - массовая доля хлорида натрия в растворе составляет 2,5 %.

2. $C(X)$ – **молярная концентрация** (концентрация количества растворенного вещества X). Определяется числом молей $n(X)$ данного компонента, приходящимся на единицу объема раствора (1 л); размерность моль/л или второе возможное обозначение – M :

$$C(X) = \frac{n(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(X)V}$$

Например, $C(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л или $C(\text{HCl}) = 0,1$ М - молярная концентрация раствора соляной кислоты составляет 0,1 моль/л.

3. $\chi(X)$ – **молярная (молярная) доля компонента X**. Определяется отношением числа молей этого компонента к числу молей всех компонентов раствора:

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n_i}$$

Молярная доля может быть выражена как в долях единицы, так и в процентах. Она является наиболее удобной характеристикой состава при теоретическом анализе растворов, поскольку показывают, какую часть от общего числа частиц в системе составляют частицы искомого компонента.

4. $b(X)$ – **моляльная концентрация** раствора или моляльность. Определяется отношением количества растворенного вещества $n(X)$ к массе растворителя $m(Y)$; измеряется в моль/кг:

$$b(X) = \frac{n(X)}{m(Y)}.$$

Следует обратить внимание на различие между молярной концентрацией и моляльностью: при определении моляльности используется масса растворителя, при определении молярности – объем раствора.

5. $C_f(\mathcal{E}(X))$ или $C_n(\mathcal{E}(X))$ – **молярная концентрация эквивалента вещества (эквивалентная концентрация)**. Определяется отношением числа молей эквивалента вещества $n_f(X)$ к объему раствора; размерность моль (экв)/л или второе возможное обозначение – н.:

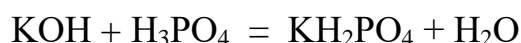
$$C_f(\mathcal{E}(X)) = \frac{n_f(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(\mathcal{E}(X))}.$$

Например, молярная концентрация эквивалента соляной кислоты составляет 0,1 моль/л: $C_f(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л, или $C_f(\text{HCl}) = 0,1$ н.; молярная концентрация эквивалента фосфорной кислоты составляет 0,2 моль/л: $C_f(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$ моль/л, или $C_f(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$ н.

Напомним, что **эквивалент** $\mathcal{E}(X)$ - это реальная либо условная частица (атом, молекула либо какая-то часть молекулы) вещества X , которая эквивалентна одному иону водорода в реакции ионного обмена или одному электрону в окислительно-восстановительной реакции.

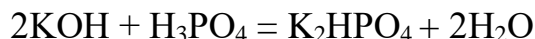
Необходимо особо подчеркнуть, что эквивалент для данного вещества не является неизменной величиной, а зависит от того, в какой конкретной реакции участвует это вещество.

Поскольку для кислот и оснований эквивалент представляет собой частицу вещества, которая в данной реакции высвобождает один ион водорода или соединяется с ним (или каким-либо другим образом эквивалентна ему), то, например, в реакции:



эквивалент фосфорной кислоты равен молекуле H_3PO_4 ($\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \text{H}_3\text{PO}_4$), поскольку в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает только один ион водорода.

В другой реакции:



эквивалент кислоты равен половине молекулы ($\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{2} \text{H}_3\text{PO}_4$), так как в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает два иона водорода.

В случае реакции восстановления KMnO_4 в кислой среде

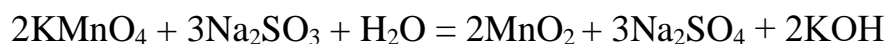


эквивалент KMnO_4 составляет $1/5$ часть молекулы, так как в данной реакции один перманганат-ион (одна молекула перманганата калия) присоединяет пять электронов:

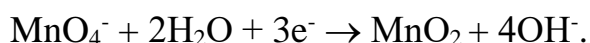


Следовательно, $\text{Э}(\text{KMnO}_4) = 1/5 \text{KMnO}_4$.

Для реакции восстановления KMnO_4 в нейтральной среде



эквивалент KMnO_4 будет равен $1/3$ части молекулы, так как в данной реакции одна молекула перманганата калия присоединяет три электрона:



Следовательно, $\text{Э}(\text{KMnO}_4) = 1/3 \text{KMnO}_4$.

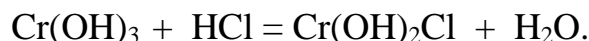
Молярной массой эквивалента вещества X называют массу одного моля эквивалентов этого вещества.

Например, если $\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 \text{H}_3\text{PO}_4$, то $M_{\text{Э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98/2 = 49$ г/моль.

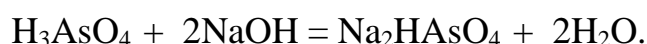
В зависимости от того, какие выполняются расчеты, используется тот способ выражения концентрации раствора, который удобнее использовать. В химическом анализе чаще всего оперируют нормальностью, молярностью и массовой долей.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

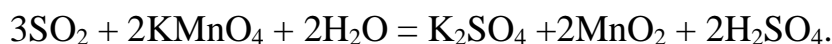
1. Вычислите молярную массу эквивалента основания исходя из уравнения реакции:



2. Вычислите молярную массу эквивалента кислоты исходя из уравнения реакции:



3. Вычислите молярную массу эквивалента перманганата калия исходя из уравнения реакции:



4. Рассчитайте массовую долю вещества в растворе, полученного при растворении 4 г этого вещества в 30 мл воды.

5. Сколько граммов вещества нужно растворить в 460 г воды, чтобы получить 20 % -ный раствор?

6. Сколько граммов соли и воды содержится в 700 г 11 % -го раствора?

7. К 1 л 6 % -го раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1,031$ г/мл) прилили 1 л воды. Какова молярная концентрация полученного раствора?

8. К 250 г 20 %-ной серной кислоты добавили 50 мл 60 %-ной кислоты ($\rho = 1,6$ г/мл). Вычислите массовую долю кислоты в полученном растворе.

9. Сколько граммов Na_2CO_3 содержится в 1 л 0,5н раствора?

10. Вычислите молярность 12 % -го раствора KOH ($\rho = 1,1$ г/мл).

11. В 250 мл раствора KCNS содержится 30 г соли. Вычислите эквивалентную концентрацию раствора.

12. Вычислите молярную концентрацию 20 % -го раствора сульфата железа (II) ($\rho = 1,21$ г/мл).

13. Сколько граммов AgNO_3 и воды надо взять для приготовления 200 мл 0,1 н раствора?

14. Сколько граммов FeCl_3 содержится в 20 мл 0,15 н раствора?

15. Упариванием 500 г раствора с массовой долей соли 10 % получен раствор с массовой долей соли 14 %. Вычислите массу выпаренной при этом воды.

16. Сколько миллилитров воды следует прибавить к 25 мл 40% - го раствора KOH ($\rho = 1,40$ г/мл), чтобы получить 2 % - ный раствор?

17. Вычислите массу нитрата калия, который следует растворить в 150 г раствора с массовой долей этой соли 10 % для получения раствора с массовой долей 12 %.

18. Из 400 г горячего 50%-го раствора соли при охлаждении выпало 80 г кристаллов соли. Вычислите массовую долю соли в растворе над осадком.

19. По известной молярной концентрации выразите концентрацию водного раствора через массовую долю растворенного вещества, моляльность, молярную долю и эквивалентную концентрацию:

Номер задачи	Растворенное вещество	Концентрация $C(X)$, моль/л	Плотность раствора, г/мл	Температура, К
1	AgNO_3	1,405	1,194	293
2	AlCl_3	1,185	1,129	291
3	BaCl_2	1,444	1,253	293
4	CaCl_2	1,190	1,101	293
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,100	1,128	291
6	CdSO_4	1,034	1,198	291
7	FeCl_3	1,900	1,234	293

Ответы. **1.** 20 %; 1,468 моль/1000 г; 0,026; 1,405 н. **2.** 14 %; 1,22 моль/1000 г; 0,022; 3,555 н. **3.** 24 %; 1,52 моль/1000 г; 0,027; 2,89 н. **4.** 12 %; 1,23 моль/1000 г; 0,022; 2,38 н. **5.** 16 %; 1,161 моль/1000 г; 0,021; 2,2 н. **6.** 18 %; 1,053 моль/1000 г; 0,019; 2,068 н. **7.** 25 %; 2,055 моль/1000 г; 0,036; 5,7 н.

1.3. РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВА И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Растворимостью называют способность вещества растворяться в том или ином растворителе. Количественно растворимость характеризуется концентрацией насыщенного раствора при определенных температуре и давлении. Растворимость зависит от природы растворенного вещества и растворителя, температуры, внешнего давления. Растворимость твердых, жидких и газообразных веществ в жидкостях во многом зависит от того, являются ли растворенное вещество и растворитель оба полярными или неполярными веществами (взаимная растворимость относительно велика), или одно из них полярно, а другое неполярно (взаимная растворимость незначительна).

Молекула называется **полярной** (дипольной), если в ней центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают и находятся на некотором расстоянии r друг от друга. Мерой полярности молекулы служит **дипольный момент** μ - произведение абсолютной величины заряда e одного из полюсов диполя на расстояние r между центрами зарядов: $\mu = e r$.

Жидкости, используемые в качестве растворителей, считают малополярными, если дипольный момент образующих их молекул менее $5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. При отнесении растворителей к числу малополярных или сильнополярных можно руководствоваться табличными величинами их диэлектрической проницаемости. Низким значениям дипольного момента ($\mu < 5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м), как правило, отвечают низкие значения диэлектрической проницаемости ($\epsilon < 10$); жидкости же, отличающиеся большой полярностью и высокими значениями дипольного момента молекул, характеризуются также и выраженными диэлектрическими свойствами ($\epsilon > 10$).

В табл. 1.1 приведены значения дипольных моментов молекул и диэлектрической проницаемости для наиболее часто применяемых растворителей. Полярные растворители обычно смешиваются в любых пропорциях и

могут также служить хорошими растворителями для других (твердых и газообразных) веществ полярного характера. Точно так же неполярные растворители, обнаруживая неограниченную растворимость друг в друге, могут служить хорошими растворителями для большинства веществ неполярного или малополярного характера. Поэтому задача подбора подходящего растворителя для того или иного вещества может быть упрощена, если известна его полярность.

Таблица 1.1

Значения дипольного момента и диэлектрической проницаемости для распространенных растворителей ($T = 298 \text{ K}$)

Растворитель	$\mu \cdot 10^{-30}$ Клм	ϵ
Ацетон CH_3COCH_3	9,8	20,7
Бензол C_6H_6	0	2,28
Вода H_2O	6,1	80,08
Метанол CH_3OH	5,6	32,63
Нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	13,3	34,75
Сероуглерод CS_2	0	2,64
Тетрахлорид углерода CCl_4	0	2,24
Толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	1,3	2,38
Хлороформ CHCl_3	3,8	4,72
Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	5,7	25,2

Растворимость различных веществ в одном и том же растворителе, например, в воде, может изменяться в значительных пределах. Принято считать легкорастворимым вещество, растворимость которого при комнатной температуре (293 K) превышает 10 г на 100 г растворителя. Если растворимость находится в пределах 0,01 – 1,00 г на 100 г растворителя, то вещество

считают труднорастворимым. При растворимости менее 0,01 г на 100 г растворителя вещество считают практически нерастворимым.

Образование раствора двумя веществами, каждое из которых находится в конденсированном состоянии (твердом или жидком), обычно сопровождается сравнительно небольшими изменениями объема (чаще всего в сторону сокращения). При этом давление незначительно влияет на величину их взаимной растворимости. Лишь при давлениях порядка 10^9 Па удается отметить существенное изменение взаимной растворимости такого рода веществ, причем характер этого изменения можно предсказать, исходя из принципа Ле Шателье – Брауна. Если при образовании раствора из двух твердых или жидких веществ *A* и *B* происходит сокращение объема, то увеличение давления оказывает положительное влияние на их взаимную растворимость. Если же при растворении имеет место увеличение объема системы, то давление оказывает отрицательное влияние на растворимость. Например, растворение нитрата аммония NH_4NO_3 в воде сопровождается увеличением объема и при давлениях порядка 10^9 Па растворимость этого вещества в воде уменьшается примерно вдвое в сравнении с растворимостью при атмосферном давлении. Если растворяемое вещество газ, а растворителем является жидкость (или твердое вещество), то образование раствора сопровождается значительным сокращением объема системы. В соответствии с этим растворимость газов в жидкостях заметно возрастает по мере увеличения давления.

Растворяемое вещество взаимодействует с молекулами растворителя. В результате в растворе образуются соединения, состоящие из растворенного вещества и растворителя. Такие соединения получили название «сольваты» (от латинского *solvere* – растворять), а если растворитель – вода, то «гидраты». Состав сольватов в растворе непостоянен: он меняется с изменением концентрации и температуры раствора. Наряду с сольватами (гидратами) в растворе имеются и свободные молекулы растворителя. Поэтому состав раствора в отличие от химических соединений может меняться в широких пределах. Некоторые гидраты оказываются нестойкими, легко разлагаются при выпа-

ривании раствора. Некоторые гидраты настолько прочны, что их удается выделить, охлаждая или выпаривая раствор. Вещества, в кристаллы которых входят молекулы воды, называются кристаллогидратами, а содержащаяся в них вода — кристаллизационной. Состав кристаллогидратов принято изображать формулами, показывающими, какое количество кристаллизационной воды содержит кристаллогидрат: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Кристаллогидраты довольно часто используются при приготовлении растворов. В этом случае при расчете массы навески кристаллогидрата необходимо учитывать, что кристаллизационная вода дает свой вклад в величину молярной массы этого вещества, а концентрация полученного раствора определяется в пересчете на безводную соль.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сколько граммов медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ требуется для приготовления 150 г 8 %-ного раствора в расчете на безводную соль?
2. Сколько граммов кристаллической соды $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ надо взять для приготовления 2 л 0,2 М раствора Na_2CO_3 ?
3. Какая масса алюминиевых квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ требуется, чтобы приготовить 300 мл 0,20 М раствора $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$?
4. Вычислите массовую долю сульфата натрия в растворе, приготовленного растворением 240 г глауберовой соли $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в 760 мл воды.
5. Сколько граммов купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ можно получить из 1 л 12%-го раствора безводной соли FeSO_4 , если плотность раствора $\rho = 1,122$ г/мл?
6. До какого объема нужно довести раствор, содержащий 25,0 г медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, чтобы нормальная концентрация полученного раствора была 0,50 н по отношению к реакциям полного обмена?
7. Сколько граммов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ нужно добавить к 200 граммам 5 %-го раствора сульфата меди, чтобы приготовить 9 %-ный раствор этой соли?

8. Сколько граммов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ необходимо взять для приготовления 5 л раствора карбоната натрия с массовой долей 15 % ($\rho=1,16 \text{ г/см}^3$)?

9. При некоторой температуре массовая доля Na_2SO_4 в растворе равна 30 %. Сколько кристаллов $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ выделится из 1,2 кг раствора при охлаждении до 18 °С? Растворимость Na_2SO_4 при 15 °С равна 11,7%, а при 20 °С – 16,1% по отношению к массе раствора.

1.4. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрим гетерогенное химическое равновесие, возникающее в растворах при частичном растворении труднорастворимых веществ.

Для того чтобы между твердым веществом и его раствором установилось равновесие, раствор должен быть насыщенным и находиться в соприкосновении с не полностью растворившимся веществом. В качестве примера рассмотрим насыщенный раствор магнезита, находящийся в контакте с твердым MgCO_3 . Химическое уравнение этого равновесия имеет вид:



Следовательно, в насыщенном растворе труднорастворимого электролита протекают два взаимно противоположных процесса: растворение, т. е. переход ионов из осадка в раствор, и кристаллизация – переход ионов из раствора в осадок. Выражение для константы равновесия при растворении MgCO_3 имеет вид:

$$K_c = \frac{C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})}{C(\text{MgCO}_3)}. \quad (1.1)$$

Так как концентрация твердого вещества есть величина постоянная, можно домножить обе части выражения (1.1) на концентрацию MgCO_3 . Тогда получим:

$$K_c \cdot C(\text{MgCO}_3) = \text{const} = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}). \quad (1.2)$$

Постоянная в полученном выражении (1.2) называется **произведением растворимости** и обозначается ПР:

$$\text{ПР}(\text{MgCO}_3) = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

При диссоциации труднорастворимого вещества не на два, а на большее число ионов последнее необходимо учитывать. В подобном случае произведение растворимости равно произведению молярных концентраций ионов, на которые диссоциирует вещество, каждая из которых возведена в степень, равную стехиометрическому коэффициенту при соответствующем ионе в уравнении равновесия.

Если произведение концентраций ионов в растворе труднорастворимого вещества достигает величины его произведения растворимости при данной температуре, то раствор становится насыщенным относительно этого электролита. Наоборот, если произведение концентраций ионов в растворе меньше произведения растворимости, раствор будет ненасыщенным и вещество перейдет в раствор. Понятно, что, если произведение концентраций ионов в растворе по какой-либо причине окажется больше произведения растворимости, раствор станет пересыщенным и из него выделится осадок.

Следовательно, в случае MgCO_3 имеем:

в ненасыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) < \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$,

в насыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$,

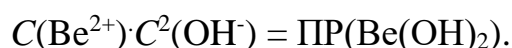
в пересыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) > \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$.

Поскольку произведение концентраций ионов в насыщенном растворе труднорастворимого вещества – величина постоянная, то при увеличении концентрации одного из ионов концентрация другого иона должна уменьшаться за счет выпадения части вещества из раствора в осадок. Образование осадка будет продолжаться до тех пор, пока произведение концентраций ионов в растворе не станет равным произведению растворимости.

Рассмотрим вопрос о влиянии избытка реактива на количество осаждающихся ионов. С этой целью проанализируем ситуацию, когда к раствору CaCl_2 добавляют эквивалентное количество Na_2SO_4 . Часть ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} , соответствующая произведению растворимости $C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = \text{ПР}(\text{CaSO}_4)$, останется в растворе. Прибавим к раствору еще небольшое количество Na_2SO_4 . Концентрация SO_4^{2-} над осадком CaSO_4 увеличится, но так как произведение концентрации ионов должно оставаться постоянным, то часть ионов Ca^{2+} , соответствующая избытку SO_4^{2-} , из раствора вновь выпадет в осадок. Чем больше мы прибавим Na_2SO_4 , тем больше станет концентрация SO_4^{2-} в растворе и тем меньше в нем останется неосажденных ионов Ca^{2+} .

Таким образом, дополнительное введение в раствор труднорастворимого вещества ионов, образующихся при его диссоциации, понижает растворимость труднорастворимого вещества и, следовательно, повышает полноту его осаждения.

Теперь рассмотрим другой важный вопрос: как повысить растворимость труднорастворимых соединений? Допустим, требуется перевести в раствор осадок $\text{Be}(\text{OH})_2$. Напомним, что раствор, находящийся в соприкосновении с осадком, является насыщенным. В таком растворе:



Прибавим к раствору соляную кислоту. При диссоциации HCl образуются ионы H^+ . Эти ионы, взаимодействуя в растворе с ионами OH^- растворившейся части $\text{Be}(\text{OH})_2$, будут связывать их в недиссоциированные молекулы H_2O . Поэтому произведение $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$ станет меньше $\text{ПР}(\text{Be}(\text{OH})_2)$, т. е. раствор окажется ненасыщенным относительно $\text{Be}(\text{OH})_2$. Согласно принципу Ле Шателье - Брауна, для восстановления нарушенного равновесия часть осадка $\text{Be}(\text{OH})_2$ перейдет в раствор. При этом произведение $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$ вновь станет равным $\text{ПР}(\text{Be}(\text{OH})_2)$. Если прибавление кислоты продолжать, то равновесие между осадком и ионами в растворе будет все время нарушаться, и все новые и новые порции осадка будут переходить в раствор. Это будет продолжаться до тех пор, пока весь осадок не растворится.

Таким образом, чтобы растворить осадок, нужно уменьшить концентрацию хотя бы одного из ионов, образующихся при диссоциации труднорастворимого вещества. Этого можно достичь, связывая один из ионов, на которые диссоциирует труднорастворимое вещество, либо в слабодиссоциирующее соединение, либо в еще менее растворимое или в газообразное вещество.

С величиной произведения растворимости связано решение многих практических задач, касающихся образования или растворения осадков. По величине произведения растворимости электролита можно вычислить его растворимость и, наоборот, зная растворимость вещества, можно подсчитать величину его произведения растворимости. Рассмотрим несколько примеров.

Задача 1. Выяснить, образуется ли осадок AgCl , если к 5 мл 0,1 М раствора AgNO_3 прибавить 5 мл 0,1 М раствора HCl ? $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$.

Решение.

Чтобы ответить на поставленный вопрос, необходимо предварительно подсчитать $C(\text{Ag}^+)$ и $C(\text{Cl}^-)$. Если произведение $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-)$ будет больше, чем $\text{PP}(\text{AgCl})$, осаждение произойдет.

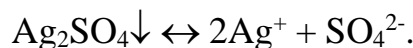
При смешивании исходных растворов происходит удвоение объема, поэтому концентрация каждого иона уменьшается до половины первоначальной величины, т. е. $C(\text{Ag}^+)$ и $C(\text{Cl}^-)$ станут по $0,1/2 = 0,05$ моль/л. Следовательно, $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-) = 0,05 \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-3}$. $2,5 \cdot 10^{-3} > 1,56 \cdot 10^{-10}$.

Поскольку произведение концентраций ионов оказалось больше PP , то раствор пересыщен в отношении растворенной соли, и часть ее выпадает в осадок.

Ответ: Осадок AgCl в указанных условиях образуется.

Задача 2. Растворимость сульфата серебра при комнатной температуре составляет $2,68 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Определить $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$.

Решение.



$$\text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}).$$

1. Определим молярные концентрации ионов:

$$C(\text{Ag}^+) = 2C(\text{Ag}_2\text{SO}_4), C(\text{SO}_4^{2-}) = C(\text{Ag}_2\text{SO}_4).$$

2. Рассчитаем произведение растворимости соли:

$$\text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = 4 \cdot C^3(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 4 \cdot (2,68 \cdot 10^{-2})^3 = 7,70 \cdot 10^{-5}.$$

$$\text{Ответ: } \text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7,70 \cdot 10^{-5}.$$

Ввиду того, что абсолютно не растворимых в воде веществ нет, ни один из ионов никогда не может быть осажден из раствора полностью; часть осаждаемых ионов остается в растворе. Поэтому при осаждении того или иного иона надо подбирать такой реактив, который давал бы с осаждаемым ионом осадок с наименьшим произведением растворимости.

Задача 3. Какой ион, CrO_4^{2-} или SO_4^{2-} , полнее осаждает ионы Pb^{2+} из раствора? $\text{PP}(\text{PbCrO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-14}$, $\text{PP}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$.

Решение.

$\text{PP}(\text{PbCrO}_4) < \text{PP}(\text{PbSO}_4)$, следовательно, ион CrO_4^{2-} более полно осаждает ион Pb^{2+} . Подтвердим это соответствующими расчетами.

1. Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе PbCrO_4 :



$$\text{PP}(\text{PbCrO}_4) = C(\text{Pb}^{2+}) \cdot C(\text{CrO}_4^{2-}) = C^2(\text{Pb}^{2+});$$

$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{PP}(\text{PbCrO}_4)} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-14}} = 1,34 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

2. Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе PbSO_4 :



$$\text{PP}(\text{PbSO}_4) = C(\text{Pb}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = C^2(\text{Pb}^{2+});$$

$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{ПР}(\text{PbSO}_4)} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-8}} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

3. Таким образом, концентрация ионов Pb^{2+} в насыщенном растворе PbCrO_4 в $1,26 \cdot 10^{-4} / 1,34 \cdot 10^{-7} = 940$ раз меньше, чем в насыщенном растворе PbSO_4 .

Ответ: ион CrO_4^{2-} более полно осаждает ион Pb^{2+} .

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определите растворимость Ag_2S в г/л, если $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{S}) = 1,1 \cdot 10^{-49}$.
2. Растворимость BaCO_3 в воде составляет $8,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Вычислите $\text{ПР}(\text{BaCO}_3)$.
3. Концентрация Fe^{2+} в насыщенном растворе FeS равна $6,0 \cdot 10^{-10}$ моль/л. Вычислите $\text{ПР}(\text{FeS})$.
4. Определите $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$, если растворимость соли $2,6 \cdot 10^{-2}$ г/л.
5. $\text{ПР}(\text{MgC}_2\text{O}_4) = 8,1 \cdot 10^{-5}$. Определите концентрацию ионов Mg^{2+} (г/л) в насыщенном растворе соли.
6. Растворимость Ag_2SO_4 равна $2,7 \cdot 10^{-2}$ М. Определите $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$.
7. Определите концентрацию ионов Ba^{2+} (г/л) в насыщенном растворе $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$. $\text{ПР}(\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2) = 3,2 \cdot 10^{-5}$.
8. $\text{ПР}(\text{SrC}_2\text{O}_4) = 6,25 \cdot 10^{-8}$. Найдите растворимость соли в г/л.
9. Концентрация ионов F^- в насыщенном растворе CaF_2 равна $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Найдите $\text{ПР}(\text{CaF}_2)$.
10. $\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = 4,9 \cdot 10^{-9}$. Найдите растворимость CaCO_3 в г/л.
11. К 20 мл 0,02 н раствора BaCl_2 прибавили 20 мл 0,001 М раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Выпадет ли осадок, если $\text{ПР}(\text{BaC}_2\text{O}_4) = 4,1 \cdot 10^{-6}$?
12. Выпадет ли осадок, если к 20 мл 0,01 н раствора AgNO_3 прибавить 20 мл 0,01 М раствора NaCl ? $\text{ПР}(\text{AgCl}) = 1,7 \cdot 10^{-10}$.
13. Выпадет ли осадок при смешивании равных объёмов 0,01 н растворов AgNO_3 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$? $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2,0 \cdot 10^{-7}$.

Глава 2

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

2.1. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Растворы (расплавы) веществ, проводящие электрический ток, называют **электролитами**. Растворы электролитов в равных молярных концентрациях с растворами неэлектролитов показывают большее осмотическое давление, большее понижение давления пара и температуры замерзания, большее повышение температуры кипения.

Подобное поведение электролитов объяснил шведский физикохимик **Аррениус**. Он предложил теорию электролитической диссоциации, согласно которой молекулы растворенных веществ в водных растворах электролитов в большей или меньшей степени диссоциируют (распадаются) на самостоятельные заряженные частицы - ионы.

Каждый электролит образует при диссоциации два рода ионов: положительно заряженные - **катионы** и отрицательно заряженные - **анионы**. Заряд иона соответствует его валентности. Во всех случаях диссоциации электролита сумма зарядов катионов равна сумме зарядов анионов. Поэтому раствор в целом электронейтрален. Электролитическая диссоциация - обратимый процесс. Следовательно, в растворе электролита, наряду с ионами, имеются и нераспавшиеся молекулы.

Из изложенного следует, что диссоциация электролита увеличивает общее число частиц в растворе в сравнении с неэлектролитом. Поэтому, если учитывать как самостоятельные частицы не только молекулы, но и ионы, то становится понятным, почему повышение осмотического давления, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения раствора электролита оказываются значительно больше, чем у раствора неэлектролита с такой же молярной концентрацией.

Согласно современным представлениям, электролитическая диссоциация происходит в результате взаимодействия ионов или полярных молекул вещества с полярными молекулами растворителя (рис. 2.1). При этом образуются сольваты (в водных растворах - гидраты) ионов (рис. 2.2). Соответствующий процесс сопровождается выделением энергии. Образование сольватов (гидратов) является основной причиной диссоциации электролитов на ионы.

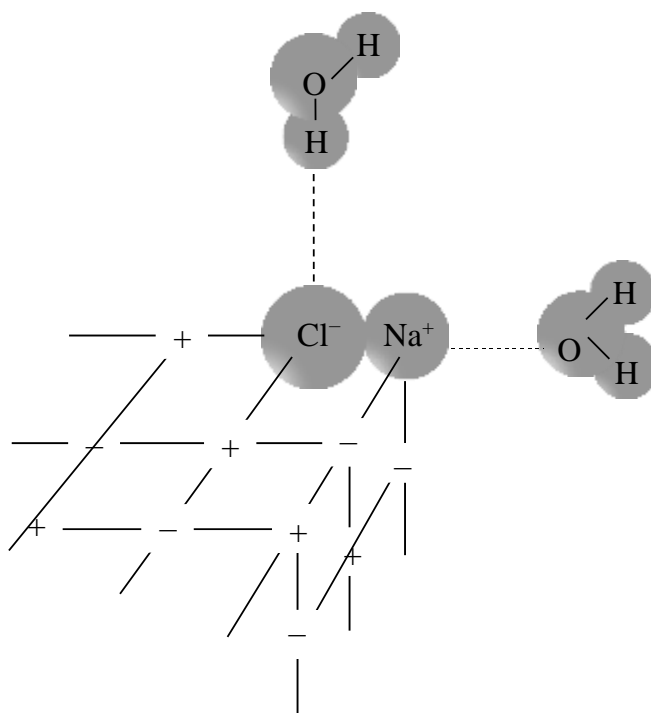


Рис. 2.1. Взаимодействие ионов NaCl с полярными молекулами H₂O

Природа превращений растворенного вещества в растворе самым тесным образом зависит от химических свойств этого вещества и растворителя. Растворитель, принимая непосредственное участие в химических превращениях растворенного вещества, оказывает влияние на механизм и глубину превращения последнего. Так, для того, чтобы разорвать связь между катионами и анионами в 1 моле, например NaCl, надо затратить 800 кДж. Откуда же берутся эти 800 кДж при растворении NaCl в воде?

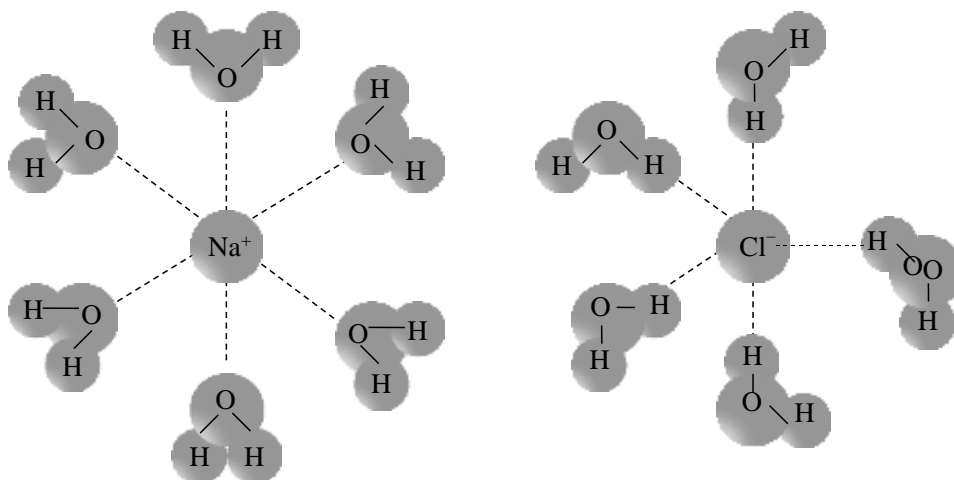
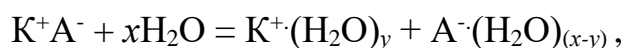


Рис. 2.2. Гидратированные ионы в растворе NaCl

Теплота гидратации иона Na^+ равна приблизительно 425 кДж/ моль, а иона Cl^- - приблизительно 350 кДж/моль. В сумме это составляет 775 кДж/моль - немногим меньше энергии кристаллической решетки NaCl (800 кДж/моль). Поэтому при растворении хлористого натрия в воде происходит охлаждение на 5 - 6 градусов по сравнению с ее исходной температурой.

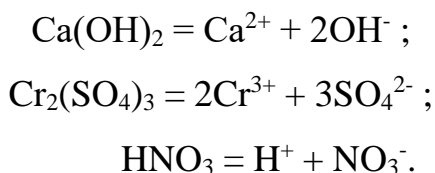
Есть вещества, образование водных растворов которых, наоборот, сопровождается выделением тепла. Например, растворение хлороводорода сопровождается довольно сильным разогреванием образующегося раствора. Действительно, энергия связи в молекуле HCl равна 1360 кДж/моль. Теплота гидратации протона равна 1100 кДж/моль, что в сумме с теплотой гидратации иона Cl^- дает общую теплоту гидратации HCl 1450 кДж/моль, а это заметно больше энергии связи H - Cl. Вот почему при образовании раствора соляной кислоты происходит заметное разогревание.

Для процесса растворения в воде соединений с ионной связью, в узлах кристаллической решетки которых находятся ионы, в общем виде можно записать:



где $\text{K}^+(\text{H}_2\text{O})_y$ и $\text{A}^-(\text{H}_2\text{O})_{(x-y)}$ - гидратированные катионы и анионы.

На практике уравнения электролитической диссоциации обычно записывают без гидратирующих молекул воды, например:



Распаду на ионы подвергаются также и вещества, состоящие из молекул с полярной ковалентной связью. В этом случае под действием полярных молекул воды происходит гетеролитический разрыв ковалентной связи: электронная пара, осуществляющая связь, целиком остается у одного из атомов. Таким образом полярная связь превращается в ионную, и молекула диссоциирует на гидратированные ионы.

2.2. СТЕПЕНЬ И КОНСТАНТА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Согласно теории электролитической диссоциации, в растворах распадается на ионы только часть молекул электролита. Отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул называется **степенью электролитической диссоциации α** . Например, если в 1 л раствора содержится 0,05 моль азотистой кислоты HNO_2 и из них 0,001 моль диссоциирует на ионы, то степень диссоциации при этом составит:

$$\alpha = 0,001/0,05 = 0,02 \text{ или } 2 \% .$$

Степень электролитической диссоциации электролита может быть определена различными методами: по электропроводности раствора, по понижению температуры его замерзания и т. д. При одинаковых условиях (одни и те же растворитель, концентрация раствора, температура, присутствие или отсутствие электролита с одноименным ионом) разные электролиты имеют различную степень диссоциации, зависящую от природы самого электролита.

По способности к диссоциации все электролиты делят на слабые и сильные. **Слабые электролиты** в растворах содержатся как в виде ионов, так и в виде недиссоциированных молекул. **Сильные электролиты** в растворе диссоциируют практически полностью. Принимают, что для слабых электролитов $\alpha < 2 \%$, для сильных – $\alpha > 30 \%$.

С разбавлением раствора степень электролитической диссоциации слабого электролита увеличивается и, наоборот, при повышении концентрации - уменьшается. Степень диссоциации электролита зависит от температуры: с повышением температуры она увеличивается для электролитов, диссоциация которых сопровождается поглощением теплоты, и уменьшается для электролитов, диссоциация которых сопровождается выделением теплоты.

На степень диссоциации электролита существенное влияние оказывает прибавление к его раствору сильного электролита с одноименным ионом. Например, к водному раствору плавиковой кислоты, в незначительной степени диссоциирующей по уравнению $\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$, прильем соляную кислоту HCl . Концентрация ионов водорода, являющихся одним из продуктов диссоциации HCl , сильно увеличится. Вследствие этого равновесие обратимого процесса диссоциации плавиковой кислоты сместится в сторону образования недиссоциированных молекул HF , степень ее диссоциации при этом понизится. Подобным же образом будут действовать и растворимые в воде соли плавиковой кислоты. При добавлении последних в растворе значительно возрастает концентрация анионов F^- , что также уменьшает степень диссоциации HF . Таким образом, **степень электролитической диссоциации слабого электролита значительно понижается при добавлении к его раствору сильного электролита с одноименным ионом.**

Диссоциация молекул слабых электролитов на ионы в растворах протекает как обратимый процесс. Например, диссоциация уксусной кислоты выражается уравнением $\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$.

Как и во всяком обратимом процессе, в данном случае устанавливается равновесие между недиссоциированными молекулами кислоты CH_3COOH и ионами H^+ , CH_3COO^- . Выразим в общем виде константу данного химического равновесия, обозначив ее K_d :

$$K_d = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{C(\text{CH}_3\text{COOH})} \quad (2.1)$$

K_d в выражении (6.1) называется константой электролитической диссоциации. Величина константы характеризует силу кислот и оснований. Чем она больше, тем сильнее электролит. Например, азотистая кислота сильнее уксусной ($K_d(\text{HNO}_2) = 4,5 \cdot 10^{-4}$, $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$).

Основываясь на законе действия масс, можно вывести уравнение, связывающее константу диссоциации слабого электролита со степенью его диссоциации. Так, если молярная концентрация уксусной кислоты равна C , а степень диссоциации составляет величину α , то концентрация каждого из ионов, образующихся при диссоциации, будет равна αC , а концентрация недиссоциированных молекул CH_3COOH – $(1 - \alpha)C$. Тогда выражение для константы диссоциации можно записать в следующем виде:

$$K_d = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1 - \alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} \quad (2.2)$$

Уравнение (2.2) выражает **закон разбавления Оствальда**, справедливый для растворов слабых бинарных электролитов, из одной молекулы которых при диссоциации образуется два иона. Это уравнение связывает между собой константу диссоциации электролита, степень диссоциации и концентрацию электролита. В несильно разбавленных растворах слабых электролитов степень диссоциации очень мала, поэтому величину $(1 - \alpha)$ можно принять равной единице. Тогда предыдущая формула принимает более простой вид:

$$K_d = C\alpha^2, \text{ откуда } \alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}} \quad (2.3)$$

В соответствии с полученным выражением (2.3), закон разбавления Оствальда

формулируется так: **степень электролитической диссоциации слабых бинарных электролитов обратно пропорциональна корню квадратному из их концентрации.** Закон разбавления позволяет вычислять степень диссоциации при различных концентрациях, если известна константа диссоциации электролита. Наоборот, определив степень диссоциации при какой-нибудь концентрации, несложно рассчитать константу диссоциации.

Константа диссоциации слабого электролита - величина постоянная и практически не зависит от концентрации раствора, а зависит только от температуры. Степень же диссоциации зависит от концентрации. С разбавлением раствора слабого электролита степень диссоциации увеличивается. Константа электролитической диссоциации дает более общую характеристику электролита, чем степень диссоциации. Сильные электролиты не подчиняются этому закону. Для них K_d с увеличением концентрации непрерывно возрастает.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите концентрацию ионов H^+ в 0,05н растворе уксусной кислоты, если $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$.
2. Вычислите концентрацию ионов H^+ в растворе угольной кислоты, если $K_{d1}=3 \cdot 10^{-7}$, а степень диссоциации по первой ступени $\alpha=1,74 \%$.
3. Вычислите K_d муравьиной кислоты, если степень её диссоциации в 0,2М растворе $\alpha=3,2 \%$.
4. Вычислите степень диссоциации синильной кислоты HCN в 0,05н растворе, если $K_d=7,2 \cdot 10^{-10}$.
5. Вычислите концентрацию ионов OH^- в растворе гидроксида аммония, если его молярная концентрация 0,02 моль/л, а $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$.
6. Вычислите степень диссоциации гидроксида аммония в растворе с молярной концентрацией 0,01 моль/л, если $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$.

2.3. АКТИВНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ

Даже в умеренно концентрированном растворе сильного электролита ионы находятся на таких достаточно близких расстояниях, что электростатическое взаимодействие оказывает заметное влияние на характер их движения. Одноименно заряженные ионы взаимно отталкиваются, а разноименно заряженные - взаимно притягиваются. В результате в растворе вокруг ионов создается «атмосфера» из частиц с противоположным зарядом. Эта атмосфера замедляет движение ионов в растворе, что ведет к уменьшению электропроводности раствора и создает впечатление неполной диссоциации электролита. Чем больше концентрация раствора, тем сильнее электростатическое взаимодействие ионов, тем меньше скорость передвижения их в электрическом поле и тем меньше будет электропроводность раствора.

Аналогичным образом межйонные силы влияют и на другие свойства раствора электролита, зависящие от концентрации ионов. Повышение концентрации раствора приводит к изменению свойств раствора в том же направлении, как действовало бы частичное соединение ионов в молекулы, т. е. уменьшает степень диссоциации. Поэтому, измеряя электропроводность, определяют лишь кажущуюся степень диссоциации. Так, например, степень диссоциации в 0,1 н растворе HCl, вычисленная по электропроводности, составляет 84 % от действительной, которая наблюдалась бы в этом растворе при отсутствии взаимодействия ионов друг с другом.

Для учета влияния электростатического взаимодействия ионов на химические и физические свойства растворов сильных электролитов, истинную концентрацию ионов C заменяют активностью a —условной эффективной концентрацией. **Активность выражает концентрацию ионов в растворе данного электролита с учетом влияния взаимодействия ионов, гидратации и других эффектов.** Между активностью и действительной концентрацией ионов существует зависимость:

$$a = fC,$$

где f – коэффициент активности, учитывающий взаимодействие ионов в растворе электролита.

Коэффициент активности обычно меньше единицы. В очень разбавленных растворах сильных электролитов ($C < 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) коэффициент активности принимают равным единице. В этом случае $a = C$.

Коэффициент активности данного иона в растворе, содержащем несколько различных видов ионов, зависит от концентраций и зарядов всех ионов. Мерой межйонного взаимодействия между всеми ионами является **ионная сила раствора**. Ионной силой раствора называется величина μ , численно равная полусумме произведений концентрации каждого иона на квадрат его заряда:

$$\mu = \frac{1}{2}(z_1^2 C_1 + z_2^2 C_2 + z_3^2 C_3 + \dots),$$

где z – заряд иона.

Например, для раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль CaCl_2 и 0,1 моль Na_2SO_4 , ионная сила $\mu = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2 + 0,2 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,33$.

По величине ионной силы раствора можно рассчитать коэффициент активности иона: $\lg f = -0,5z^2 \sqrt{\mu}$. Коэффициент активности с увеличением ионной силы раствора уменьшается. В растворах с одинаковой ионной силой коэффициенты активности ионов равны между собой.

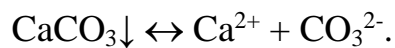
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите ионную силу μ для 0,01М раствора сульфата калия.
2. Вычислите коэффициент активности f для ионов Fe^{3+} в 0,01М растворе хлорида железа (III).
3. Вычислите активную концентрацию ионов OH^- в 0,05н растворе КОН.
4. Рассчитайте активность ионов OH^- в 0,02 М растворе $\text{Ba}(\text{OH})_2$.
5. Вычислите активные концентрации ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- в растворе, содержащем в 1 литре 2г MgCl_2 и 5г MgSO_4 .

2.4. СОЛЕВОЙ ЭФФЕКТ

Выше отмечено, если в растворе электролита коэффициент активности $f < 1$, то на движение ионов оказывает влияние их электростатическое взаимодействие. В этом случае во все уравнения на основе закона действующих масс, включая выражение произведения растворимости, вместо концентрации надо подставлять меньшую по величине активность.

Произведем соответствующую замену на примере минерала кальцита, состав которого соответствует химической формуле малорастворимого карбоната кальция CaCO_3 :



$$\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-}) = f(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

Преобразуем полученное выражение произведения растворимости кальцита:

$$C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\text{ПР}(\text{CaCO}_3)}{f(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-})}. \quad (2.4)$$

Числитель дроби в правой части выражения (6.4) является постоянной величиной, зависящей только от температуры. Знаменатель же этого отношения уменьшается с ростом ионной силы раствора. В свою очередь, ионная сила раствора растет при добавлении любого сильного электролита. С уменьшением знаменателя будет расти правая часть анализируемого выражения и, соответственно, вырастет произведение молярных концентраций ионов, образующихся при диссоциации кальцита в насыщенном растворе. Последнее означает рост растворимости труднорастворимого вещества при введении в его раствор каких-либо сильных электролитов. Явление носит название «**солевой эффект**».

Одним из наиболее важных природных равновесий с участием кальцита является образование твердого CaCO_3 в морской воде. Равновесие между твердым CaCO_3 и ионами Ca^{2+} и CO_3^{2-} , находящимися в океанической воде,

имеет важное значение для развития многих морских организмов и формирования отложений на морском дне. Произведение растворимости CaCO_3 в морской воде при $20\text{ }^\circ\text{C}$ имеет величину $6,0 \cdot 10^{-7}$, тогда как в пресной воде при этой температуре оно составляет $2,8 \cdot 10^{-9}$. Равновесие растворения CaCO_3 в морской воде смещено в сторону большей растворимости из-за влияния других ионов (солевой эффект), присутствующих в воде. Более чем 100-кратное увеличение растворимости CaCO_3 в морской воде обусловлено межйонным взаимодействием в водной среде с высокой концентрацией ионов.

На глубинах до 1 км океан пересыщен карбонатом кальция. Это означает, что ионное произведение $C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})$ больше произведения растворимости CaCO_3 . Однако скорость удаления CaCO_3 в результате осаждения или образования раковин и скелетных тканей морских организмов очень невелика. На больших глубинах, где концентрация Ca^{2+} снижается, океаническая вода оказывается ненасыщенной в отношении CaCO_3 . После гибели морских организмов их карбонатные скелеты, образовавшиеся вблизи поверхности, опускаются на глубину и растворяются там. На глубинах, превышающих 3 - 4 км, в отложениях морского дна содержится очень мало CaCO_3 .

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Во сколько раз изменится растворимость карбоната кальция в воде по сравнению с растворимостью его в 0,1 н растворе хлорида калия?
2. Рассчитайте растворимость оксалата кальция CaC_2O_4 (в моль/л) в 0,1 н растворе хлорида калия, если $\text{ПР}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2,3 \cdot 10^{-9}$.
3. Рассчитайте растворимость PbCO_3 (в г/л) в 0,1 н растворе хлорида натрия, если $\text{ПР}(\text{PbCO}_3) = 7,5 \cdot 10^{-14}$.
4. Вычислите растворимость йодида серебра (в г/л) в 0,5 М растворе нитрата калия, если $\text{ПР}(\text{AgI}) = 8,3 \cdot 10^{-17}$.
5. Сравните растворимость $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ в воде и 0,2М NaNO_3 . ($\text{ПР} = 6,0 \cdot 10^{-39}$). Во сколько раз они отличаются?

Глава 3

РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

Протекающие в растворах электролитов реакции ионного обмена подчиняются общему правилу, сформулированному ниже:

реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают в направлении образования наименее диссоциирующих соединений, труднорастворимых и газообразных веществ, т. е. в направлении образования:

- слабых кислот,
- слабых оснований,
- воды,
- осадков,
- газообразных (летучих) веществ.

*Молекулы этих веществ
в реакциях ионного обмена
на ионы не расписывают*

Рассмотрим соответствующие реакции более подробно с учетом классификации электролитов (табл.3.1).

Таблица 3.1

Классификация электролитов

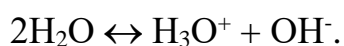
Электролиты			
сильные		слабые	
кислоты	основания	кислоты	основания
H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HCl, HBr, HI, HClO ₃ , HMnO ₄	LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH) ₂ , Sr(OH) ₂ , Ba(OH) ₂	H ₂ SO ₃ , HNO ₂ , HF, HCN, H ₂ CO ₃ , H ₃ AsO ₃ , CH ₃ COOH	Все трудно- растворимые и NH ₄ OH
Растворимые соли		H ₂ O	

Реакция соли с солью протекает, когда исходные соли растворимы, а одна из вновь образующихся выпадает в осадок. Реакция возможна и в том случае, если одна из исходных солей является труднорастворимой, но при этом вновь образующаяся соль характеризуется еще меньшей растворимостью. Реакция соли с кислотой возможна, если сильная кислота вытесняет более слабую, если образуется новая нерастворимая соль. Так, серная кислота в водном растворе является более сильным электролитом, чем большинство других кислот и поэтому вытесняет их из солей.

Ряд гидроксидов в реакциях ионного обмена проявляет как основные, так и кислотные свойства. Характер проявляемых свойств зависит от второго реагента, с которым такой гидроксид вступает в реакцию. Подобные гидроксиды называют амфотерными. К амфотерным гидроксидам относят: $Zn(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Sb(OH)_3$ и некоторые другие.

3.1. ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH

Вода - наиболее распространенный растворитель различных веществ. Поэтому физико-химические свойства воды имеют большое значение во многих областях экспериментальной и прикладной химии. Так, например, от содержания ионов H^+ в воде сильно зависят растворимость различных минералов, разложение химических загрязнителей в сточных водах, скорость коррозии металлических материалов, а также пригодность воды для использования в технологических процессах. Обычно вода, не содержащая растворенных веществ, рассматривается как очень слабый электролит. Тем не менее ее молекулы, хотя и в очень малой степени, диссоциируют, проявляя способность к самоионизации:



В этом процессе одна молекула воды действует как донор протона, т. е. как отдает протон, а другая – как акцептор, т. е. присоединяет протон. Обычно вместо ионов гидроксония H_3O^+ говорят об ионах водорода, и состояние динамического равновесия электролитической диссоциации воды упрощенно выражают уравнением:



Применив закон действия масс к диссоциации воды, можно записать общий вид соответствующей константы диссоциации:

$$K_d = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)}{C(\text{H}_2\text{O})}.$$

Концентрация ионов H^+ (H_3O^+) и OH^- в воде крайне ничтожна, так как при комнатной температуре на ионы распадается только $1 \cdot 10^{-7}$ моль H_2O . Из одной молекулы воды получается один ион H^+ и один ион OH^- , поэтому концентрация водородных, а следовательно, и гидроксильных ионов в чистой воде равна $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Число молей в 1 л воды: $1000 : 18 = 55,5$, где 1000 г – масса 1 л H_2O ; 18 г/моль – молярная масса H_2O . Концентрация недиссоциированных молекул воды составляет $(55,5 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$ моль/л. $1 \cdot 10^{-7}$ – весьма малая величина по сравнению с 55,5. Поэтому концентрация недиссоциированных молекул воды может быть принята равной 55,5 моль/л. Тогда

$$C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-) = K_d \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = K_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Константа $K_{\text{H}_2\text{O}}$ называется ионным произведением воды. Для фиксированной температуры она строго постоянна и при 22°C $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-14}$.

Поскольку величина $K_{\text{H}_2\text{O}}$ постоянна, то $C(\text{H}^+)$ и $C(\text{OH}^-)$ в водных растворах обратно пропорциональны друг другу. Любое повышение концентрации одного из этих ионов вызывает соответствующее уменьшение концентрации другого, и наоборот.

Хотя концентрации ионов водорода или гидроксильных групп могут быть очень малыми, в водных растворах они не бывают равными нулю, так

как произведение их всегда постоянно и не равно нулю. Следовательно, в водных растворах кислот присутствуют не только ионы H^+ , но и ионы OH^- , а в щелочной среде вместе с ионами OH^- содержатся и ионы H^+ .

Ионное произведение воды позволяет по заданной концентрации H^+ найти концентрацию OH^- , и наоборот.

Пример. Определить концентрацию водородных ионов в 0,01 М растворе КОН.

Решение. КОН – сильный электролит. При полной диссоциации из каждой молекулы КОН образуется один ион OH^- . В 1 л раствора из 0,01 моль КОН образуется 0,01 моль ионов OH^- . Следовательно:

$$C(H^+) = \frac{K_{H_2O}}{C(OH^-)} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л.}$$

На практике принято реакцию водных растворов характеризовать концентрацией ионов водорода. Раствор имеет нейтральную реакцию, если в нем $C(H^+) = C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Если $C(H^+) > 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, раствор имеет кислую реакцию. Кислотность раствора тем выше, чем больше концентрация ионов водорода. Раствор, в котором $C(H^+) < 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, имеет щелочную реакцию. Концентрацию ионов H^+ в водных растворах удобно выражать при помощи **водородного показателя рН**, который определяется как отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода: $pH = -\lg C(H^+)$. Соответственно отрицательный десятичный логарифм концентрации гидроксильных ионов называется гидроксильным показателем и обозначается *рОН*: $pOH = -\lg C(OH^-)$.

Из уравнения $C(H^+) \cdot C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-14}$ следует: $pH + pOH = 14$.

В нейтральном растворе $pH = 7$; в кислом $pH < 7$; в щелочном $pH > 7$.

Причем выделяют сильно- и слабокислую среду, а также сильно- и слабощелочную:

$$pH = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.$$

сильнокислая
нейтральная
сильнощелочная

НЗР
ЗЗР

слабокислая
слабощелочная

Для количественного определения рН существуют различные способы. Например, с этой целью используются специальные приборы, называемые рН-метрами. Однако простейшим способом оценки рН является использование кислотно-основных индикаторов. Индикатор представляет собой вещество органического происхождения, способное менять окраску в зависимости от рН среды. Если известно значение рН, при котором индикатор переходит из одной окрашенной формы в другую, то по наблюдаемой окраске раствора можно судить о том, выше или ниже его рН, чем рН перехода окраски данного индикатора. Например, лакмус, один из наиболее распространенных индикаторов, изменяет окраску при рН, близком к 7. Однако изменение окраски лакмуса происходит не очень резко. Красный цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 5 или ниже, а синий цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 8,2 или выше.

Таблица 3.2

**Цвет распространенных кислотно-основных индикаторов
в различной среде**

Индикатор	Цвет индикатора в зависимости от рН среды
Лакмус	рН<5,0 (красный) [фиолетовый] рН>8,0 (синий)
Фенолфталеин	рН<8,0 (бесцветный) [бледно-малиновый] рН>9,8 (малиновый)
Метилоранжевый	рН<3,1 (красный) [оранжевый] рН>4,4 (желтый)

Существуют другие индикаторы, изменяющие окраску при значениях рН между 1 и 14. Наиболее распространенные из них представлены в табл. 3.2. Из этой таблицы следует, что, например, метилоранжевый изменяет окраску в интервале рН от 3,1 до 4,4. При рН ниже 3,1 он имеет красную окраску. В растворах с рН в интервале от 3,1 до 4,4 метилоранжевый

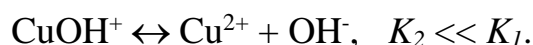
постепенно переходит в свою основную форму, имеющую желтую окраску. Когда рН достигает 4,4, переход в основную форму полностью завершается и раствор приобретает желтую окраску. Для приблизительной оценки рН растворов часто пользуются полосками бумаги, пропитанными различными индикаторами, к которым прилагается цветная шкала сравнения.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

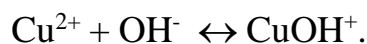
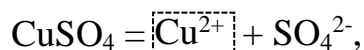
1. Рассчитайте рН раствора соляной кислоты с концентрацией 0,005 М.
2. Рассчитайте рН раствора гидроксида натрия с концентрацией 10^{-3} н.
3. Вычислите рН раствора уксусной кислоты, если $c=0,1$ М, $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$.
4. Вычислите рН 0,02 н раствора гидроксида аммония, если $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$.
5. Вычислите рН одномолярного раствора гидроксида калия с учетом активности ионов.
6. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 5 мл 0,1 М раствора КОН и 45 мл воды.
7. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 40 мл 0,01 М раствора азотной кислоты и 60 мл 0,02 М раствора соляной кислоты
7. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 5 мл 0,01 М раствора гидроксида калия и 65 мл 0,02 М раствора гидроксида натрия.
8. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 50 мл 0,01 М раствора гидроксида натрия и 55 мл 0,01 М раствора соляной кислоты.
9. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 55 мл 0,02 М раствора гидроксида натрия и 50 мл 0,02 М раствора соляной кислоты.
10. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 55 мл 0,02 М раствора гидроксида натрия и 50 мл 0,02 М раствора соляной кислоты с учетом активности ионов.
11. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 100 мл воды и 100 мл (н.у.) хлороводорода.

3.2. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Природная вода не является нейтральной средой и характеризуется значением pH, отличным от 7. В отношении многих веществ вода может выступать не только как растворитель, но и как активный реагент, вызывающий химическое взаимодействие обменного характера, если ионы, образующиеся при диссоциации этих веществ, являются остатками слабых электролитов. Поясним механизм этого явления, рассмотрев процесс ступенчатой диссоциации какого-либо слабого электролита, например $\text{Cu}(\text{OH})_2$:



Первое из двух записанных равновесий характеризуется константой равновесия K_1 . Величина этой константы намного меньше единицы, так как речь идет о слабом электролите. Следовательно, концентрация образующихся ионов CuOH^+ и OH^- очень мала. Еще меньше ионов образуется за счет второй ступени диссоциации слабого электролита, так как $K_2 \ll K_1$ (отщепление иона OH^- от положительно заряженного иона CuOH^+ требует больших энергетических затрат, чем отщепление от нейтральной молекулы $\text{Cu}(\text{OH})_2$). Поэтому, если в воде растворить сильный электролит, образующий при диссоциации ионы Cu^{2+} , в соответствии с принципом Ле Шателье произойдет смещение анализируемых равновесий в левую сторону. При этом связывание ионов OH^- вызовет и смещение равновесия диссоциации воды, что приведет к накоплению ионов H^+ и изменению характера среды в растворе:



Процессы, рассмотренные выше, объединяют под названием «гидролиз». В общем случае гидролизом называют взаимодействие ионов растворенного вещества с ионами H^+ или OH^- молекул воды, ведущее к об-

разованию малодиссоциирующих соединений и изменению рН раствора. Явление гидролиза, вызывающее изменение характера среды, распространено в природе (табл. 3.3). **Необходимо помнить, что гидролизу подвергаются только те соли, которые содержат хотя бы один ион – остаток слабого электролита.** Только в этом случае возможно образование малодиссоциированных ионов (молекул) кислоты или основания.

3.2.1. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой

После растворения и диссоциации соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой, например, CuSO_4 , в растворе устанавливается равновесие с участием ионов Cu^{2+} (остаток слабого электролита $\text{Cu}(\text{OH})_2$) и молекул H_2O :

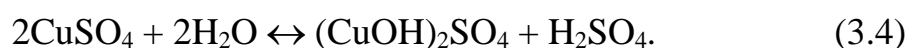


Таблица 3.3

Гидролиз в природных водных системах

Водная система	Среднее значение рН
Рудничные воды колчеданных месторождений	1 - 2
Воды торфяных болот	4
Грунтовые воды (питьевые)	6,5 – 8,0
Морская вода	8,2 – 8,5
Насыщенный раствор известняка, мела (CaCO_3)	10,0

В результате гидролиза ионы OH^- частично связываются, а ионы H^+ накапливаются (уравнение (3.3)). В растворе становится больше ионов водорода, чем гидроксильных групп. Среда приобретает кислый характер: $\text{pH} < 7$.

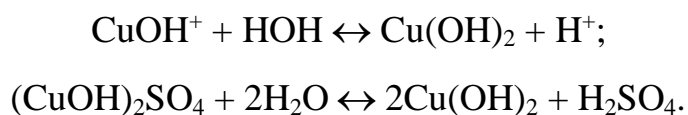
Отметим последовательность действий при анализе процесса гидролиза той или иной соли. Сначала следует определить, содержит ли соль ион – остаток слабого электролита. Например, при растворении NaCl образуются ионы Na^+ и Cl^- , соответствующие сильным электролитам – основанию NaOH и кислоте HCl. Подобные соли гидролизу не подвергаются.

В том случае, если соль содержит ион – остаток слабого электролита, гидролиз протекать будет. Причем суть процесса выражают составлением молекулярного и ионного уравнений гидролиза. Удобнее, сделав заготовку молекулярного уравнения, начать с ионной формы взаимодействия. При этом можно воспользоваться соответствующими правилами.

Для составления ионного уравнения гидролиза по катиону необходимо (см. уравнение (3.3)):

1. Выписать катион слабого основания.
2. Прибавить одну молекулу воды.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулу соединения, образованного катионом слабого основания и группой OH^- из воды.
5. Прибавить оставшийся от воды ион H^+ .

При составлении ионного уравнения гидролиза к одному катиону слабого основания прибавляем только одну молекулу воды. Это связано с тем, что при обычных условиях гидролиз протекает только по первой ступени: один ион – остаток слабого электролита взаимодействует с одной молекулой воды. При повышении температуры или сильном разведении раствора возможны следующие ступени гидролиза до образования молекул слабого электролита:



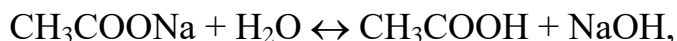
В уравнениях гидролиза ставится знак равновесия, так как гидролиз солей обратим. Например, если в результате гидролиза накапливаются ионы H^+ , добавление к раствору соли какой-либо сильной кислоты вызовет смещение равновесия в сторону исходных негидролизированных ионов соли.

Для составления молекулярного уравнения гидролиза необходимо (смотри уравнение (3.4)):

1. Выписать формулу соли.
2. Прибавить воду.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулы веществ, образованных катионами в правой части ионного уравнения и анионом исходной соли.
5. В случае необходимости – уравнять.

3.2.2. Гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой

Примером соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, является ацетат натрия CH_3COONa . При растворении в воде эта соль диссоциирует на ионы Na^+ и CH_3COO^- . Ацетат-ион является остатком слабой уксусной кислоты, следовательно, исходная соль будет подвергаться гидролизу. Для составления молекулярного и ионного уравнений гидролиза можно воспользоваться правилами, подобными тем, что были рассмотрены выше для гидролиза соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой:

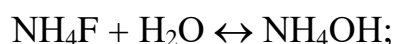


Ионы CH_3COO^- , взаимодействуя с ионами H^+ воды, образуют молекулы слабодиссоциированной уксусной кислоты. Ионы же Na^+ не связываются ионами OH^- , так как $NaOH$ – сильный электролит. Уменьшение в растворе

числа ионов H^+ нарушает равновесие между молекулами воды и ее ионами, вызывая диссоциацию дополнительного количества молекул воды. Вновь образующиеся ионы H^+ в свою очередь связываются ионами CH_3COO^- в молекулы CH_3COOH , а свободные ионы OH^- накапливаются в растворе. Избыток ионов гидроксила создает щелочную среду: $\text{pH} > 7$.

3.2.3. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой

Примером соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой, служит фторид аммония NH_4F , гидролизующийся следующим образом:

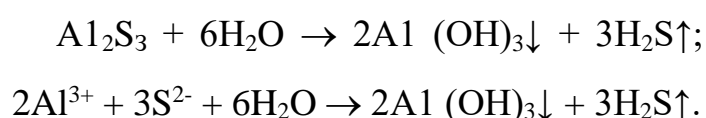


При гидролизе фторида аммония одновременно связываются ионы H^+ и OH^- , т. е. образуются два слабых электролита - слабая кислота и слабое основание. Характер среды в подобных случаях зависит от относительной силы образующихся кислоты и основания. При численном равенстве констант диссоциации основания и кислоты среда будет нейтральной. Если константа диссоциации кислоты превышает константу диссоциации основания, то раствор соли будет слабокислым и, наоборот, раствор будет иметь слабощелочную реакцию, если константа диссоциации основания больше константы диссоциации кислоты.

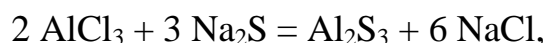
3.2.4. Полный гидролиз

Возможен случай протекания гидролиза по всем возможным ступеням до полного разложения соли. Это происходит при гидролизе солей, образованных слабым основанием и слабой кислотой, когда получающиеся кислота

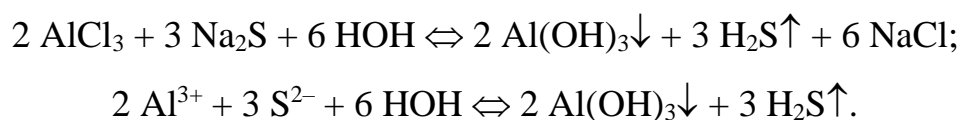
и основание очень слабые, к тому же летучие или труднорастворимые. Такие соли отмечены прочерком в таблице растворимости. Они могут быть получены только сухим путем. При контакте с водой эти соли необратимо разлагаются, так как протекает полный гидролиз. В результате полного гидролиза образуются осадок слабого основания и молекулы слабой кислоты. Например, взаимодействие Al_2S_3 (в таблице растворимости данная соль отмечена прочерком) с водой протекает следующим образом:



Если взять растворы растворимых солей алюминия (например, $AlCl_3$) и сульфидов (например, Na_2S), то в каждый из растворов гидролизован I ступен, что доказывается изменением окраски индикатора. Если слить оба эти раствора, то должна произойти реакция ионного обмена:



но в водном растворе соль Al_2S_3 существовать не может – она сразу разлагается, что видно по выпавшему белому осадку гидроксида алюминия. Сложив одновременно протекающие две стадии взаимодействия хлорида алюминия и сульфида натрия, получим:



Такая реакция называется *совместным гидролизом*.

3.2.5. Количественные аспекты гидролиза

Для количественной характеристики процесса гидролиза используют две величины – **степень гидролиза** и константу гидролиза.

Отношение концентрации гидролизованной части молекул к общей концентрации соли в растворе называют степенью гидролиза:

$$h = C_{\text{гидр.}} / C_{\text{общ.}},$$

где h – степень гидролиза; $C_{\text{гидр.}}$ – концентрация гидролизованных молекул соли; $C_{\text{общ.}}$ – общая концентрация соли в растворе.

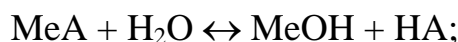
Степень гидролиза соли зависит от нескольких факторов:

1) от константы диссоциации кислоты или основания, образующихся в процессе гидролиза. Чем меньше константа диссоциации, тем больше степень гидролиза;

2) от температуры. При нагревании раствора гидролиз усиливается, так как увеличивается степень диссоциации воды;

3) для солей, образованных сильными кислотами и слабыми основаниями, а также сильными основаниями и слабыми кислотами, степень гидролиза также возрастает при разбавлении раствора.

Запишем в общем виде уравнение реакции гидролиза соли MeA, образованной слабым основанием MeOH и слабой кислотой HA:



Константа равновесия для гидролиза рассматриваемой соли имеет вид:

$$K = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-) \cdot C(\text{H}_2\text{O})}. \quad (3.5)$$

Для разбавленного раствора можно принять, что молярная концентрация воды в результате реакции гидролиза практически не меняется и имеет почти то же значение, что и для чистой воды, а именно 55,5 моль/л. Объединяя в уравнении (3.5) две постоянные величины K и $C(\text{H}_2\text{O})$ в одну – константу гидролиза $K_{\text{гидр}}$ получим:

$$K_{\text{гидр}} = K \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-)}. \quad (3.6)$$

Константа гидролиза зависит от температуры и природы растворенной соли, но в области больших разбавлений практически не зависит от концентрации. Константа гидролиза показывает, насколько велика концентрация

молекул слабого основания и молекул слабой кислоты в сравнении с концентрацией соответствующих катионов и анионов после установления равновесия гидролиза.

Умножим в равенстве (3.6) числитель и знаменатель дроби на величину $C(H^+) \cdot C(OH^-)$:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{C(M) \cdot C(A^-) \cdot C(H^+) \cdot C(OH^-)}{C(MeO) \cdot C(HA) \cdot C(H^+) \cdot C(OH^-)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{MeOH} \cdot K_{HA}}$$

Следовательно, константа гидролиза соли, образованной катионом слабого основания и анионом слабой кислоты, равна ионному произведению воды, деленному на произведение констант диссоциации кислоты и основания. Чем слабее основание или кислота, катион и анион которых входят в состав соли, тем в большей степени соль будет подвергаться гидролизу, тем больше будет значение соответствующей константы гидролиза.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите константу гидролиза, степень гидролиза и рН для 0,005 н раствора KCN, если $K_d(HCN) = 7,2 \cdot 10^{-10}$.

2. Вычислите константы гидролиза по первой и второй ступеням для $CuCl_2$, если $K_{d1}(Cu(OH)_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$, $K_{d2}(Cu(OH)_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$.

3. Вычислите константу гидролиза Li_3PO_4 , по первой, второй и третьей ступеням, если $K_{d1}(H_3PO_4) = 7,1 \cdot 10^{-3}$, $K_{d2}(H_3PO_4) = 6,3 \cdot 10^{-8}$, $K_{d3}(H_3PO_4) = 4,4 \cdot 10^{-13}$.

4. Вычислите степень гидролиза и рН для 0,05 М раствора ацетата натрия, если $K_d(CH_3COOH) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

5. Вычислите константу гидролиза ацетата аммония, если $K_d(CH_3COOH) = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $K_d(NH_4OH) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

3.3. БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

Буферными называют растворы, рН которых практически не изменяется от добавления к ним небольших количеств сильной кислоты или щелочи, а также при разведении. Простейший буферный раствор – это смесь слабой кислоты и соли, имеющей с этой кислотой общий анион (например, смесь уксусной кислоты CH_3COOH и ацетата натрия CH_3COONa), либо смесь слабого основания и соли, имеющей с этим основанием общий катион (например, смесь гидроксида аммония NH_4OH с хлоридом аммония NH_4Cl).

Рассмотрим, на чем основано буферное действие таких систем, т.е. их способность стабилизировать на определенном уровне концентрации ионов водорода и рН раствора при добавлении воды или небольших количеств кислоты и щелочи.

Константа электролитической диссоциации уксусной кислоты при 25 °С

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{CH}_3\text{COOH})}{C(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = 1,75 \cdot 10^{-5},$$

$$\text{откуда } C(\text{H}^+) = \frac{C(\text{CH}_3\text{COOH})}{C(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = 1,75 \cdot 10^{-5}.$$

Так как в случае чистой кислоты концентрация ионов водорода будет равна концентрации ацетат-ионов, а равновесная концентрация уксусной кислоты практически равна ее общей концентрации, то для 0,1 н

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0,1 \cdot 1,75 \cdot 10^{-5}} = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

$$\text{pH} = -\lg(1,32 \cdot 10^{-3}) \approx 2,88.$$

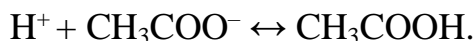
Пусть теперь к 0,1 н CH_3COOH добавлен ацетат натрия (изменением объема пренебрегаем) так, чтобы его концентрация в растворе стала равной 0,1 моль/л. Общая концентрация ацетат-ионов теперь станет равной $0,1 + 1,32 \cdot 10^{-3}$, т. е. $\approx 0,1$ моль/л. Концентрация ионов водорода в буферном растворе равна

$$[H^+] = \frac{0,1}{0,1} 1,75 \cdot 10^{-5} = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

водородный показатель

$$pH = -\lg(1,75 \cdot 10^{-5}) = -4,7570 \approx 4,76.$$

Посмотрим теперь, как изменится концентрация ионов водорода и pH раствора после добавления в него сильной кислоты, например HCl, в количестве 0,05 моль/л (пренебрегаем небольшим добавлением раствора). Если бы такое добавление HCl было сделано к чистой воде, то концентрация ионов водорода в ней увеличилась бы с 10^{-7} до 0,05 моль/л (в 500 000 раз!), а pH снизился с 7,00 до 1,30 (на 5,7 единиц). Но в буферном растворе увеличение концентрации ионов водорода будет более умеренным, так как большая часть их свяжется с ацетат-ионами с образованием недиссоциированных молекул уксусной кислоты:



Благодаря этой реакции концентрация недиссоциированных молекул CH₃COOH возрастет на 0,05 моль/л и станет равной 0,15 моль/л, а концентрация ацетат-ионов снизится на 0,05 моль/л и станет равной 0,05 моль/л, концентрация же ионов водорода равна

$$[H^+] = \frac{0,15}{0,05} \cdot 1,75 \cdot 10^{-5} = 5,25 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

водородный показатель

$$pH = -\lg(5,25 \cdot 10^{-5}) = 4,2798 \approx 4,28.$$

Таки образом, после добавления к буферному раствору 0,05 моль/л соляной кислоты концентрация ионов водорода увеличится в три раза, а pH снизится на $4,76 - 4,28 = 0,48$.

Если произвести аналогичный расчет в общем виде, то для буферного раствора, состоящего из [HAn] моль/л слабой кислоты и [KtAn] моль/л ее соли, концентрация ионов водорода

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{[HAn] - [H^+]}{[KtAn] + [H^+]}$$

или при допущении, что $[HAn] + [H^+] \approx [HAn]$ и $[KtAn] + [H^+] \approx [KtAn]$,

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{[HAn]}{[KtAn]}, \quad (3.7)$$

Где K_{HAn} - константа электролитической диссоциации слабой кислоты.

Логарифмируя обе части уравнения и меняя знаки на обратные, приходим к уравнению для расчета рН рассматриваемого буферного раствора:

$$pH = pK_{HAn} - \lg \frac{[HAn]}{[KtAn]}, \quad (3.8)$$

где pK_{HAn} - десятичный логарифм константы электролитической диссоциации слабой кислоты, взятый с обратным знаком.

Выражение (3.7) называют уравнением Гендерсона-Гассельбаха. Для буферного раствора, состоящего из слабого основания KtOH и соли KtAn, имеющей с этим основанием общий катион, концентрация иона гидроксила

$$[OH^-] = K_{KtOH} \frac{[KtOH]}{[KtAn]} \quad (1.9)$$

и гидроксильный показатель

$$pOH = pK_{KtOH} - \lg \frac{[KtOH]}{[KtAn]} \quad (3.10).$$

Принимая во внимание, что $pOH = 14 - pH$,

$$pH = 14 - pK_{KtOH} + \lg \frac{[KtOH]}{[KtAn]}, \quad (3.11)$$

где pK_{KtOH} - десятичный логарифм константы электролитической диссоциации слабого основания, взятый с обратным знаком.

Из уравнений (3.7)-(3.11) следует, что концентрация ионов водорода в буферном растворе зависит не только от концентрации и константы электролитической диссоциации слабой кислоты или слабого основания, но и от концентрации соли, имеющей с кислотой общий анион или с основанием общий катион. Чем выше концентрация соли в буферных растворах типа слабая кислота – ее соль, тем меньше в них концентрация ионов водорода. При

сопоставимых молярных концентрациях кислоты и соли концентрация ионов водорода в таких растворах приближается к значению, равному константе диссоциации кислоты:

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{[HAn]}{[KtAn]} \approx K_{HAn}.$$

В буферных растворах типа слабое основание – соль повышение концентрации соли приводит к повышению концентрации ионов водорода. Если разбавить буферный раствор водой, то в равной пропорции изменится как концентрация слабой кислоты или слабого основания, так и концентрация соли, концентрация ионов водорода в растворе изменится незначительно (только в связи с разным влиянием разбавления на степень электролитической диссоциации слабого электролита и соли). Так, при разбавлении буферного раствора 0,1 н CH_3COOH - 0,1 н CH_3COONa в 100 раз, его рН повышается только с 4,76 до 4,80.

Способность буферного раствора сохранять рН по мере прибавления сильной кислоты или щелочи приблизительно на постоянном уровне далеко не беспредельна и ограничена величиной так называемой буферной емкости B . За единицу буферной емкости обычно принимают емкость такого буферного раствора, для изменения рН которого на единицу требуется введение сильной кислоты или щелочи в количестве 1 моль эквивалента на 1 л раствора. Буферная емкость B может быть рассчитана по формуле

$$B = \frac{c}{pH_2 - pH_1}.$$

Буферная емкость раствора возрастает по мере увеличения концентрации его компонентов и приближения соотношения $\frac{[HAn]}{[KtAn]}$ или $\frac{[KtOH]}{[KtAn]}$ к единице. Общая буферная емкость артериальной крови достигает 25,3 ммоль/л; у венозной крови она несколько ниже и обычно не превышает 24,3 ммоль/л.

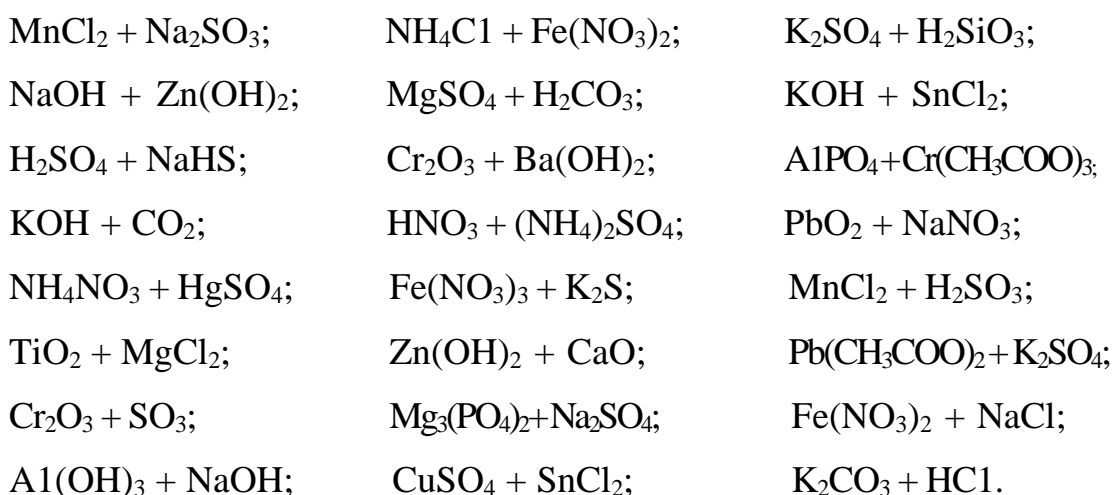
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислите pH 0,005 н раствора гидроксида калия.
2. Определите pH 0,01 н раствора уксусной кислоты. Константа диссоциации CH_3COOH составляет $1,8 \cdot 10^{-5}$.
3. К 5 мл 0,01 М раствора KOH добавили 45 мл 0,02 М раствора NaOH. Чему равен pH полученного раствора?
4. К 40 мл 0,005 М раствора серной кислоты прилили 30 мл 0,02 н раствора гидроксида натрия. Чему равен pH полученного раствора?
5. К 15 мл 0,03 н раствора муравьиной кислоты прилили 12 мл 0,15 н раствора формиата калия. Рассчитайте pH, если $K_d(\text{HCOOH})=1,8 \cdot 10^{-4}$.
6. Вычислите pH раствора, полученного смешиванием 30 мл 0,15 н раствора уксусной кислоты и 60 мл 0,028 н раствора гидроксида натрия, если $K_d(\text{CH}_3\text{COOH})=1,8 \cdot 10^{-5}$.
7. Рассчитайте pH буферного раствора объемом 100 мл, содержащего 5,36 г хлорида аммония и растворением и 1,7 г гидроксида аммония. $K_d(\text{NH}_4\text{OH})= 1,8 \cdot 10^{-5}$.
8. Рассчитайте величину буферной емкости фосфатного буферного раствора, если после добавления 10 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия к 20 мл этого раствора pH последнего увеличивается с 7,2 до 8,0.
9. Сколько мл 0,2 М раствора уксусной кислоты нужно добавить к 40 мл 0,1 М раствора ацетата натрия, чтобы получить раствор с pH 4?
10. Рассчитайте pH раствора, полученного смешиванием 100 мл 0,1 М раствора уксусной кислоты и 0,4 г сухого гидроксида натрия. Константа диссоциации CH_3COOH составляет $1,8 \cdot 10^{-5}$.
11. Рассчитайте pH раствора, полученного при сливании 150 мл раствора уксусной кислоты с концентрацией 0,2 н и 100 мл раствора натриевой щелочи с концентрацией 0,1 М. Константа диссоциации CH_3COOH составляет $1,8 \cdot 10^{-5}$.

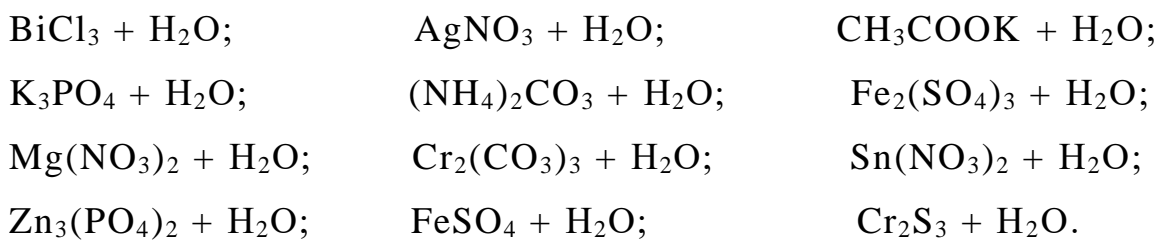
11. Рассчитайте pH раствора, полученного смешиванием 100 мл раствора соляной кислоты молярностью 0,1 М и газообразного аммиака объемом 448 мл (н.у.). $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

12. Рассчитайте pH раствора, полученного смешиванием одинаковых объемов 0,1 М раствора фосфорной кислоты 0,1 М раствора гидроксида натрия. $K_{d1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,59 \cdot 10^{-3}$, $K_{d2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6,17 \cdot 10^{-8}$, $K_{d3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,17 \cdot 10^{-13}$.

13. Составьте молекулярные и ионные уравнения возможных реакций:



14. Составьте молекулярные и ионные уравнения возможных реакций гидролиза:



Глава 4

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

4.1. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Во многих химических реакциях происходит изменение степени окисления атомов или ионов, образующих молекулы взаимодействующих веществ. Такие реакции относят к окислительно-восстановительным.

Степень окисления атома в химическом соединении - это условный заряд, которым обладал бы этот атом при полном смещении электронов, образующих химическую связь, к более электроотрицательному из взаимодействующих атомов.

Степень окисления атомов одного элемента в разных соединениях может быть различной. Когда химическая связь образована одинаковыми атомами, как, например, в молекуле H_2 , электроны распределяются между ними без преимущественного смещения к одному из них. Поэтому степень окисления каждого атома водорода в молекуле H_2 равна нулю.

Для определения степени окисления необходимо исходить из следующих положений:

1. Степень окисления атомов простых веществ равна нулю. Так, в H_2 , Cl_2 , N_2 , Al , Fe степень окисления атомов равна нулю, поскольку преимущественного смещения электронов, участвующих в образовании связи, не происходит.

2. В химических соединениях более электроотрицательным элементам приписывают отрицательные степени окисления, а менее электроотрицательным - положительные. Абсолютная величина степени окисления приблизительно соответствует валентности элемента, или числу электронных пар, обобществляемых в связях, которые образует атом.

Например, водород в химических соединениях имеет степень окисления +1. Так, в HCl водороду приписывается степень окисления +1, а хлору степень окисления -1. Для водорода возможна отрицательная степень окис-

ления -1, когда он связан с менее электроотрицательным элементом, как, например, в гидридах щелочных металлов NaH, LiH и т. п.

3. В любой молекуле сумма положительных и отрицательных степеней окисления всех атомов равна нулю. Например, в CO_2 кислороду приписывается степень окисления -2, поскольку он более электроотрицательный элемент. Следовательно, углероду нужно приписать степень окисления +4.

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева позволяет найти закономерности, с помощью которых можно определять степени окисления элементов. Степени окисления элементов испытывают периодические изменения. Все щелочные металлы (главная подгруппа первой группы элементов) имеют в соединениях степень окисления +1. Эти металлы образуют химические связи с другими элементами, теряя один электрон. Элементы второй группы в химических соединениях находятся в состоянии окисления +2. В третьей группе наиболее часто встречающийся в природе элемент алюминий в соединениях всегда проявляет степень окисления +3.

Наиболее электроотрицательный элемент фтор проявляет степень окисления -1. Другие неметаллы имеют отрицательные степени окисления во всех случаях, когда они связаны с менее электроотрицательным элементом. Кислород всегда встречается в состоянии окисления -2 (исключения - фторид кислорода OF_2 и перекись водорода H_2O_2 . В первом из этих соединений степень окисления кислорода +2, во втором, как и в других пероксидах, -1).

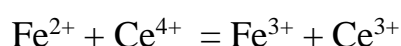
При обсуждении окислительно-восстановительных реакций принято считать вещество, понижающее степень окисления образующих его частиц, окислителем. Окислитель обладает повышенным сродством к электрону. Поскольку окислитель присоединяет электроны, он восстанавливается, т. е. уменьшает свою степень окисления.

Аналогично вещество, которое отдает электроны, т. е. повышает степень окисления образующих его атомов или ионов, называется восстановителем.

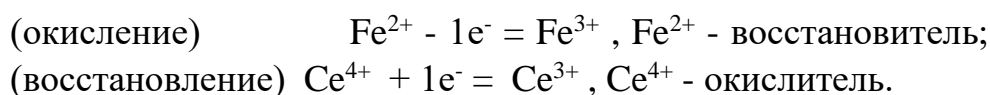
4.1.1. Составление уравнений методом окислительно-восстановительных полуреакций

В окислительно-восстановительных реакциях процессы окисления и восстановления происходят совместно: если одно вещество присоединяет электроны и тем самым восстанавливается, то другое вещество должно отдавать электроны и, следовательно, окисляться. Окисление и восстановление идут одновременно, один из этих процессов не может происходить без другого. Тем не менее удобно рассматривать каждый из них отдельно.

Например, реакцию окисления иона Fe^{2+} ионом Ce^{4+} :



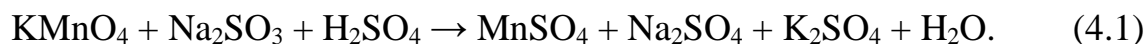
можно представить как совокупность двух процессов. Один из них – окисление Fe^{2+} , другой - восстановление Ce^{4+} :



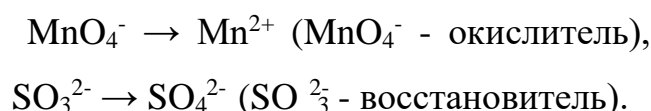
Такие уравнения, описывающие только окисление или только восстановление, называются полуреакциями. Число электронов, теряемое в полуреакции окисления, должно быть равно числу электронов, приобретаемых в полуреакции восстановления. Если это условие выполнено, при суммировании полуреакций может быть получено стехиометрически сбалансированное уравнение окислительно-восстановительной реакции.

На практике для уравнивания окислительно-восстановительных реакций применяется несколько методов, различающихся уровнем сложности и количеством дополнительно подбираемых стехиометрических коэффициентов. Более часто применяется так называемый ионно-электронный метод или метод полуреакций. Суть метода заключается в том, что окислитель, восстановитель, среду реакции и продукты взаимодействия записывают в виде ионов, если они - сильные электролиты. Процессы окисления и восстановления при этом рассматривают в виде полуреакций.

В качестве примера составим уравнение реакции между перманганатом калия и сульфитом натрия, протекающей в кислой среде:



Для расстановки коэффициентов в уравнении реакции (4.1) выполним следующие действия. Сначала запишем в виде схемы две полуреакции, в одной из которых участвует окислитель, а в другой - восстановитель:



Затем уравняем по отдельности каждую полуреакцию. При этом сначала уравняем число атомов, подвергающихся окислению или восстановлению, затем остальные элементы и, наконец, заряды. Если реакция проводится в кислом водном растворе, к реагентам добавляют ионы H^+ и молекулы H_2O , чтобы уравнять число атомов водорода и кислорода. Аналогично для реакции в щелочной среде при составлении полных полуреакций прибавляют OH^- и H_2O . Соответствующее правило отражено в табл. 4.1.

Таблица 4.1

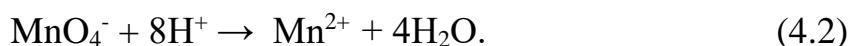
Добавление и связывание ионов кислорода при составлении полуреакций окисления – восстановления

Характер среды	Добавление ионов O^{2-}	Связывание ионов O^{2-}
Кислая	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
Нейтральная	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$
Щелочная	$2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$

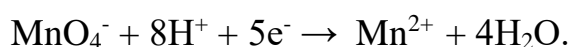
В полуреакции для перманганат-иона в обеих частях уравнения есть по одному атому марганца. Однако в левой части содержатся четыре атома кислорода, тогда как в правой части нет ни одного. Чтобы уравнять четыре атома кислорода, содержащиеся в MnO_4^- , следует ввести в число продуктов четыре молекулы H_2O :



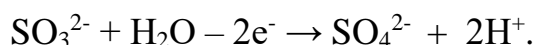
Для того чтобы уравнять восемь атомов водорода, которые появились после предыдущей операции среди продуктов, добавим к исходным реагентам 8H^+ :



На этой стадии в обеих частях полуреакции (4.2) содержится равное число атомов каждого элемента, но необходимо уравнять и заряды. Суммарный заряд реагентов в левой части составляет $+8 + (-1) = +7$, заряд продуктов равен $+2 + 4 \cdot (0) = +2$. Чтобы уравнять заряды, к левой части полуреакции (10.2) надо добавить пять электронов:

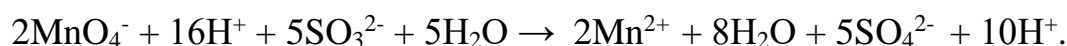
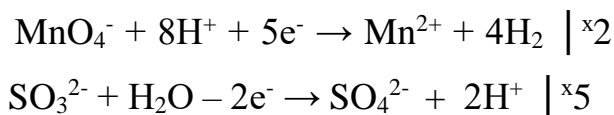


Выполнив аналогичные действия для сульфит-иона, придем к следующей полуреакции окисления:

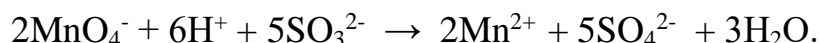


На последней стадии уравнение каждой полуреакции умножают на такой множитель, чтобы число электронов, присоединяемое в одной полуреакции, совпало с числом электронов, отдаваемых в другой полуреакции. Затем полуреакции суммируют и получают сбалансированное уравнение полной реакции.

В рассматриваемом примере полуреакцию с перманганат-ионом следует умножить на 2, а полуреакцию с сульфит-ионом умножить на 5. Полное сбалансированное уравнение представляет собой сумму полуреакций:



После сокращения в левой и правой частях суммарного уравнения ионов водорода и молекул воды получим:



Теперь запишем полное уравнение окислительно-восстановительной реакции в молекулярной форме:



Отметим, что уравнение составлено верно, если число атомов каждого химического элемента в левой и правой частях уравнения совпадают.

Метод полуреакций - не единственный метод уравнивания окислительно–восстановительных взаимодействий. Отметим другой распространенный метод, называемый методом электронного баланса. В качестве примера рассмотрим ту же реакцию перманганата калия с сульфитом натрия в кислой среде.

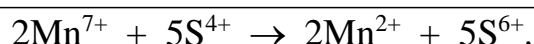
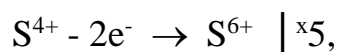
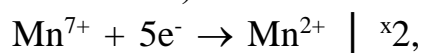
Для уравнивания реакции методом электронного баланса поступают следующим образом:

1. Определяют степень окисления каждого элемента в обеих частях уравнения для выяснения, какие элементы подвергаются окислению и восстановлению. В рассматриваемом примере степень окисления марганца изменяется от +7 в MnO_4^- до +2 в Mn^{2+} , а степень окисления серы изменяется от +4 в SO_3^{2-} до +6 в SO_4^{2-} .

2. Определяют изменение степени окисления каждого элемента при окислении или восстановлении. Эти изменения представляют в виде схемы:



3. С учетом установленных изменений степеней окисления уравнивают число присоединяемых электронов (процесс восстановления) и число отдаваемых электронов (процесс окисления):



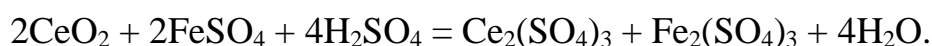
4. После определения коэффициентов для окислителя и восстановителя методом подбора уравнивают число атомов остальных элементов.

В рассмотренном примере итоговое уравнение реакции идентично тому, что было получено методом полуреакций (ионно–электронным методом).

Однако метод полуреакций менее трудоемок в плане дополнительного уравнения ионов, сохраняющих степень окисления, и, кроме этого, позволяет подбирать среду реакции, если она заранее не известна.

Отметим, если в каждой из окислительно-восстановительных пар (в каждой из полуреакций) переносится одинаковое число электронов, то реакцию называют комплементарной, если неодинаковое, - некомплементарной.

Комплементарная реакция:



Некомплементарная реакция:



Некомплементарные окислительно-восстановительные реакции обычно медленнее комплементарных, так как в случае некомплементарного взаимодействия механизм реакции более сложный, связанный с образованием промежуточных соединений.

Те реакции, в которых окисленная и восстановленная формы отличаются только числом электронов, проходят быстро. Медленно протекают окислительно-восстановительные реакции, в которых перенос электронов осуществляется атомами или группами атомов и сопровождается их перегруппировкой, например, реакции с участием перманганат (MnO_4^-) или бихромат ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) - ионов. Некоторые реакции по этой причине практически не идут, например, реакция с участием пары $\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-$, так как скорость ее чрезвычайно мала из-за необходимости разрушить устойчивую структуру иона ClO_4^- .

4.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Любой контакт поверхности металла с раствором электролита сопровождается распределением зарядов в виде двойного электрического слоя. При этом возникающая разность потенциалов на границе металл - электролит определяется следующими процессами:

1. Ионизация металла с образованием положительных ионов и свободных электронов («электронный газ»):

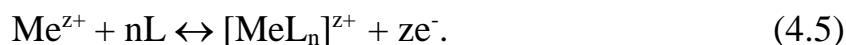


Данный процесс обусловлен особым строением кристаллической решетки металла, в узлах которой расположены катионы, находящиеся в равновесии со свободными электронами внешних электронных оболочек.

2. Сольватация катионов при взаимодействии с молекулами L растворителя:



Суммарный процесс можно представить следующей реакцией:



Каждому из процессов (4.3) и (4.4) соответствует свой тепловой эффект. Так, диссоциация протекает с поглощением энергии U_d , а сольватация с выделением U_{solv} . Поэтому соотношение U_d / U_{solv} фактически определяет направление результирующего процесса (4.5). Например, когда $U_{\text{solv}} > U_d$, происходит переход катионов металла в раствор.

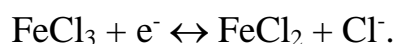
Переход катионов в раствор характерен для активных металлов, при этом раствор около поверхности металла приобретает избыточный положительный заряд, а поверхность металла - отрицательный; на границе металл - раствор возникает скачок потенциала. По мере увеличения концентрации катионов в растворе у поверхности металла выход ионов из металла уменьшается, а процесс их адсорбции из раствора интенсифицируется. При равенстве скоростей этих процессов устанавливается динамическое равновесие.

Сольватированные (гидратированные – в случае водных растворов) катионы металла в растворе и оставшиеся в кристаллической решетке электроны образуют двойной электрический слой. Изменение потенциала φ в этом слое суммарно складывается из скачка потенциала ψ в слое жестко ориентированных катионов у поверхности металла (так называемый адсорбционный слой) и скачка потенциала ψ' в менее упорядоченном размытом слое (так называемый диффузный слой): $\varphi = \psi + \psi'$.

В противоположность рассмотренному случаю, из менее активных металлов, таких как Au, Ag, Cu, катионы в раствор практически не переходят. Для этих металлов $U_{\text{solv}} < U_{\text{d}}$. Поэтому, если, например, металлическое серебро контактирует с раствором собственной соли, преобладает переход катионов серебра из раствора на поверхность металла. В результате поверхность металла заряжается положительно, а прилегающий к ней раствор – отрицательно.

Отметим существование еще одного механизма образования скачка потенциала. Двойной электрический слой также образуется при контакте инертного металла, например, Pt с раствором, содержащим окисленную или восстановленную форму какого-либо соединения.

Так, ион Fe^{3+} в растворе FeCl_3 в отсутствие восстановителей не может проявить окислительной способности. Однако если в раствор поместить металлическую платину, то катион Fe^{3+} способен отнять от поверхности металла один электрон и восстановиться до состояния Fe^{2+} :



В результате поверхность платины приобретает положительный заряд, а прилегающий слой раствора – отрицательный за счет избытка ионов Cl^- . Возникающий положительный потенциал на платине будет тем выше, чем больше окислительная способность катиона металла в растворе. В общем случае этот потенциал определяется соотношением концентраций окисленной и восстановленной формы ионов в растворе и характеризует окислитель-

но-восстановительную активность системы, например: Fe^{2+} , Fe^{3+}/Pt . Такой потенциал называют окислительно-восстановительным.

Следует помнить, что во всех рассмотренных выше случаях причиной возникновения скачка потенциала является именно окислительно-восстановительный процесс на поверхности металла, погруженного в раствор электролита. Следовательно, значение этого потенциала также характеризует окислительно-восстановительные свойства системы.

Г. Нернст, изучая потенциалы различных электродных систем, установил, что величина этих потенциалов определяется следующими факторами:

- 1) природой веществ, составляющих окислительно-восстановительную систему (каждое вещество характеризуется своим значением потенциала);
- 2) соотношением между активностями (концентрациями) этих веществ;
- 3) температурой системы.

Соответствующая зависимость выражается уравнением, носящим имя автора - **Г. Нернста**:

$$E_{\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}, \quad (4.6)$$

где E^0 - стандартный электродный потенциал; n - число электронов, принимающих участие в электродном процессе; R - универсальная газовая постоянная; T - температура; F - постоянная Фарадея; a_{Ox} , a_{Red} - активности окисленной и восстановленной форм компонентов системы.

Физический смысл величины E^0 вытекает из уравнения (4.6): стандартный электродный потенциал – это потенциал системы при активности всех ее компонентов, равных единице. При выполнении данного условия $a_{\text{Ox}} = a_{\text{Red}} = 1$, получим $\lg 1 = 0$ и $E = E^0$.

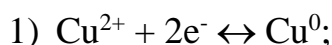
В том случае, если отдельные компоненты системы находятся в твердом состоянии или представляют собой газы, парциальное давление которых составляет одну атмосферу, их можно исключить из уравнения Нернста, так как их активности равны единице. Активности остальных компонентов следует

возвести в степень, равную соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении окислительно-восстановительной реакции.

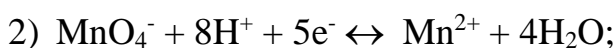
Отметим, что на практике для удобства в уравнение Нернста записывают молярные концентрации компонентов, а не их активности. Также часто постоянные величины объединяют в одну константу. Тогда для комнатной температуры (25 °С) уравнение Нернста принимает вид:

$$E_{Ox/Red} = E_{Ox/Red}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{Ox}}{C_{Red}}$$

Рассмотрим в качестве примера общий вид уравнения Нернста для различных систем:



$$E_{Cu^{2+}/Cu^0} = E_{Cu^{2+}/Cu^0}^0 + \frac{0,059}{2} \lg C(Cu^{2+});$$



$$E_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = E_{MnO_4^-/Mn^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C(MnO_4^-) \cdot C^8(H^+)}{C(Mn^{2+})}$$

Часто на ход окислительно-восстановительного процесса оказывает большое влияние характер среды. Иногда влияние среды на ход окислительно-восстановительного процесса так велико, что некоторые реакции могут осуществляться только в кислой или щелочной среде.

От pH среды нередко зависит и количество электронов, присоединяемых молекулой (ионом) окислителя или отдаваемых молекулой (ионом) восстановителя. Так, например, перманганат калия $KMnO_4$ при диссоциации в водных растворах образует ионы MnO_4^- . Эти ионы, выступая в роли окислителя, в кислой среде восстанавливаются с образованием иона Mn^{2+} , в сильнощелочной - с образованием MnO_4^{2-} -иона, в слабощелочной и нейтральной - с образованием молекул MnO_2 .

Обычно при анализе окислительно-восстановительного процесса его разбивают на две полуреакции:

1) восстановительную, включающую ион (атом) - восстановитель, вместе со своей окисленной формой;

2) окислительную, включающую ион (атом) - окислитель, вместе со своей восстановленной формой.

Часто полуреакции включают не только атомы, изменяющие свою степень окисления, но и взаимодействующие с ними ионы H^+ и OH^- среды. Любая полуреакция, являющаяся в одной окислительно-восстановительной реакции окислительной, может выступить в другой реакции в роли восстановительной.

Для решения вопроса, может ли одна полуреакция по отношению к другой полуреакции выступить в качестве восстановительной или окислительной, используют таблицу стандартных электродных потенциалов (табл. 4.2).

В табл. 4.2 каждая из окислительно-восстановительных полуреакций охарактеризована величиной стандартного электродного потенциала при 25 °С. Чем больше значение потенциала E° , тем выше окислительная способность. Окисленная форма иона (атома) в полуреакции, имеющей более высокое значение E° , может принимать электроны от восстановленной формы другого иона (атома) из полуреакции, имеющей меньшее значение E° . После перехода электронов окисленная форма иона (атома) в первой полуреакции (высшая степень окисления) превращается в восстановленную форму (низшая степень окисления), а восстановленная форма иона (атома) второй полуреакции - в окисленную. Например, ионы MnO_4^- в кислой среде ($E^\circ = 1,51 \text{ В}$) могут служить окислителями для хлорид-ионов Cl^- ($E^\circ = 1,36 \text{ В}$), превращая их в молекулы Cl_2 , переходя при этом в ионы Mn^{2+} .

Потенциалы полуреакций указывают, насколько легко окисляются или восстанавливаются соответствующие частицы. Чем более положительна величина E° для полуреакции, тем больше тенденция к протеканию этой полуреакции в том направлении, в котором она записана.

Таблица 4.2

Значения стандартных электродных потенциалов

Окислительно–восстановительная полуреакция	E^0 , В
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ag}$	+0,799
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ba}$	-2,90
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	+1,065
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cd}$	-0,403
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Ce}^{3+}$	+1,61
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$	+1,359
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Co}$	-0,277
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Co}^{2+}$	+1,842
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}$	-0,74
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}$	+0,37
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}$	-0,440
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Hg}$	+0,789
$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+0,920
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Hg}$	+0,854
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}$	-1,18
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Na}$	-2,71
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ni}$	-0,28
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}$	-0,126
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Sn}$	-0,136
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Zn}$	-0,763

К наиболее распространенным окислителям относятся галогены, кислород и такие анионы, как, например, MnO_4^- , ClO_3^- и NO_3^- , в которых центральный атом имеет высокую положительную степень окисления. В качестве окислителей иногда также используются ионы металлов с высокими положительными степенями окисления, как, например, Ce^{4+} , который легко восстанавливается до Ce^{3+} .

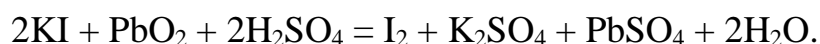
В качестве восстановителей часто используются водород H_2 и многие металлы. Растворы восстановителей трудно хранить длительное время, поскольку они взаимодействуют с присутствующим в воздухе O_2 , являющимся хорошим окислителем.

Разность между стандартными потенциалами полуреакций определяет возможность протекания интересующей реакции. Предположим, речь идет об осуществлении окислительно-восстановительного взаимодействия:

окислитель I + восстановитель II = восстановитель I + окислитель II
с известными потенциалами $E^0_{(\text{окислитель I/восстановитель I})}$ и $E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$.

Решить вопрос о возможности протекания данного взаимодействия можно путем сравнения величины потенциала полуреакции, используемой в качестве окислительной ($E^0_{(\text{окислитель I/восстановитель I})}$) и потенциала полуреакции, используемой в качестве восстановительной ($E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$). Реакция будет протекать в прямом направлении (слева направо) при большем потенциале первой полуреакции. Если же для первой полуреакции потенциал меньше, предполагаемая реакция не пойдет; принципиально возможной будет обратная реакция.

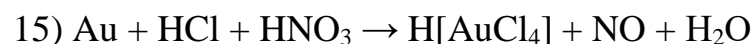
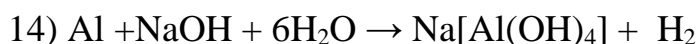
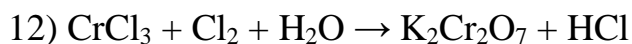
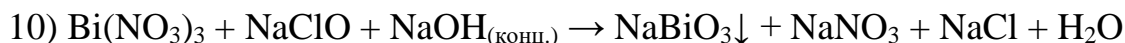
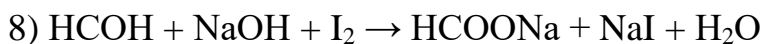
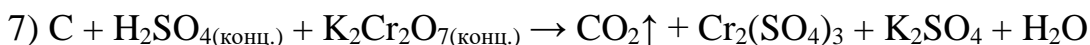
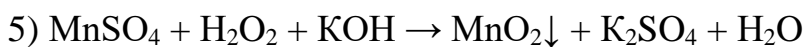
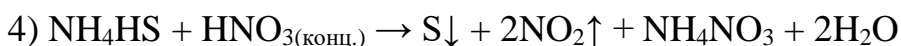
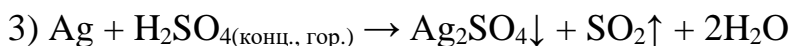
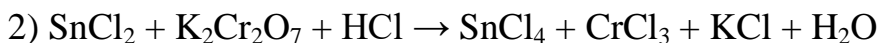
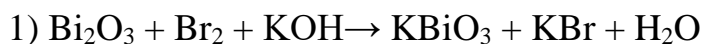
Например, выясним, в каком направлении будет протекать реакция между диоксидом свинца PbO_2 и иодидом калия KI в кислой среде:



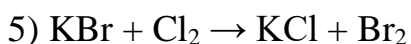
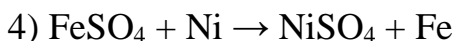
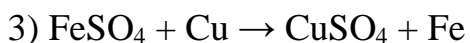
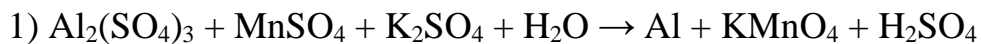
Для ответа на поставленный вопрос сравним величины соответствующих окислительно-восстановительных потенциалов: $E^0(\text{PbO}_2/\text{Pb}) = + 1,68 \text{ В}$; $E^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = + 0,53 \text{ В}$. Первый потенциал больше, следовательно, окислителем будет выступать PbO_2 , а реакция будет протекать слева направо.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Расставьте коэффициенты в реакциях методом электронно-ионного баланса:



2. Определите направление протекания окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты :



Глава 5

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

5.1. ОСНОВЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Гравиметрический (весовой) анализ долгое время был единственным приемом определения количественного состава вещества и сыграл большую роль при установлении химических законов. Гравиметрический анализ применяют при определении химического состава горных пород, минералов; установлении качества сырья и готовой продукции; определении зольности, влажности углей. Наиболее существенным достоинством гравиметрического метода является высокая точность анализа. Обычная погрешность гравиметрического определения составляет 0,01...0,1%. Погрешности зависят главным образом от полноты осаждения и от чистоты получаемого осадка.

Предел обнаружения гравиметрического метода ограничен растворимостью осадка и чувствительностью аналитических весов. Диапазон содержания определяемых веществ колеблется от сотых долей до десятков процентов. Достоинством метода является отсутствие необходимости градуировок по стандартным образцам: для расчета результатов достаточно знания химических формул.

Основным недостатком метода является длительность определений.

В основе гравиметрического анализа лежит химическая реакция между анализируемым веществом и раствором осаждающего реактива.

Метод осаждения включает такие операции, как:

- подготовка вещества к анализу;
- взятие и растворение навески;
- осаждение определяемого компонента;
- фильтрование и промывание осадка;
- высушивание и прокаливание осадка до постоянной массы;

- определение массы осадка;
- расчет результатов анализа.

Соединение, которое осаждается из раствора при взаимодействии определяемого компонента с реагентом-осадителем, называется осаждаемой формой.

В результате обработки осаждаемой формы, а особенно при прокаливании, состав осадка может измениться, поэтому гравиметрической формой называют взвешиваемое соединение (табл.5.1).

Таблица 5.1

Примеры осаждаемых и гравиметрических форм

Ион	Осаждающий реактив	Осаждаемая форма	Гравиметрическая форма
Ba ²⁺	H ₂ SO ₄	BaSO ₄	BaSO ₄
Ca ²⁺	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	CaC ₂ O ₄	CaO
Al ³⁺	NH ₄ OH	Al(OH) ₃	Al ₂ O ₃

В гравиметрическом анализе могут использоваться не все реакции с образованием осадка, а только те, которые соответствуют определенным требованиям.

5.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОСАДКАМ

Требование к осаждаемой форме:

- осаждаемая форма должна обладать малой растворимостью;
- структура осадка должна быть такой, чтобы можно было с достаточной скоростью проводить фильтрование и промывание осадков;
- осаждаемая форма должна достаточно легко и полностью превращаться в гравиметрическую форму.

Требования в гравиметрической форме:

- состав осадка после прокаливания должен отвечать определенной химической формуле;
- осадок должен быть устойчив к воздействию внешних факторов (углекислого газа, водяных паров);
- молярная масса осадка должна быть по возможности бóльшей (тогда потери в ходе определения меньше повлияют на результаты анализа).

Количество осадка находится в зависимости от свойств осадителя.

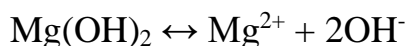
Желательно, чтобы осадитель был веществом летучим, так как если он полностью не будет удален при промывании осадка, то улетучится при прокаливании (поэтому Fe осаждают NH_4OH , а не NaOH). Количество осадителя рассчитывают по уравнению реакции и обычно берут полутора кратный избыток этого реактива. Бóльший избыток осадителя не рекомендуется, так как он может вызвать повышение растворимости осадка вследствие образования комплексных соединений и солевого эффекта.

В зависимости от природы соединения, осадок может иметь кристаллическую или аморфную структуру. Кристаллические осадки должны иметь достаточно крупные кристаллы, которые не проходили бы сквозь поры фильтра. Аморфные осадки не должны быть рыхлыми, чтобы хорошо отфильтровываться. Следует предусмотреть и создать такие условия осаждения, при которых требования, предъявляемые к осадкам, будут удовлетворены.

5.3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ

Условием выпадения осадка является превышение в данном растворе табличного значения произведения растворимости (ПР). Если в состав осадка входит OH^- -ион, то на растворимость гидроксидов влияет концентрация ионов водорода (рН). Величину рН, необходимую для достижения полного оса-

ждения гидроксида, можно рассчитать из уравнения ПР. Для гидроксида магния



$$\text{ПР}(\text{Mg(OH)}_2) = 6,0 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{ПР}(\text{Mg(OH)}_2) = 6,0 \cdot 10^{-10} = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-).$$

$$\text{Отсюда } C(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{\text{ПР}(\text{Mg(OH)}_2)}{C(\text{Mg}^{2+})}} \text{ моль/л.}$$

Если в исходном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) = 0,1$ моль/л, то условием выпадения

$$\text{Mg(OH)}_2 \text{ будет } C(\text{OH}^-) \geq \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = 7,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л, откуда}$$

$C(\text{H}^+) \leq 1,0 \cdot 10^{-14} / 7,8 \cdot 10^{-5} = 1,3 \cdot 10^{-10}$ моль/л. Таким образом, рН начала осаждения Mg(OH)_2 из 0,1 М раствора равен 9,9.

Осаждение считают полным, если в растворе остается масса вещества, которая меньше, чем чувствительность аналитических весов, то есть меньше $1,0 \cdot 10^{-4}$ г. Если молярную массу осаждаемого соединения принять равной 100 г/моль и объем раствора 1 л, то молярная концентрация осаждаемого вещества в растворе над осадком составит 10^{-6} моль/л. Осаждение считают полным, если концентрация осаждаемого вещества в растворе станет равной 10^{-6} моль/л. Тогда рН полного осаждения Mg(OH)_2 можно рассчитать:

$$C(\text{Mg}^{2+}) = 10^{-6} \text{ моль/л;}$$

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{10^{-6}}} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л;}$$

$$C(\text{H}^+) = 10^{-14} / 2,45 \cdot 10^{-2} = 4,08 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л;}$$

$$\text{рН} = 12,4.$$

Некоторые гидроксиды, например Fe(OH)_3 , способны образовывать коллоидные растворы, что удерживает вещество в жидкой фазе. Чтобы предупредить возникновение коллоидных растворов, создать условия для образования плотных осадков (плотные осадки быстрее можно фильтровать, их легче отмыть от примесей), необходимо осаждение проводить:

- из концентрированных растворов концентрированным раствором осадителя (после осаждения раствор сразу разбавляют горячей дистиллированной водой, чтобы уменьшить концентрацию посторонних ионов в растворе и их адсорбцию на поверхности осадка);
- из горячего раствора в присутствии электролита-коагулятора;
- после осаждения осадки сразу же отфильтровывают и промывают.

5.4. ОТДЕЛЕНИЕ ОСАДКА ОТ РАСТВОРА

Фильтрация и промывание осадков – очень ответственные операции, от тщательности выполнения которых в значительной мере зависит точность результатов анализа. В гравиметрическом методе для фильтрации осадков используют так называемые беззольные фильтры, т.е. фильтры, очищенные от большей части минеральных веществ промыванием соляной и фтороводородной кислотами. При сгорании они оставляют такое малое количество золы, что им можно пренебречь.

Приступая к фильтрации, важно правильно поместить фильтровальную бумагу в воронку. Стандартный круглый лист складывают пополам. Второй раз фильтр складывают так, чтобы получился тупой угол. Изменяя этот угол, добиваются, чтобы фильтр плотно прилегал к стенкам воронки. Затем фильтр наполняют водой и чистым пальцем осторожно прижимают к воронке, стараясь удалить пузырьки воздуха, образовавшиеся между нею и фильтром. Если фильтр заправлен правильно, то при фильтрации трубка воронки обычно целиком заполняется фильтратом, сама масса которого вытеканием ускоряет фильтрацию.

Чтобы при фильтрации поры фильтра возможно дольше не забивались частицами осадка, жидкость декантируют. **Декантацией** называется осторожное сливание жидкости с отстоявшегося осадка на фильтр. Эту операцию во избежание разбрызгивания необходимо проводить с помощью

стеклянной палочки. Палочку держат вертикально, носик стакана касается палочки. Фильтр нельзя наполнять жидкостью до краев. Уровень жидкости должен быть на 5 мм ниже края фильтра.

Для очистки осадка от адсорбированных им примесей и остатков раствора, в котором проводилось осаждение, необходимо промывание полученного осадка. Чтобы избежать перевода осадка в коллоидное состояние и потери коллоидных частиц через фильтр, осадок промывают не чистой водой, а разбавленным раствором электролита. Применяемый электролит должен полностью удаляться из осадка при прокаливании.

Операцию промывания сначала проводят декантацией. При промывании декантацией в стакан с осадком наливают небольшое количество промывной жидкости, хорошо перемешивают, дают частицам осесть как можно плотнее, сливают жидкость по палочке на фильтр. Использование декантации сильно ускоряет отмывание осадка от примесей, потому что осадок хорошо перемешивается с промывной жидкостью и в то же время частицы его почти не забивают поры фильтра.

Промывание осадка продолжают после перенесения его на фильтр. Для более эффективного удаления примесей промывать осадок на фильтре нужно большим числом маленьких порций промывной жидкости, а не несколькими большими порциями. Чтобы принять решение о завершении промывания, делают пробу на полноту промывания: несколько миллилитров фильтрата испытывают реагентом на удаляемый ион. Промывание продолжают до тех пор, пока реакция не даст отрицательного результата.

5.5 ПОЛУЧЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ МАССЫ

Промытый осадок вместе с фильтром переносят в тигель, высушивают и прокалывают до постоянной массы. На весы нельзя помещать ни горячих, ни

холодных предметов: объект взвешивания должен принять температуру весов. Но при выдерживании горячего тигля с осадком на воздухе возможно увеличение массы осадка за счет поглощения паров воды из атмосферы. Чтобы избежать поглощения влаги, тигель с осадком помещают для охлаждения в эксикатор – специальную емкость с осушителями.

Измерение массы вещества (взвешивание) – одна из самых ответственных операций, т.к. аналитические весы представляют собой точный специально настроенный прибор.

5.6. РАСЧЕТЫ В ГРАВИМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

А. Вычисление массы определяемого соединения

Пример. Из раствора, содержащего сульфат железа (III), ионы Fe^{3+} осадил гидроксидом аммония. Осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ высушили, прокалили, взвесили. Масса полученного Fe_2O_3 составила 0,0894 г. Вычислить массу железа в анализируемом растворе.

Решение. При решении задачи считают, что количество вещества остается постоянным. В условии задачи приведено одно значение массы. Это масса Fe_2O_3 , количество моль которого можно рассчитать, разделив массу на молярную массу: $0,0894 \text{ г}/M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,0894/159,69 \text{ г/моль} = 5,598 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$.

Чтобы перейти к расчету железа, следует учесть, что 2 моль Fe образуют 1 моль Fe_2O_3 . Тогда $m(\text{Fe}) = 5,598 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot M(\text{Fe}) = 5,598 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 55,847 = 0,0626 \text{ г}$.

Ответ: $m(\text{Fe}) = 0,0626 \text{ г}$.

Решение этой задачи имеет смысл записать в общем виде:

$$m(\text{опред.соед.}) = m(\text{Гф}) \cdot \frac{M(\text{опред.соед.})}{M(\text{Гф})},$$

где m – масса определяемого соединения, г; M – молярная масса определяемого соединения, г/моль; $m(\text{Гф})$ – масса гравиметрической формы, г; $M(\text{Гф})$ – молярная масса гравиметрической формы, г/моль.

Отношение молярных масс носит название фактор перерасчета F . При вычислении фактора перерасчета $F = \frac{M(\text{опред.соед.})}{M(\Gamma\phi)}$ молярные массы берут с соответствующим стехиометрическим коэффициентом так, чтобы количество атомов рассчитываемого элемента в числителе и знаменателе было одинаковым.

Б. Расчет массовой доли соединения в исходном минерале

Пример. Из навески 0,5000 г доломита в результате анализа получено 0,2681 г $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Вычислить массовую долю магния и карбоната магния в доломите.

Решение.

$$\omega(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{m(\text{навески})} \cdot 100\% ;$$

$$m(\text{Mg}) = m(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot \frac{2M(\text{Mg})}{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)} .$$

$$\text{Или в одно действие } \omega(\text{MgCO}_3) = \frac{m(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot 2M(\text{MgCO}_3)}{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot m(\text{навески})} .$$

$$\omega(\text{Mg}) = \frac{0,2681 \cdot 2 \cdot 24,312}{222,567 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 11,71\%$$

$$\omega(\text{MgCO}_3) = \frac{0,2681 \cdot 2 \cdot 84,321}{222,567 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 40,63\% .$$

Ответ: $\omega(\text{MgCO}_3) = 40,63\%$.

В. Вычисление начальной навески проб для анализа

Расчет начальной навески носит приближенный характер, что обеспечивается численными значениями величин с двумя значащими цифрами.

Пример. Боксит содержит 19,4 % Al_2O_3 . Какую навеску его следует брать для анализа гравиметрическим методом с использованием в качестве осадителя оксихинолина, если масса $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$ после высушивания должна

составить 0,2 г?

Решение.

$$m(\text{навески}) = \frac{m(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 100}{2 \cdot M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) \cdot \omega(\text{Al}_2\text{O}_3)}$$

Коэффициент 2 перед $M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3)$ поставлен, чтобы количество атомов Al в числителе и знаменателе было одинаковым.

$$m(\text{навески}) = \frac{0,2 \cdot 102 \cdot 100}{2 \cdot 459 \cdot 19,4} = 0,11$$

Ответ: $m(\text{навески}) = 0,11$ г.

Г. Расчет количества осадителя

При вычислении объема осадителя нужно сразу обратить внимание на химический состав осаждаемой формы, чтобы ввести в формулу для расчета количество молей осадителя, которое приходится на 1 моль осаждаемого иона.

Пример. Навеску минерала, содержащую 0,107 г Pb_3O_4 , перевели в раствор. Сколько мл антралиновой кислоты концентрацией 0,12 моль/л необходимо для осаждения свинца в виде $\text{Pb}(\text{C}_7\text{H}_6\text{NO}_2)_2$?

Решение.

$$\gamma(\text{осадителя}) = \frac{m(\text{Pb}_3\text{O}_4) \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1000}{M(\text{Pb}_3\text{O}_4) \cdot C_M}$$

где 3 – коэффициент, который переводит количество молей Pb_3O_4 в количество молей свинца; 2 – коэффициент, который переводит количество молей свинца в количество молей осадителя; 1000 – коэффициент перевода литров в миллилитры.

$$\gamma(\text{осадителя}) = \frac{0,107 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1000}{685,6 \cdot 0,12} = 7,8 \text{ мл}$$

Д. Расчет рН начала осаждения и рН полного осаждения гидроксидов

Пример. Вычислить рН начала осаждения и рН полного осаждения $\text{Fe}(\text{OH})_3$, если раствор содержит 0,5 моль/л ионов Fe^{3+} . $\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 6,3 \cdot 10^{-38}$.

Решение.

$$\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = C(\text{Fe}^{3+}) \cdot C^3(\text{OH}^-);$$

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3)}{C(\text{Fe}^{3+})}}.$$

Расчет рН начала осаждения:

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{6,3 \cdot 10^{-38}}{0,5}} = 5,01 \cdot 10^{-13};$$

$$\text{pOH} = 12,3;$$

$$\text{pH} = 1,7.$$

Осаждение считают полным, если концентрация осаждаемого иона достигает 10^{-6} моль/л.

Расчет рН полного осаждения:

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{6,3 \cdot 10^{-38}}{10^{-6}}} = 3,98 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{pOH} = 10,4;$$

$$\text{pH} = 3,6.$$

Рассчитанные величины рН осаждения гидроксидов нуждаются в экспериментальном подтверждении, потому что табличные PP не учитывают влияние комплексообразования, осаждения основных солей и увеличение растворимости из-за наличия электролитов (солевой эффект).

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислите массовую долю оксида кальция в известняке, если при определении кальция из навески 0,4000 г получено 0,4340 г сульфата кальция.

2. Рассчитайте массу железа в руде, если из руды получено 0,4344 г Fe_2O_3 .

3. Для определения SiO_2 в природном силикате была взята навеска силиката 0,5050 г. Масса тигля с прокаленным диоксидом кремния была 8,7360 г, а после обработки плавиковой кислотой и прокаливания она составила 8,4350 г. Рассчитайте содержание (массовую долю) диоксида кремния в силикате.

4. Какую навеску железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ следует взять для анализа на содержание железа, если оно определяется в виде оксида железа (III) после осаждения гидроксида, масса весовой формы 0,2 г?

5. Какую навеску известняка надо взять для определения кальция в виде моногидрата оксалата кальция с использованием в качестве гравиметрической формы оксида кальция? Масса весовой формы 0,2 г.

6. Вычислите pH начала осаждения гидроксида кобальта (II) из децимолярного раствора CoCl_2 , если $\text{PP}(\text{Co}(\text{OH})_2) = 2 \cdot 10^{-16}$.

7. Вычислите pH полного осаждения гидроксида алюминия, если $\text{PP}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 5 \cdot 10^{-33}$.

8. Сколько граммов BaSO_4 ($\text{PP} = 1 \cdot 10^{-10}$) остается в 200 мл раствора при осаждении BaCl_2 эквивалентным количеством H_2SO_4 ? Можно ли считать осаждение в таких условиях практически полным?

9. Какой объем соляной кислоты ($\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$) потребуется для осаждения серебра в виде AgCl из 2,0 г сплава, содержащего 22% Ag, при использовании полуторного избытка осадителя?

10. Навеску кристаллогидрата $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ массой 0,4162 г растворили в воде. Какой объем 2,00н раствора серной кислоты нужно взять для полного осаждения ионов бария из раствора?

11. Выведите формулу кристаллогидрата хлористого кальция, зная, что 7,3 г кристаллогидрата теряют при обезвоживании 3,6 г воды.

Глава 6

ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

6.1. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

В любых реакциях титрования необходимо точно определить точку конца титрования или эквивалентности.

В кислотно-основном взаимодействии для фиксирования точки эквивалентности используют индикаторы, которые меняют свою окраску в зависимости от концентрации ионов водорода или гидроксид-ионов, иначе, от величины рН раствора, поэтому их называют рН-индикаторами. К ним относятся: лакмус, фенолфталеин, метилоранж и др. Величина рН в эквивалентной точке зависит от природы реагирующих веществ (кислоты и основания) и от их концентрации.

Зависимость между окраской индикатора и рН раствора выражает уравнение:

$$\text{pH} = \text{pK} - \frac{C(\text{кисл.формы})}{C(\text{щел.формы})}.$$

Здесь $\text{pK} = -\lg K$ представляет собой силовой показатель индикатора и является величиной постоянной (при неизменной температуре). Следовательно, при изменении рН раствора должна изменяться только величина отношения кислотной и основной форм индикатора, но обе эти формы имеют различные окраски, и от величины этого отношения будет зависеть оттенок окраски, принимаемый индикатором.

Но наш глаз имеет ограниченную способность к восприятию окрасок и обычно перестает замечать присутствие одной окрашенной формы наряду с другой, если ее концентрация в 10 раз меньше. Поэтому окраска любого индикатора изменяется не при всяком значении рН, а лишь внутри определенного интервала значений рН, который называется областью перехода индикатора.

Область перехода фенолфталеина лежит в интервале значений рН от 8 до 10, у лакмуса в интервале значений рН от 5 до 8, у метилоранжа от 3,1 до 4,4.

В пределах своих значений, лежащих в области перехода, каждый индикатор меняет свою окраску постепенно, через несколько промежуточных оттенков, из которых наибольший интерес представляет тот, при котором заканчивается титрование с данным индикатором.

То значение рН, при котором заканчивается титрование с данным индикатором, называется показателем титрования и обозначается рТ.

Значение рТ отвечает одной из промежуточных окрасок индикатора и находится внутри области перехода. У фенолфталеина рТ=9, у метилоранжа рТ=4, у лакмуса рТ=8. Пользуясь значениями рТ индикаторов, можно качественно решать, подойдет данный индикатор для данной реакции или нет.

Выбирают индикатор с помощью кривой титрования.

6.1.1 Кривые титрования и выбор индикатора

Кривые титрования представляют зависимость какого-либо характерного свойства участника реакции (концентрации, рН, оптической плотности, электропроводности и т. д.). Кривые титрования могут быть рассчитаны теоретически или получены экспериментально.

В методах, основанных на реакциях кислотно-основного взаимодействия, кривые титрования обычно показывают рН раствора от объема добавленного титранта. Для построения кривой титрования рассчитывают (или измеряют) значения рН раствора от объема добавленного титранта.

Для построения кривой титрования рассчитывают (или измеряют) значения рН в трех интервалах:

- 1) до точки эквивалентности (т. э.);
- 2) в точке эквивалентности;
- 3) после точки эквивалентности.

6.1.2 Расчет кривой титрования сильной кислоты сильным основанием

Возьмем 10,0 мл 0,1 М соляной кислоты. рН этого раствора 1, так как соляная кислота сильная, практически полностью диссоциирована, тогда концентрация протона водорода равна концентрации кислоты.

$$\text{pH} = -\lg C(\text{H}^+) = -\lg C(\text{HCl}) = -\lg 10^{-1} = 1.$$

Если прибавить к 10 мл 0,1 м раствора HCl 5 мл 0,1 М раствора NaOH, то в растворе при взаимодействии едкого натра с соляной кислотой получится хлорид натрия, который гидролизу не подвергается, поэтому рН раствора определяется остатком непрореагировавшей кислоты. Концентрацию не вступившей в реакцию с NaOH соляной кислоты (избытка) можно рассчитать по формуле:

$$C'(\text{HCl}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V''(\text{HCl})}{V(\text{HCl}) + V(\text{NaOH})} = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V'(\text{HCl})}{V(p - pa)},$$

Где $C'(\text{HCl})$ - концентрация соляной кислоты в растворе после прибавления едкого натра; $V'(\text{HCl})$ - объем избытка соляной кислоты; $V(\text{HCl})$ - начальный объем соляной кислоты (10мл); $V(\text{NaOH})$ - объем раствора едкого натра, добавленного к 10 мл раствора соляной кислоты.

$$\text{Тогда } C(\text{H}^+) = \frac{0,1 \cdot 5}{15} = 0,033 \text{ моль/л; pH} = 1,48.$$

($V(p - pa) = 15$ мл, так как к 10 мл HCl прибавили 5 мл NaOH).

Если добавить 9 мл NaOH с концентрацией 0,1н, то останется 1 мл непрореагировавшей HCl, тогда

$$C'(\text{HCl}) = C(\text{H}^+) = \frac{0,1 \cdot 1}{19,0} = 0,0053 \text{ моль/л; pH} = 2,28.$$

Если добавить 9,9 мл NaOH с концентрацией 0,1н, то останется 0,1 мл непрореагировавшей HCl, тогда

$$C'(\text{HCl}) = C(\text{H}^+) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{19,9} = 0,0005 \text{ моль/л; pH} = 2,28.$$

Если добавить 9,99 мл NaOH с концентрацией 0,1н, то останется 0,01 мл непрореагировавшей HCl, тогда

$$C'(HCl) = C(H^+) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{19,99} = 0,00005 \text{ моль/л; } pH = 4,3.$$

Если добавить 10 мл 0,1н NaOH, то в растворе будет только хлорид натрия (т. э.), а $pH = 7$.

При добавлении избытка 0,1н раствора едкого натра концентрация его, а, следовательно, и гидроксильных ионов рассчитывается по формуле:

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{C(NaOH) \cdot V'(NaOH)}{V(HCl) + V(NaOH)}.$$

При добавлении 10,01 мл раствора NaOH избыток раствора едкого натра $V'(NaOH)$ составит 0,01 мл, тогда

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{0,1 \cdot 0,01}{20,01} = 4,99 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л; } pOH = 4,3; pH = 9,7.$$

При добавлении 10,1 мл раствора NaOH:

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{20,1} = 4,975 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л; } pOH = 3,3; pH = 10,7.$$

При добавлении 11,0 мл раствора NaOH:

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{0,1 \cdot 1}{21} = 4,762 \cdot 10^{-3}; \text{ моль/л; } pOH = 2,32; pH = 12,68.$$

Ход изменения pH раствора при титровании может быть представлен в виде кривой титрования (рис. 6.1). Для ее построения на оси абсцисс откладывают количество кислоты или щелочи (в мл), а на оси ординат – отвечающие им величины pH раствора. На любой кривой титрования имеются области плавного и резкого изменения рассчитываемого параметра. Резкое его изменение называется скачком титрования.

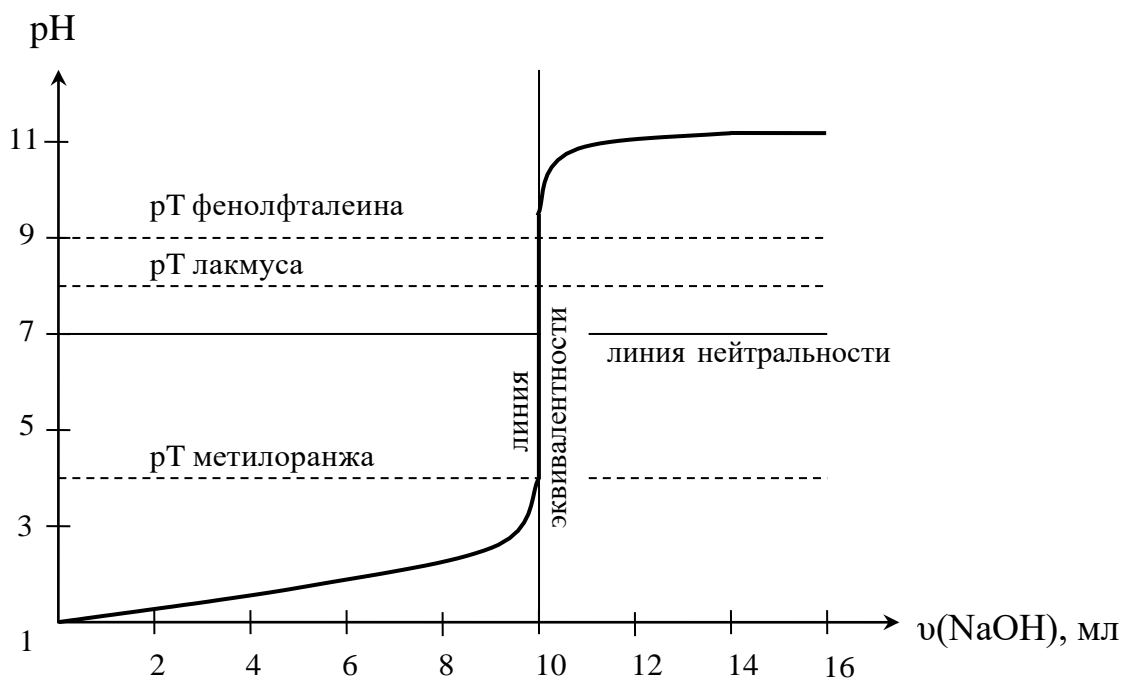


Рис. 6.1. Кривая титрования

Анализ кривой показывает, что точка эквивалентности совпадает с точкой нейтральности, а кривая симметрична относительно точки эквивалентности. Область скачка pH (от 4,3 до 10,7), все индикаторы, показатели титрования которых лежат в пределах этого скачка, могут быть использованы для титрования сильной кислоты сильным основанием.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Для определения массы NaOH анализируемый раствор перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. На титрование 10 мл полученного раствора было затрачено 12,5 мл раствора HCl с концентрацией 0,1н. Вычислите массу щёлочи.

2. Для определения массы Ba(OH)₂ анализируемый раствор перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. На титрование 5 мл полученного раствора было затрачено 14,5 мл раствора HCl с молярной концентрацией 0,1н. Вычислите массу Ba(OH)₂.

6.2. ПЕРМАНГНАТОМЕТРИЯ

6.2.1. Общая характеристика. Приготовление и свойства раствора перманганата

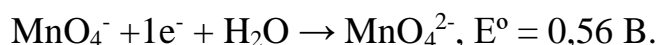
Перманганат калия применяют для определения многих неорганических и органических веществ. В кислых растворах он восстанавливается до Mn^{2+}



в слабокислых, нейтральных и слабощелочных растворах восстановление протекает до MnO_2 :



в сильнощелочных растворах образуются ионы MnO_4^{2-} :



При титровании в кислой среде эквивалент $KMnO_4$ равен $1/5$ молекулярной массы ($f = 1/5$), в нейтральной среде $f = 1/3$, в щелочной $f = 1$.

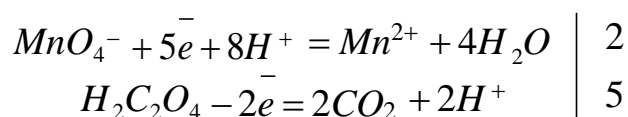
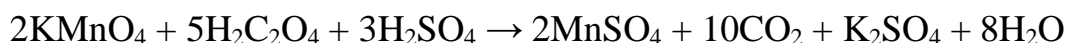
Чаще всего титрование проводят в кислом растворе. Для подкисления титруемой смеси используют серную кислоту. Хлороводородную кислоту для создания среды не применяют, так как возможно окисление хлорид-ионов – расход окислителя. Азотная кислота тоже может исказить результаты титрования за счет примесей оксидов азота, которые способны окислять определяемое вещество.

Перманганат калия – очень сильный окислитель, способный выделять кислород из воды по уравнению:



Эта реакция протекает медленно, если разложение перманганата не ускорять действием света и органических веществ, попадающих с пылью. Отсюда следует, что приготовить титрованный раствор $KMnO_4$ из точной навески соли невозможно. Перед установлением точной концентрации раствор $KMnO_4$ выдерживают в темной склянке 7-10 дней (чтобы прошло окис-

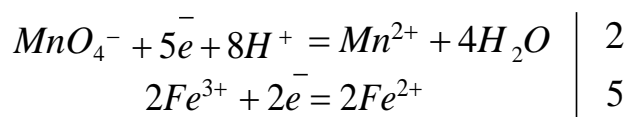
ление восстановителей, присутствие которых полностью исключить не удалось). Затем раствор сифоном сливают с осадка и устанавливают точную концентрацию. Титр раствора KMnO_4 устанавливают по дигидрату щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или безводному оксалату натрия $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, или другим исходным веществам. Реакция окисления щавелевой кислоты перманганатом калия протекает по уравнению:



Реакция между перманганат - ионами и щавелевой кислотой происходит очень медленно, но ускоряется в присутствии ионов Mn^{2+} . Первые капли перманганата даже в горячем растворе обесцвечиваются очень медленно. В ходе титрования концентрация ионов Mn^{2+} возрастает и скорость реакции увеличивается (автокаталитическая реакция). Ускоряют реакцию нагреванием до 70-80 °С, не давая пробе кипеть, так как щавелевая кислота при кипении разлагается на воду и два оксида углерода.

6.2.2. Примеры перманганатометрических определений

Определение восстановителей (прямое титрование). Используют для определения железа, олова, оксалатов, перекиси водорода, нитритов, карбоновых кислот и др. Для определения железа (II) раствор подкисляют серной кислотой и титруют по реакции:

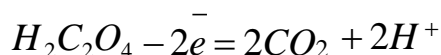
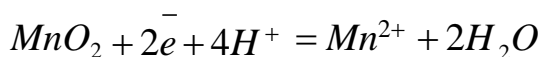
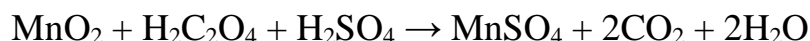


без нагревания до появления слаборозового окрашивания. Расчетная формула:

$$m(\text{Fe}) = C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot M_{\text{Э}}(\text{Fe})$$

Определение окислителей (обратное титрование или титрование по

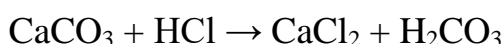
остатку). Используют при анализе пиролюзита, диоксида свинца, сурика, нитратов и т.д. Окислители восстанавливают титрованным раствором щавелевой кислоты, а избыток ее оттитровывают перманганатом калия. Пробу минерала, содержащего пиролюзит (MnO_2), растворяют в сернокислом растворе щавелевой кислоты:



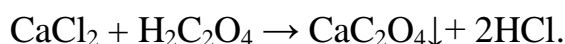
Избыток щавелевой кислоты оттитровывают раствором перманганата калия. Расчетная формула:

$$m(Mn) = (C_H(H_2C_2O_4) \cdot V(H_2C_2O_4) - C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4)) \cdot M_Э(Mn)$$

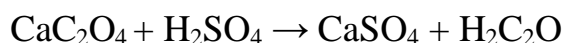
Определение ионов, не обладающих окислительно-восстановительными свойствами (титрование по замещению). Этим методом могут быть определены катионы кальция, стронция, бария, свинца, цинка и др., которые образуют малорастворимые оксалаты. Чаще всего методом замещения определяют кальций. Навеску минерала растворяют в соляной кислоте



Ионы кальция осаждают раствором щавелевой кислоты:



Осадок оксалата кальция после фильтрования и промывания обрабатывают горячей разбавленной серной кислотой, при этом выделяется эквивалентное кальцию количество щавелевой кислоты:



Выделившуюся щавелевую кислоту титруют раствором $KMnO_4$, расчетная формула:

$$m(Ca) = C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4) \cdot M_Э(Ca)$$

Используют также другой вариант определения. Осаждают кальций избытком титрованного раствора щавелевой кислоты, разбавляют смесь до

определенного объема и, не отделяя осадок, отбирают осторожно некоторую часть прозрачного раствора над осадком пипеткой и титруют его KMnO_4 . Количество кальция вычисляют по разности.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сколько процентов железа (по массе) содержит руда, если на титрование раствора, полученного растворением навески руды массой 0,2500 г в кислоте было израсходовано 24,85 мл 0,1000н раствора KMnO_4 ?

2. Сколько граммов $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ надо взять для определения концентрации примерно 0,05н раствора KMnO_4 , чтобы на титрование затрачивалось не более 25,00 мл этого раствора?

3. Навеска руды 0,2055 г, содержащая MnO_2 , обработана избытком смеси серной и щавелевой кислот: было взято 25,00 мл 0,5000н раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, на титрование не вступившего в реакцию его остатка израсходовано 20,00 мл 0,2000н раствора KMnO_4 . Сколько процентов марганца содержит руда?

4. Сколько граммов кальция содержится в 250 мл раствора CaCl_2 , если после прибавления к 25,00 мл этого раствора 0,1000н раствора оксалата аммония объемом 40,00 мл и отделение осадка CaC_2O_4 на титрование остатка $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ израсходовано 15,00 мл 0,0200н раствора KMnO_4 ?

5. Пергидроль массой 5,0025 г растворили в мерной колбе ёмкостью 500,00 мл. На титрование в кислой среде 25,00 мл этого раствора израсходовано 37,43 мл 0,1000н KMnO_4 . Определите массовую долю H_2O_2 в образце пергидроля.

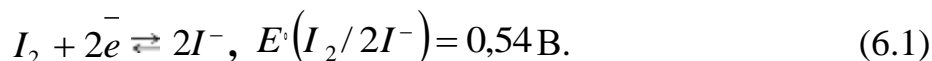
6. Какую навеску KMnO_4 необходимо взять для приготовления 300 мл раствора с концентрацией 0,0500 н, используемого для титрования при $\text{pH}=2$?

7. Сколько процентов железа содержится в железной проволоке, если после растворения 0,1450 г её в H_2SO_4 без доступа воздуха на титрование полученного раствора израсходовано 243,34 мл 0,09898н раствора KMnO_4 .

6.3. ЙОДОМЕТРИЯ

6.3.1. Общая характеристика метода

Основой йодометрических методов служит реакция:

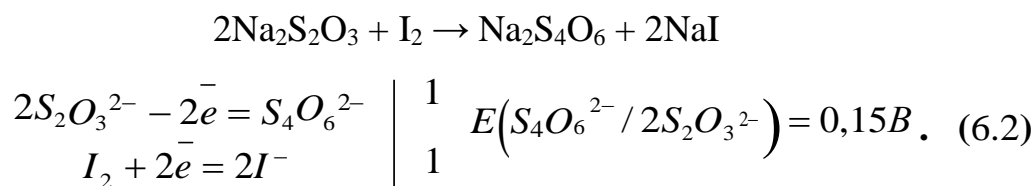


Эта реакция может протекать как в прямом, так и в обратном направлениях. I_2 в растворе – окислитель средней силы, йодид-ион I^- – средний по силе восстановитель.

Сильные восстановители легко окисляются свободным йодом, а сильные окислители, наоборот, выделяют йод из раствора йодидов. Поэтому реакцию (6.1) можно использовать для определения и восстановителей, и окислителей.

6.3.2. Рабочие растворы йодометрии

В качестве рабочего раствора в методе йодометрии используют раствор тиосульфата натрия, который после окисления йодом превращается в тетраионат:

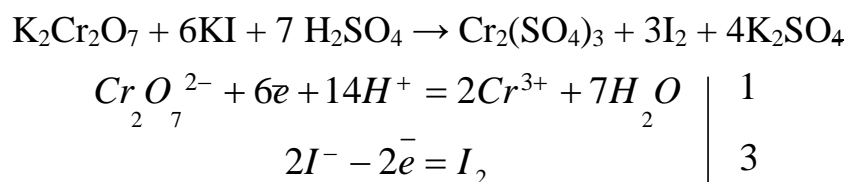


Из уравнения электронного баланса следует, что эквивалент тиосульфата натрия численно равен его молекулярной массе (фактор эквивалентности равен единице).

Химическая формула тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, однако кристаллизационная вода постепенно выветривается, состав соли перестает соответствовать формуле. Концентрация растворов тиосульфата изменяется при хранении под влиянием кислорода и углекислого газа, входящих в состав

воздуха, и микроорганизмов (тиобактерий). Перечисленные процессы делают нецелесообразным приготовление точных растворов тиосульфата непосредственно из навески. Обычно готовят раствор приблизительной концентрации, а точную нормальность устанавливают по дихромату калия. Препарат $K_2Cr_2O_7$ можно получить в чистом виде, соль не изменяет состав при хранении. Водные растворы дихромата долгое время сохраняют концентрацию неизменной.

Прямое титрование раствора тиосульфата натрия раствором дихромата калия не удастся из-за нестехиометричности реакции. Установление нормальности раствора тиосульфата натрия производят, добавляя избыток йодида калия к раствору с точно известным содержанием $K_2Cr_2O_7$. В результате реакции



выделяется количество свободного йода, эквивалентное количеству иона-дихромата. Выделившийся йод оттитровывают рабочим раствором тиосульфата натрия по реакции (6.2). В качестве индикатора используют раствор крахмала, который дает с йодом синее окрашивание, исчезающее в момент эквивалентности, т. е. полного связывания йода тиосульфатом натрия.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определите концентрацию хлора в хлорной воде, если на титрование йода, выделенного из 25,00 мл раствора KI этой водой было израсходовано 20,10 мл 0,1100н раствора тиосульфата натрия.

2. Сульфид марганца массой 0,0762 г разлагали соляной кислотой. Выделяющийся сероводород пропускали через раствор йода объемом 50,00 мл с концентрацией 0,0500н. Какова доля серы в образце, если на титрование остатка йода израсходовано 21,50 мл 0,0500н раствора тиосульфата натрия?

3. К 10 мл 0,0500н раствора $K_2Cr_2O_7$ добавлено избыточное количество серной кислоты и йодида калия. На титрование выделившегося йода затрачено 12,5 мл раствора тиосульфата натрия. Рассчитайте нормальность раствора тиосульфата натрия.

4. Для определения свинца в руде была взята навеска руды 5,0000 г. После растворения руды в кислоте ионы свинца осадили в виде $PbCrO_4$, осадок отфильтровали, промыли и растворили в смеси HCl и HI , выделившийся йод оттитровали раствором 0,0500н $Na_2S_2O_3$, израсходовав его 42,00 мл. Сколько массовых процентов свинца содержит руда?

6.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ И ОКИСЛЯЕМОСТИ ВОДЫ

Ввиду широкой распространенности минералов кальция, магния, железа, соответствующие ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} почти всегда содержатся в природной воде. Минералы данных металлов, как правило, малорастворимы. Однако обычно вода содержит диоксид углерода, поглощенный из атмосферного воздуха. Это служит причиной образования хорошо растворимых кислых солей – гидрокарбонатов, например $Ca(HCO_3)_2$.

Природная вода, содержащая в растворе большое количество солей кальция или магния, называется жесткой водой в противоположность мягкой воде, содержащей мало солей кальция и магния или совсем не содержащей их.

Жесткость воды (Ж) — мера содержания в воде солей (обычно солей кальция и магния). Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость.

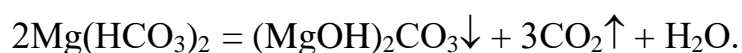
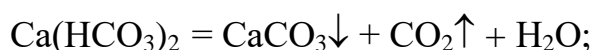
Карбонатная жесткость J_K обуславливается содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

Некарбонатная жесткость J_H обуславливается содержанием хлоридов, сульфатов и других (кроме гидрокарбонатов) солей кальция и магния.

Общая жесткость $J_{\text{общ}}$ определяется общим содержанием солей:

$$J_{\text{общ}} = J_{\text{к}} + J_{\text{н}}.$$

При длительном кипячении воды выделяется диоксид углерода и выпадает осадок, состоящий преимущественно из карбоната кальция, вследствие чего жесткость уменьшается:



Кипячением нельзя полностью устранить всю карбонатную жесткость (растворимость CaCO_3 составляет 0,01 г/л, а $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ – 0,04 г/л), поэтому употребляют термин «**устраняемая или временная жесткость**», понимая под этим термином концентрацию гидрокарбонатов, удаляемых из воды при кипячении в течение 1 ч. Оставшаяся после кипячения воды жесткость называется постоянной жесткостью.

Количественно жесткость воды выражают суммой миллиэквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды. Так, один миллиэквивалент жесткости отвечает содержанию 20,04 мг/л ионов Ca^{2+} или 12,16 мг/л ионов Mg^{2+} . Вода с жесткостью менее 4 мэкв/л характеризуется как **мягкая**, от 4 мэкв/л до 8 мэкв/л - **средней жесткости**, от 8 до 12 мэкв/л - **жесткая** и выше 12 мэкв/л - очень жесткая.

Жесткость природных вод изменяется в широких пределах. Она различна в разных водоемах, а в одной и той же реке изменяется в течение года (минимальна во время паводка). Жесткость вод морей значительно выше, чем рек и озер. Так, вода Черного моря имеет общую жесткость 65,5 мэкв/л. Среднее значение жесткости морской воды составляет 130,5 мэкв/л (в том числе на ионы Ca^{2+} приходится 22,5 мэкв/л, на ионы Mg^{2+} - 108 мэкв/л).

Часто воду приходится подвергать дополнительной обработке, чтобы снизить в ней концентрацию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , вызывающих жесткость воды.

Эти ионы реагируют с мылами, образуя нерастворимые вещества. Хотя при их взаимодействии с синтетическими моющими средствами не образуется нерастворимых осадков, указанные ионы неблагоприятно влияют на эффективность действия синтетических моющих средств. При нагревании воды, содержащей Ca^{2+} и гидрокарбонат-ионы, из нее выделяется часть диоксида углерода. В результате этого происходит образование нерастворимого карбоната кальция (см. реакцию 1.1) и в водонагревательных устройствах накапливаются минеральные отложения (накипь).

Твердый CaCO_3 покрывает поверхность водонагревательных систем, что снижает их нагревательную способность. Особенно много накипи откладывается на стенках бойлеров, где вода нагревается под давлением в трубках, обвивающих печь. Образование накипи снижает эффективность теплопередачи и может привести к плавлению трубок.

Вода не всех источников питьевой воды требует умягчения. Обычно это необходимо для воды из подземных источников, где она достаточно долго соприкасается с известняком (CaCO_3) и другими минералами, содержащими ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} и Fe^{2+} .

Для водоумягчения применяют методы осаждения и ионного обмена. Путем осаждения катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} переводят в малорастворимые соединения, выпадающие в осадок. Это достигается либо кипячением воды, либо химическим путем - введением в воду соответствующих реагентов. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния превращаются в CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$, в результате чего устраняется только карбонатная жесткость.

При химическом методе осаждения чаще всего в качестве осадителя пользуются известью или содой. При этом в осадок (также в виде CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$) переводятся все соли кальция и магния.

Для устранения жесткости методом ионного обмена или катионирования воду пропускают через слой катионита. При этом катионы кальция и магния, находящиеся в воде, обмениваются на катионы натрия, содержащиеся в применяемом катионите. В некоторых случаях требуется удалить из воды не

только катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , но и другие катионы и анионы. В таких случаях воду пропускают последовательно через катионит, содержащий в обменной форме водородные ионы (Н-катионит), и анионит, содержащий гидроксид-ионы (ОН-анионит). В итоге вода освобождается как от катионов, так и от анионов солей. Такая обработка воды называется ее обессоливанием.

6.4.1. Определение жесткости воды

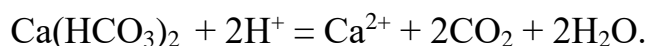
Определение жесткости воды имеет большое практическое значение.

Существуют различные способы определения жесткости. Рассмотрим два из них:

1) определение временной жесткости с помощью титрованного раствора соляной кислоты (метод нейтрализации);

2) определение общей жесткости методом комплексообразования.

Метод нейтрализации. При титровании образца воды соляной кислотой (в присутствии индикатора, например, метилового оранжевого) происходит разложение гидрокарбонатов, обуславливающих временную жесткость:



Методика определения. Отбирают в коническую колбу пипеткой или мерным цилиндром 100 мл исследуемой воды, добавляют 2 - 3 капли метилового оранжевого и титруют 0,1н раствором HCl до появления оранжевой окраски.

Расчет результатов анализа. 1 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты соответствует $C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-3}$ экв иона Ca^{2+} или иона Mg^{2+} . Тогда, если на титрование 100 мл воды израсходовано $V(\text{HCl})$ мл соляной кислоты, величина временной (устраняемой) жесткости составит:

$$\begin{aligned} \text{Ж} &= C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000/V(\text{H}_2\text{O}) = C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000/100 = \\ &= C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 10 \text{ мэкв/л}, \end{aligned}$$

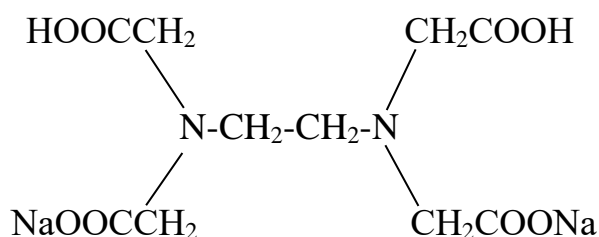
где Ж - устраняемая жесткость воды (мэкв/л); $C_f(\text{HCl})$ - эквивалентная кон-

центрация (нормальность) раствора соляной кислоты; $V(\text{HCl})$ - объем раствора кислоты, израсходованный при титровании, $V(\text{H}_2\text{O})$ - объем воды, взятый для определения жесткости.

Метод комплексообразования. При титровании образца воды комплексоном (в присутствии индикатора, например, эриохрома черного) происходит реакция комплексообразования и ионами кальция и магния – этот метод позволяет определить общую жесткость.

Понятие о комплексонах. Комплексоны – вещества, образующие исключительно устойчивые комплексные соединения. Комплексоны являются производными аминополикарбоновых кислот. Большое практическое значение из данных соединений приобрела этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА).

На практике обычно применяют динатриевую соль этой кислоты, которую называют **комплексоном III** или **трилоном Б**:



Индикаторы. В качестве индикаторов при комплексометрических титрованиях часто применяют органические вещества (мурексид, эриохром черный Т). Эти индикаторы в щелочной среде имеют синюю окраску.

Ионы кальция, магния и ряда других металлов образуют с индикаторами комплексные соединения, окрашенные в вишнево-красный цвет. При титровании трилоном Б раствора, содержащего определяемый катион и индикатор, ионы металла переходят от индикатора к трилону Б, так как образуется более прочное комплексное соединение. При этом выделяется свободный индикатор. В точке эквивалентности красная окраска раствора переходит в синюю, свойственную индикатору.

Для поддержания рН раствора на требуемом уровне обычно в титруемый раствор добавляют аммиачную буферную смесь ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$; $\text{pH} \approx 10$).

Методика определения. Для анализа берут 20 мл воды и приливают 3 мл аммиачного буферного раствора. Затем добавляют индикатор (эриохром черный Т) до виннокрасного окрашивания раствора и титруют воду рабочим раствором трилона Б. Точку эквивалентности фиксируют в момент перехода окраски раствора из виннокрасной в синюю с зеленоватым оттенком.

Расчет результатов анализа. Общую жесткость воды вычисляют по формуле:

$$J_{\text{общ}} = C_{\text{f}}(\text{тр}) \cdot V(\text{тр}) \cdot 1000 / V(\text{H}_2\text{O}),$$

где $J_{\text{общ}}$ - общая жесткость воды (мэкв/л); $C_{\text{f}}(\text{тр})$ – эквивалентная концентрация (нормальность) раствора трилона Б; $V(\text{тр})$ – объем рабочего раствора, израсходованный при титровании; $V(\text{H}_2\text{O})$ – объем воды, взятый для анализа.

Таким образом, используя разные варианты титриметрического анализа, можно определять как общую, так и карбонатную жесткость воды.

6.4.5 Определение окисляемости природной воды

Окисляемость воды выражают в миллиграммах кислорода, необходимого для окисления различных восстановителей, содержащихся в воде. К числу таких восстановителей относятся нитриты, двухвалентное железо, сероводород и различные вещества органического происхождения, часто являющиеся загрязнителями воды.

Распространенный метод определения окисляемости воды основан на способности перманганата калия восстанавливаться в кислой среде до двухвалентного марганца за счет окисления веществ, находящихся в воде. KMnO_4 , не израсходованный на окисление пробы воды, восстанавливают щавелевой кислотой $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, избыток которой оттитровывают перманганатом.

Методика определения. В колбу на 250 мл помещают аликвоту анализируемой воды объемом V , прибавляют $(100 - V)$ мл дистиллированной воды, перемешивают, добавляют 10 мл раствора разбавленной серной кислоты (1 : 3) и из бюретки приливают точно 10 мл 0,01н раствора KMnO_4 . Раствор нагревают и кипятят 10 мин, считая с момента закипания. Для равномерного кипения в колбу помещают несколько чистых капилляров. Если проба при нагревании обесцветилась, то опыт повторяют, беря меньший объем испытуемой воды. По истечении 10 мин в горячий раствор быстро добавляют из бюретки точно 10 мл 0,01н раствора щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Избыток перманганата, оставшийся после окисления веществ, содержащихся в пробе, реагирует со щавелевой кислотой по уравнению:



В результате реакции раствор обесцвечивается.

Избыток щавелевой кислоты тотчас же титруют 0,01н KMnO_4 до появления слабозеленого окрашивания, сохраняющегося в течение одной минуты.

Одновременно проводят контрольное определение «пустой пробы». Для этого отбирают $(100 - V)$ мл дистиллированной воды в колбу для титрования, добавляют 10 мл 0,01н KMnO_4 и повторяют весь процесс определения, описанный выше для исследуемой воды.

Расчет величины окисляемости воды производят по формуле:

$$D = T \cdot (a_1 - a_2) \cdot 1000/V,$$

где D - величина окисляемости в миллиграммах кислорода на 1 литр воды; T - титр 0,01н раствора KMnO_4 , выраженный числом миллиграммов кислорода в 1 миллилитре (указывается преподавателем); a_1 - расход раствора KMnO_4 на титрование анализируемой пробы, мл; a_2 - расход раствора KMnO_4 на титрование «пустой» пробы, мл; V – объем пробы, взятой для титрования, мл.

Таким образом, метод перманганатометрии позволяет делать экспресс-анализ окисляемости воды.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Чему равна жесткость 1 % - го раствора сульфата магния? ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$).

Ответ: 166,2 мэкв/л.

2. При упаривании одного литра воды из подземного источника было получено 13,6 мг гипса (CaSO_4). Чему равна жесткость этой воды?

Ответ: 0,2 мэкв/л.

3. Чему равна жесткость раствора, содержащего в 10 л 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния? Ответ: 0,46 мэкв/л.

4. Сколько граммов MgCl_2 содержится в 5 л раствора, имеющего жесткость 7,14 мэкв/л. Какова эквивалентная концентрация (нормальность) этого раствора? Ответ: 1,7 г ; 0,00714н.

5. Чему равна жесткость природной воды, содержащей Ca^{2+} - 41,65 мг/л; Mg^{2+} - 23,60 мг/л; Na^+ - 2,2 мг/л ? Ответ: 4,02 мэкв/л.

6. Чему равна жесткость 0,1н раствора хлористого кальция? Ответ: 100 мэкв/л.

7. Жесткость раствора хлорида магния равна 20 мэкв/л. Сколько миллилитров этого раствора необходимо взять, чтобы приготовить 10 л раствора с жесткостью 35 мэкв/л ? Ответ: 17,5 мл.

8. Какова постоянная и карбонатная жесткость воды, если в ней содержится: Ca^{2+} - 0,112 г/л; Mg^{2+} - 0,0632 г/л; SO_4^{2-} - 0,236 г/л; Cl^- - 0,1653 г/л и ионы HCO_3^- ?
Ответ: 9,57 мэкв/л; 1,23 мэкв/л.

9. Какова постоянная жесткость воды, если в ней содержится: Ca^{2+} - 0,1405 г/л; Mg^{2+} - 0,1155 г/л; SO_4^{2-} - 0,294 г/л; Cl^- - 0,1278 г/л и ионы HCO_3^- ? Ответ: 9,72 мэкв/л.

10. Какова общая и карбонатная жесткость воды, если при анализе одного литра данной воды установлено следующее содержание ионов: Ca^{2+} - 0,1111 г; Mg^{2+} - 0,0605 г; SO_4^{2-} - 0,0985 г; Cl^- - 0,1418 г ? Ответ: 10,52 мэкв/л; 4,48 мэкв/л.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аналитическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Апарнев [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. - 104 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44656.html>. - ЭБС «IPRbooks»

Глинка, Н. Л. Общая химия: учебное пособие для вузов / Н. Л. Глинка; под ред. А. И. Ермакова. - 30-е издание, исправленное. - М.: Интеграл-Пресс, 2003. - 728 с.

Дворкин, В. И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа / В.И. Дворкин - М.: Химия, 2001, - 263 с.

Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы / Ю.А. Золотов - М.: Высшая школа, 2002, - 412.

Ткаченко С. В. Аналитическая химия. Химические методы анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ткаченко С.В., Соколова С.А. - Электрон. текстовые данные. - Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. - 189 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72650.html>. - ЭБС «IPRbooks»

Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). Книга 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ / Ю. Я. Харитонов – М.: Высшая школа, 2010, - 616 с.

Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). Книга 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю. Я. Харитонов – М.: Высшая школа, 2001, - 560 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ	4
1.1. Растворы.....	4
1.2. Способы выражения концентрации растворов	6
Задачи для самостоятельного решения.....	10
1.3. Растворимость вещества и ее зависимость от различных факторов.....	12
Задачи для самостоятельного решения.....	15
1.4. Произведение растворимости труднорастворимого вещества... ..	16
Задачи для самостоятельного решения.....	21
Глава 2. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ	22
2.1. Теория электролитической диссоциации	22
2.2. Степень и константа электролитической диссоциации	25
Задачи для самостоятельного решения.	28
2.3. Активная концентрация ионов.....	29
Задачи для самостоятельного решения.	30
2.4. Солевой эффект	31
Задачи для самостоятельного решения.	32
Глава 3. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА	33
3.1. Ионное произведение воды. Водородный показатель рН	34
Задачи для самостоятельного решения.	38
3.2. Гидролиз солей	39
Задачи для самостоятельного решения.	46
3.3. Буферные растворы	47
Контрольные задания	51

Глава 4. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....	53
4.1. Окислительно-восстановительные реакции	53
4.2. Образование электродных потенциалов... ..	60
Контрольные задания.....	67
Глава 5. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	68
5.1. Основы гравиметрического анализа.....	68
5.2. Требования к осадкам	69
5.3. Выбор оптимальных условий осаждения	70
5.4. Отделение осадка от раствора	72
5.5. Получение гравиметрической формы и определение ее массы	73
5.6. Расчеты в гравиметрическом анализе	74
Контрольные задания.....	77
Глава 6. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	79
6.1. Кислотно-основное титрование... ..	80
Задачи для самостоятельного решения.	83
6.2. Перманганатометрия	84
Задачи для самостоятельного решения.	87
6.3. Йодометрия	88
Задачи для самостоятельного решения.	89
6.4. Определение жесткости и окисляемости воды.....	90
Задачи для самостоятельного решения.	97
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	98

Учебное издание

Апакашев Рафаил Абдрахманович

Зайцева Наталья Анатольевна

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Курс лекций по дисциплине «Аналитическая химия»

Редактор изд-ва *Л.В. Устьянцева*

Компьютерная верстка *Д. Р. Руцкой*

Подписано в печать

Формат бумаги 60x84 1/16 Бумага офсетная.

Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.

Печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ

**Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»**

Новикова Н.А.

Методические указания

**Для выполнения лабораторных работ по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов СПО**

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия» студенты дневного обучения факультета СПО выполняют лабораторные работы в объеме 10 часов.

Лабораторные работы выполняются по техническим измерениям.

1. Измерение размеров деталей штанге инструментами – 2 часа.
2. Измерение размеров детали микрометрическими инструментами- 2 часа.
3. Измерение размеров деталей при помощи концевых мер длины и рычажно-зубчатыми приборами – 2 часа.
4. Контроль зубчатых колес - 4 часа.

Студенты заочного обучения выполняют вместо первых трех работ одну комплексную работу (контроль размеров поршня) - 4 часа; контроль зубчатых колес. - 2 часа.

Все отчеты выполняются на стандартных бланках, мягким графическим карандашом. На каждую работу выдается готовый отпечатанный бланк, поэтому в данной методической разработке форма отчетов не приводится.

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

Цель: Ознакомиться с конструкциями нониуса штангенинструментов и получить навык измерения штангенинструментами.

Для выполнения работы студенту выдается: штангенциркуль модели ШЦ-П, штангенрейсмус, штангенглубомер, деталь для измерения, ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), РДМУ98-77, чертеж детали.

Задание 1. Ознакомиться с конструкцией штангенциркуля, штангенглубомера и штангенрейсмуса; паспортные данные приборов занести в табл.1.1 отчета.

Задание 2. Измерить размеры заданной детали. Наружные размеры d_1 и d_2 измерять в трех сечениях (1, 2, 3, см. рис.1) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1-1 и 2-2).

Диаметры отверстий D_1 и D_2 измерять по два раза (в направлении 1-1 и 2-2) с одного торца и аналогично с другого торца детали.

Длину детали и длину уступов измеряют по четыре раза через 90° . Длину детали измеряют с помощью штангенрейсмуса, установив деталь и рейсмус на поверочную плиту, размеры уступов измерять штангенглубомером.

Результаты измерений детали занести в таблицу 1.2 отчета.

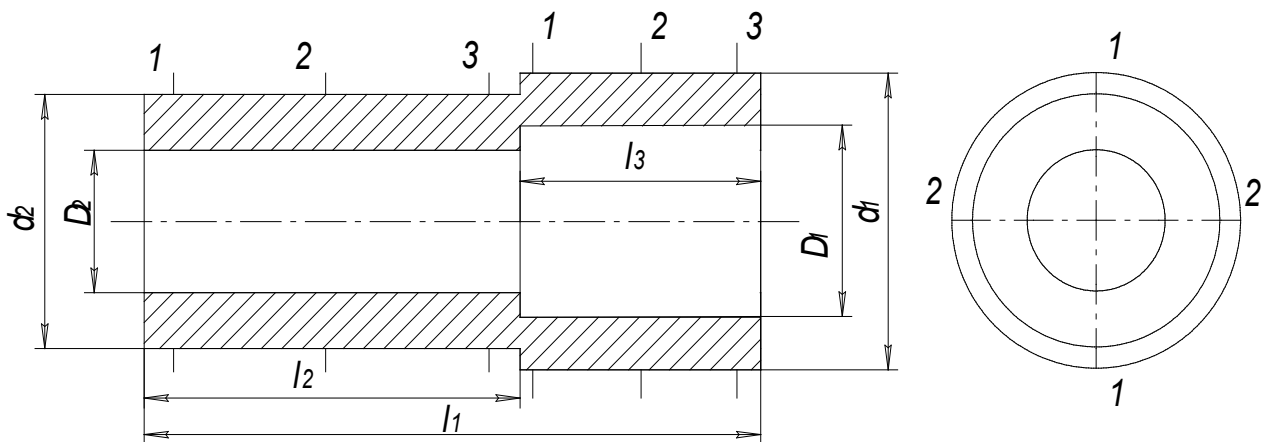


Рис. 1. Схема измерения

Задание 3. Дать заключение о годности детали по каждому размеру, для чего:

а) по чертежу детали выписать условные обозначения полей допусков для каждого размера;

б) в таблицах по ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) для каждого поля допуска выписать числовые отклонения и определить предельно допустимые размеры;

в) выполнить анализ годности по каждому размеру. Если измеренные размеры окажутся меньше наименьшего допустимого, то находят разницу

между наименьшим допустимым размером и наименьшим размером, полученным при измерении и в отчете указывают «Размер занижен на ... мм».

Если измеренные размеры окажутся больше допустимого размера, то вычисляется разница между наибольшим измеренным и наибольшим допустимым размером и в отчете указать «Размер завыщен на... мм»

При защите лаб. работы № 1 студент должен знать:

1. Как устроен нониус.
2. Как установить заданный размер на штангенциркуле.
3. Показать, как производились измерения наружных и внутренних поверхностей.
4. Уметь анализировать погрешности формы размеров деталей, полученных при измерении.

Таблица 1

Номинальные размеры деталей

Номер детали	d_1	d_2	D_1	D_2	l_1		L_3
1	50a11	40js12	40c11	26B11	74h12	42Js12	26Js12
2	40b12	35a11	28B12	25C11	90h11	56H12	32H12
3	38d11	32b12	28Js12	20B12	74h12	35Js12	26H12
4	44b11	40h12	35B12	28A11	80h12	50H12	24Js12
5	50c11	40b12	40A11	25B12	75h14	42H14	29Js14
6	68b12	50b11	56A11	42B12	85h14	45H14	30Js14
7	45a11	38b11	35C11	28B12	80h14	50H14	25Js14
8	42d11	34a11	32B12	25Js12	96h12	50H12	35H14
9	62d11	55b11	50H12	42B12	100h11	60H12	35Js14
10	38b12	32c11	36B11	22A11	72h14	35H14	26H14
11	38d11	32c11	28B11	20A11	70h14	30H14	26H14
12	38b12	32b12	16H12	12H12	80h14	35H14	35H14
13	40h12	30b12	26A11	20H12	58h14	38H14	14H14
14	60d11	50c11	46H12	35H11	80h12	40H12	32H14
15							
16	60b12	54b11	50H12	42H12	82h12	50H12	22H12
17	48d11	40c11	36H12	30H12	100h14	50H14	40H14
18	48b12	38a11	36B12	30A11	100h12	50h12	48h12
19	44b12	40d11	36B12	26B12	100h14	50H14	34Js12
20	48a11	45b11	40B12	36A11	75h14	43H14	20H14
21	50c11	36d11	38H12	25A11	75h12	32H14	30H14
22	40d11	36h12	35H11	26B12	100h14	58H12	38H12

23	50a11	38d11	35A11	32B12	70h14	34H12	35H14
24	48b12	42c11	40B12	32A11	72h12	42H14	22H14
25	48d11	42h12	40D11	32B12	72h12	42H12	22H14
26	48a11	38b12	36H12	28A11	64h14	32H14	30H14
27	46b12	38h11	34H12	26H11	80h14	55H14	20H14
28	42c11	38a11	32B12	26A11	88h12	46H14	35H14
29	45b12	38d11	35H12	28H12	80h12	40H14	36H14
30	42d11	38h12	35H11	28B12	90h12	48H12	36H14
31	48a11	40d11	34A11	28D11	85h14	45H14	30H14
32	48d11	40a11	36B12	28C11	75h14	50H14	25H14
33	46b11	38d11	35D11	30B12	74h14	36H14	30H14
34	45b12	40d11	36B12	30D11	60h12	25H12	26H14
35	32c11	26b12	24A11	20D11	75h12	36H14	40H14

Лабораторная работа № 2

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Цель: Ознакомится с конструкцией микрометрических измерительных приборов и приобрести навык измерения гладким микрометром и микрометрическим нутромером.

Для выполнения работы выдаются: гладкий микрометр нужного предела измерения, микрометрический нутромер, РДМУ 98-77, ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), чертеж деталей, подлежащих контролю.

Задание 1. Ознакомится с конструкцией гладкого микрометра, настроить прибор на нуль, занести паспортные данные прибора в табл. 2.1 отчета.

Задание 2. Измерить наружную цилиндрическую поверхность заданной детали, и результат измерений занести в табл. 2.2 отчета.

Измеряется одна цилиндрическая поверхность шесть раз: в трех сечениях (1, 2, 3) и в двух направлениях взаимно перпендикулярных (1-1 и 2-2) согласно схеме, указанной на рис 2, а.

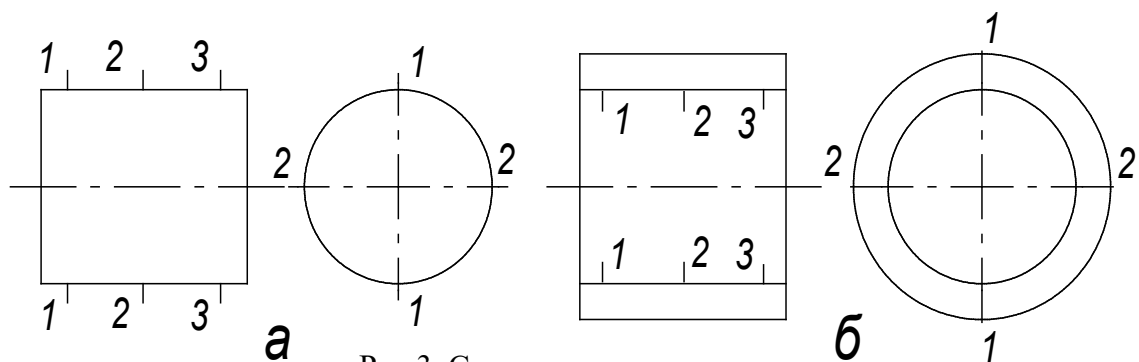


Рис.3. Схема измерения

Задание 3. Ознакомиться с устройством микрометрического нутромера, настроить прибор на нуль, занести паспортные данные в табл. 2 отчета.

Задание 4. Измерить микрометрическим нутромером одно отверстие у заданной детали, результаты измерения занести в табл. 2.3 отчета. Отверстие измерять в трех сечениях (1, 2, 3) и двух взаимно перпендикулярных направлениях (1-1 и 2-2) см. рис. 2, б. При измерении микрометрическим нутромером отверстия в графу "Отчет по микровинту" записывать только то, что прочтете на приборе, не прибавляя размера вставок и начального размера прибора.

Задание 5. Дать заключение о годности размеров, подвергающихся контролю, для чего:

а) согласно чертежа детали вписывают в таблицу отчета поля допусков на контролируемые размеры и в таблицах ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) найти числовые предельные отклонения для каждого размера;

б) определить предельные размеры для поверхностей, подвергавшихся контролю;

в) дать заключение о годности по размеру, аналогично тому, как предусмотрено в лабораторной работе № 1.

г) определить действительные погрешности формы у поверхностей деталей, подвергшихся контролю.

При контроле размеров детали микрометрическими инструментами можно измерить только частные погрешности.

В поперечном сечении может иметь место овальность, а в продольном сечении- конусообразность, бочкообразность или седлообразность.

Для определения овальности необходимо сравнить размеры по отдельным сечениям (1, 2, 3) и где будет большая полуразность размеров, ту погрешность записывать в отчет.

Для определения погрешностей формы в продольном сечении необходимо сравнивать размеры, полученные в одном направлении (1-1 или 2-2). Если окажется, что размеры от сечения 1 к сечению 3 постепенно увеличиваются или уменьшаются, то в этом случае имеет место конусообразность, числовая величина которой получается как полуразность крайних размеров.

Если размеры в крайних сечениях будут меньше чем в среднем сечении, то имеем бочкообразность и в отчет записывать большую полуразность. Если размеры в крайних сечениях окажутся меньше размера в среднем сечении, то в данном случае имеем седлообразность, в отчете записывать большую полуразность. Принять обозначения: овальности знаком - $\Delta_{ов}$, конусообразность - $\Delta_{к}$, бочкообразность - $\Delta_{б}$ и седлообразность - $\Delta_{с}$. Деталь считается годной по погрешностям формы, если погрешности не превышают половины допуска на размер детали.

При защите лаб. работы № 2 студент должен знать:

1. Как устроено отсчетное устройство микрометра или микрометрического устройства.

2. Уметь настраивать микрометрические инструменты на нуль.

3. Правильно снимать размер по шкале микрометрических приборов.

4. Уметь определять погрешности формы цилиндрических деталей.

На рис. 4 представлен чертеж измеряемого поршня, а в таблицах 2 и 3 приведены номинальные и ремонтные размеры поршней.

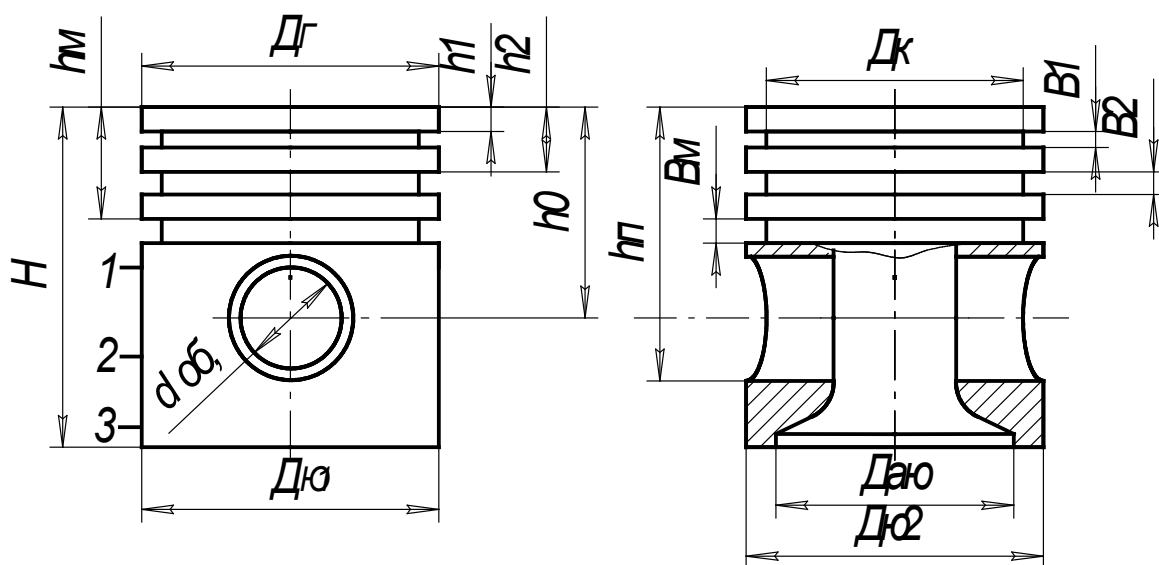


Рис.4. Чертеж поршня

Таблица 2

Номинальные и ремонтные размеры

Размер	Номинальный размер	Номинал ремонтного размера			Допуск формы или расположения
		1	2	3	
Дг	99,3h9	99,88	100,30	100,80	Овальн. 0,05 Конусн. 0,03
Дю1	100js8	100,50	101,00	101,50	Овальн. 0,12
Дю2	99,75js9	100,25	100,75	101,25	Конусн. 0,01
Дою	93,8H8	94,30	94,80	95,30	Овальн. 0,5 $T_{дою}$
Дк	89,0h11	89,50	90,00	90,50	Овальн. 0,5 $T_{дк}$
Доб	28N5				Овальн. 0,002 Конусн. 0,001
В1	2,0D9				Непараллельн. стенки 0,1
В2	2,0D9				
В3	2,0D9				
Вм	5,0D9				
Н	110h14				Непарал.: T_n
h1	11js12				Непарал.: T_h
h2	19js12				
h3	25js12				
hm	31,5js12				
ho	52,5js10				Непараллельность 0,035/100
hp	76,5js10				
dp	28h5				Овальность 0,5 T_{dp}

Поршень ЗИЛ-130

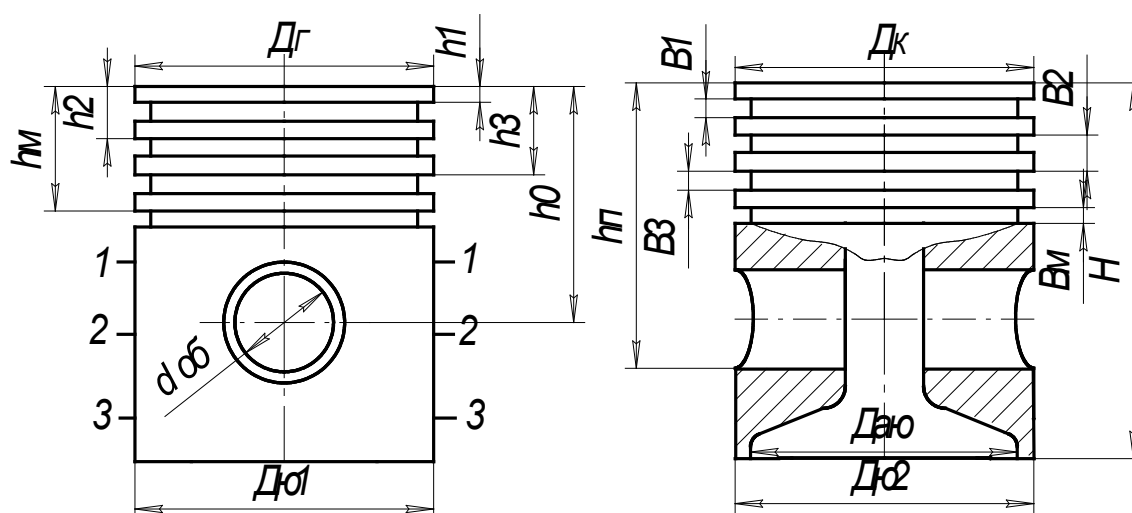


Рис.5. Чертеж поршня

Таблица 3

Размер	Номинальный размер	Номинал ремонтного размера			Допуск формы или расположения
		1	2	3	
Дг	101d9	101,4	101,9	102,4	Овальн. 0,05 Конусн. 0,10
Дю1	101,5js8	102,0	102,5	103,0	Овальн. 0,08 Конусн. 0,03
Дю2	101,3js9	101,85	102,35	102,85	
Дою	94,5H8	94,5	94,5	94,5	Овальн. 0,5 Тдою
Дк	92h11	92,5	93,0	93,5	Овальн. 0,5 Тдк
доб	28N5				Овальн. 0,003 Конусн. 0,002
В1	3,0D9				Непараллельн. стенок 0,05
В2	3,0D9				
В3	3,0D9				
Вм	4,8D9				
Н	106h14				Непарал.: Тн
Н1	6,0js12				Непарал.: Тн
Н2	12,0js12				
Н3	18,0js12				
hm	24,0js12				
ho	56js10				Непараллельность 0,05/100
hп	70js10				
dp	28h5				Овальность 0,5 Тdp
Поршень ЗИЛ-130					

Лабораторная работа № 3

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ И РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫХ ПРИБОРОВ

Цель: Ознакомиться с конструкцией концевых мер длины. Научиться измерять детали при помощи концевых мер длины и принадлежностей к ним.

Ознакомиться с конструкцией рычажной скобы, рычажного микрометра, индикатора часового типа, пружинной головкой, индикаторным нутромером и освоить технику измерения при помощи этих приборов.

Для выполнения работы студенту выдаются: набор концевых мер длины №1, принадлежности к концевым мерам, рычажный микрометр, рычажная скоба, пружинная головка со стойкой, нутромер индикаторный, ГОСТ 25347-82, РДМУ-98-77.

Задание 1. Освоить технику измерения размеров деталей при помощи концевых мер длины и принадлежностей к ним.

Задание 2. Ознакомиться с конструкцией измерительных головок, рычажного микрометра, рычажной скобы, настроить нужный прибор на нуль, занести паспортные данные в таблицу 3.3 отчета.

Задание 3. Измерить наружный диаметр заданной детали измерительной головкой, или рычажной скобой, или рычажным микрометром (выполнить шесть замеров в трех сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях, согласно рис.3, а). Результаты измерений занести в таблицу 3.4 отчета.

Задание 4. Ознакомление с устройством индикаторного нутромера, настроить нутромер на нуль и занести паспортные данные в таблицу 3.3 отчета.

Задание 5. Измерить индикаторным нутромером размеры отверстия в трех сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях. Результаты измерений занести в табл. 3.5 отчета.

Задание 6. Дать заключение о годности по размеру и форме, аналогично, как это предусмотрено для лабораторных работ № 1 и № 2. Допуски формы принимать равными половине допуска на размер детали.

При защите лаб. работы № 3 студент должен уметь:

1. Настраивать на нуль рычажную скобу, рычажный микрометр, измерительные головки на универсальной стойке, индикаторный нутромер.
2. Правильно снимать отсчет по каждому из перечисленных приборов.
3. Определять погрешности формы по результатам измерений.

Лабораторная работа № 4

КОНТРОЛЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель: Ознакомиться с системой допусков и посадок цилиндрических зубчатых передач и методикой контроля параметров зубчатого колеса.

Для работы студенту выдается: цилиндрическое зубчатое некоррелированное колесо, штангенциркуль с ценой 0,05 мм, тангенциальный зубомер, штангензубомер, нормалемер, ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77), ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75).

Задание 1. Определить основные параметры некоррелированного зубчатого колеса и результаты занести в табл. 7.1 отчета.

- 1.1. Определить число зубьев зубчатого колеса, подлежащее контролю.
- 2.2. Измерить штангенциркулем наружный диаметр зубчатого венца d_{ac} и диаметр впадин d_{fc} .

Примечание: При измерении зубчатого колеса с нечетным количеством зубьев необходимо полученную величину диаметра впадин разделить на поправочный коэффициент $\sin \varphi$, значение которого приведены в табл. 7.

Таблица 7

	$\sin \varphi$	z	$\sin \varphi$	z	$\sin \varphi$	z	$\sin \varphi$
11	0,98980	25	0,99800	39	0,99920	53	0,99956
13	0,99250	27	0,99825	41	0,99926	55	0,99958
15	0,99450	29	0,99850	43	0,99930	57	0,99962
17	0,99570	31	0,99870	45	0,99940	59	0,99966
19	0,99650	33	0,99890	47	0,99946	61	0,99967
21	0,99720	35	0,99904	49	0,99952	63	0,99968
23	0,99780	37	0,99908	51	0,99957	65	0,99969

1.3. Определить модуль зубчатого колеса по формуле, мм

$$m = \frac{d_{ac}}{z + 2} . \quad (11)$$

Полученную величину модуля округлить до стандартного из ряда: 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,25; 3,5; 3,75; 4,0; 4,25; 4,75; 5,0; 5,25; 6,0; 7,0; 8,0.

1.4. Определить установленную высоту постоянной хорды h_c в следующей последовательности.

1.4.1. Определить номинальный наружный диаметр d_a по зависимости

$$d_a = z \cdot m + 2 \cdot m . \quad (12)$$

1.4.2. Определить действительную погрешность измерительной базы

$$k = \frac{d_a - d_{ac}}{2} . \quad (13)$$

1.4.3. Определить номинальную высоту до постоянной хорды. Для некоррегированного зубчатого колеса с углом зацепления $\alpha = 20\%$ определяют по зависимости

$$\bar{h}_c = 0,7476 \cdot m . \quad (14)$$

1.4.4. Определить установочную высоту постоянной хорды с учетом погрешности базы

$$\bar{h}_{c'} = \bar{h}_c + k . \quad (15)$$

1.5. Определить номинальный размер постоянной хорды. Для зубчатого колеса с углами зацепления $\alpha = 20\%$ размер постоянной хорды определяют по формуле

$$\bar{S}_c = 1,387 \cdot m . \quad (16)$$

1.6. Определить номинальный размер длины общей нормали. Для некоррегированного зубчатого колеса выполненного с исходным контуром по ГОСТ 13755-81, длину общей нормали можно определить по зависимости, мм

$$W = m [1,476(z_w - 0,5) + 0,014z]$$

(17)

где z_w - число зубьев в охвате мерителя, которое можно определить по зависимости

$$z_w = 0,111 \cdot z + 0,5 . \quad (18)$$

Полученную величину Z_w округлить до целого числа по правилам округления.

1.7. Определить величину смещения исходного контура $E_{нч}$ для чего:

1.7.1. Определить номинальный диаметр окружности впадин по зависимости, мм

$$d_f = z \cdot m - 2,5 \cdot m . \quad (19)$$

1.7.2. Определить действительную величину смещения исходного контура по зависимости, мм

$$E_{нч} = \frac{d_{f2} - d_f}{2} . \quad (20)$$

1.8. По заданию преподавателя принять степень точности для заданного зубчатого колеса.

1.9. По ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) найти допуски для параметров характеризующих норму кинематической точности (F_q и F_{vw}), для нормы плавности (f_{pt} , f_{pb}), для нормы контакта (F_β).

1.10. Из таблицы 14 ГОСТ 1643-81 выписать для всех видов бокового зазора показатель $E_{нс}$ (наименьшее дополнительное смещение исходного контура).

Для зубчатых колес наружного зацепления показатель $E_{нс}$ (верхнее отклонение) записать в мм со знаком минус.

1.11. Из табл. 15 ГОСТ 1643-81 выписать допуск на дополнительное смещение исходного контура для всех видов бокового зазора. Допуск T_H находить по допуску на радиальное биение зубчатого венца F_q и записать в мм.

1.12. По величине наименьшего дополнительного смещения ($E_{нс}$) и допуску на смещение исходного контура определить наибольшее смещение исходного контура $E_{ни}$ по зависимости в мм.

$$E_{нс} = E_{HS} - T_H , \quad (21)$$

где $E_{нс}$ - верхнее отклонение дополнительного смещения исходного контура с учетом знака;

T_H - допуск на смещение исходного контура.

1.13. Установить вид бокового зазора для заданного зубчатого колеса из условия

$$E_{HS} \geq E_{нч} \geq E_{ни} .$$

Если условие (22) будет обнаружено для нескольких видов бокового зазора, то следует принять тот боковой зазор, у которого среднее отклонение $E_{нт}$ будет ближе к $E_{нч}$.

Задание 2. Определить исполнительные размеры параметров зубчатого колеса, влияющих на норму бокового зазора.

2.1. Выписать допустимые смещения исходного контура ($E_{нс}$, T_H и $E_{ни}$) для выбранного сопряжения, согласно ГОСТ 1643-81.

2.2. Определить допустимые смещения исходного контура с учетом погрешности измерительной базы для чего:

2.2.1. По табл. 8 пособия определить квалитет для наружного диаметра зубчатого колеса, а по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) определить величину допуска T_a для заданного номинального диаметра и квалитета и записать в табл. Отчета в мм.

2.2.2. По табл. 8 пособия определить допуск радиального биения диаметра выступов F_a и торцевого биения F_T и занеси в таблицу отчета, мм.

2.2.3. Определить допустимое наименьшее смещение исходного контура с учетом погрешности базы по зависимости

$$E'_{HS} = |E_{HS}| + 0,35 \cdot F_a \quad . \quad (23)$$

2.2.4. Определить допуск на смещение исходного контура с учетом погрешности базы по зависимости

$$T_{H'} = T_H - 0,5 \cdot T_a - 0,7 \cdot F_a \quad . \quad (24)$$

Таблица 8

Допуски параметров заготовки зубчатых колес

Параметры	Степень точности зубчатого колеса							
	5	6	7	8	9	10	11	12
	Квалитеты по ГОСТ 25346-82							
Отверстие зубчатого колеса T_D	5	6	7	7	8	8	8	8
Опорные шейки вала T_d	5	5	6	6	7	7	8	8
Допуски диаметра наружного цилиндра T_a по квалитету	7	8	8	8	9	9	11	11
Допуски радиального биения зубчатого венца F_a и торцевого биения F_T	0,016d+10		0,025d+15		0,04d+25			

Примечание: Для определения допуска радиального биения наружного диаметра F_a и допуска торцевого биения F_T подставляем размер делительного диаметра d в мм, а результат получается в

микрометрах, например, для зубчатого колеса 7-й степени точности с делительным диаметром $d=100\text{мм}$ допуск $F_a = F_T = 0,025 \cdot 100 + 15 = 17\text{мкм} = 0,017\text{мм}$

2.2.5. Определить наибольшее допустимое смещение исходного контура с учетом погрешности установочной базы по зависимости

$$E'_{Hi} = E'_{HS} - T'_H \quad (25)$$

2.3. Определить предельно допустимые размеры длины общей нормали для принятого вида бокового зазора.

2.3.1. В табл. 16 и 17 (ГОСТ 1643-81) выписать параметры E_{wms1} и E_{wms2} и подсчитать верхнее отклонение длины общей нормали. Для зубчатых колес наружного зацепления верхнее отклонение длины общей нормали E_{wms} записать со знаком минус.

2.3.2. В табл. 18 (ГОСТ 1643-81) выписать допуск на среднюю длину общей нормали. Допуск находят по виду допуска на боковой зазор и допуску реального биения зубчатого венца.

2.3.3. Определить нижнее отклонение на среднюю длину общей нормали E_{wmi} по зависимости:

$$E_{wmi} = E_{wms} - T_{wm} \quad (26)$$

2.3.4. Определить предельные размеры средней длины общей нормали по зависимости, мм

$$W_{\max} = W + E_{wms} \quad (27)$$

$$W_{\min} = W + E_{wmi} \quad (28)$$

где W – номинальная длина общей нормали, полученная по формуле 17 в мм.

E_{wms}, E_{wmi} – предельные отклонения общей длины общей нормали, мм. Для наружного зацепления со знаком минус.

2.4. Определить предельно допустимые размеры постоянной хорды для принятого вида бокового зазора.

2.4.1. В табл. 20 ГОСТ 1643-81 выписать верхние отклонения постоянной хорды E_{cs} , а в табл. 21 – допуск на постоянную хорду T_c

2.4.2. Определить наибольшее уменьшение постоянной хорды по зависимости

$$E_{ci} = E_{cs} - T_c \quad (29)$$

2.4.5. Определить предельно допустимые размеры толщины зуба по постоянной хорде по зависимости

$$\bar{S}_{c\max} = \bar{S}_c + E_{cs} \quad (30)$$

$$\bar{S}_{c\min} = \bar{S}_c + E_{ci} \quad (31)$$

Задание 3. Измерить параметры зубчатого колеса, влияющие на норму бокового зазора и дать заключение.

3.1. Измерить длину общей нормали зубомерным инструментом.

3.1.1. По номинальной длине общей нормали выбрать микрометрический зубомер, настроить его на ноль, по установочной мере, если микрометр с пределом измерения более 25 мм.

3.1.2. Измерить длину общей нормали не менее 10 раз, охватывая при измерении число зубьев равное Z_w .

3.1.3. Подсчитать среднюю длину нормали, для чего сложить все результаты измерений и разделить сумму на количество измерений (W_m).

По средней длине общей нормали дать заключение о годности колеса по норме бокового зазора, для чего необходимо сравнить размер W_m с предельно допустимыми размерами длины нормали, полученными по формулам 27 и 28. Если результат измерений окажется меньше W_{\min} , то в заключении следует записать: «По норме бокового зазора по параметру W_m для сопряжения ... зуб изношен (или занижен для нового колеса) на ... мм». Если обнаружено условие $W_{\min} \leq W_m \leq W_{\max}$, то в заключении следует сделать аналогичную запись, указать «Колеса находится в пределах допуска».

Если окажется, что $W_m > W_{\max}$, то в отчете следует сделать аналогично первому случаю запись и указать «Зуб завышен на ... мм».

3.1.4. Определить колебания длины общей нормали F_{vwr} как разность между наибольшим и наименьшим размерами длины общей нормали, полученных при измерении зубчатого колеса. В отчете выполнить заключение по норме кинематической точности из условия, если $F_{vwr} \geq F_{vw}$, то следует сделать запись: «По норме кинематической точности, по параметру F_{vwr} зубчатое колесо выполнено грубее ... степени», если $F_{vwr} \leq F_{vw}$, то колесо считать соответствующим заданной степени точности.

3.2. Измерить смещение исходного контура тангенциальным зубомером и дать заключение о годности по норме бокового зазора.

3.2.1. Ознакомится с конструкцией тангенциального зубомера, подобрать установочный ролик в соответствии с модулем зубчатого колеса и настроить прибор на ноль. Для настройки прибора на ноль необходимо измерительные наконечники прибора установить так, чтобы губки измерительных наконечников касались установочного ролика своей серединой и в этом положении зафиксировать измерительные наконечники. Установочный ролик уложить на призму, в гнездо прибора установить индикатор часового типа так, чтобы стрелка прибора сделала один оборот, а малая стрелка была бы на единице, в этом положении зафиксировать индикатор и шкалу установить на ноль.

3.2.2. Измерить три зуба под углом 120° , если при измерении большая стрелка прибора перейдет за ноль, а малая стрелка перейдет за единицу, то такие отклонения записывать со знаком минус, например $-0,15$ мм.

3.2.3. Дать заключение о годности зубчатого колеса. Подсчитать средний размер смещения исходного контура и сравнить E_{nt} с предельно

допустимыми смещениями исходного контура с учетом погрешности измерительной базы. Если $E'_{ns} \geq E_{nm} \geq E'_{ni}$, то в отчете записать: «По норме бокового зазора по параметру E_{nc} для сопряжения ... зуб находится в пределах допуска». Если $E_{nm} \leq E_{ns}$, то в отчете делается аналогичная запись и в результате указывается: «Зуб изношен на ... мм». Если $E_{nm} > E_{ns}$, то в отчете следует в заключении записать: «Зуб завышен на ... мм».

3.3. Измерить толщину зуба по постоянной хорде штангензубомером.

Штангензубомером измерить также три зуба через 120° , которые измерялись тангенциальным зубомером.

3.3.1. На высотной линейке штангензубомера установить высоту постоянной хорды с учетом погрешности измерительной базы, т. е. h'_c .

3.3.2. Установить высотную линейку на вершину зуба, измерительные губки довести до соприкосновения с боковыми поверхностями зуба и при помощи винта доводки выбрать зазор.

3.3.3. Определить средний размер толщины зуба по постоянной хорде S_{cm} и сравнить его с предельно допустимыми размерами постоянной хорды. Если $\bar{S}_{cm} < \bar{S}_{c\min}$, то в заключении следует записать: «По норме бокового зазора по параметру \bar{S}_{cm} для сопряжения ... зуб изношен (занижен) на ... мм».

При $\bar{S}_{cm} > \bar{S}_{c\max}$, записать: «Зуб завышен на ... мм».

Если $\bar{S}_{c\max} \geq \bar{S}_{cm} \geq \bar{S}_{c\min}$, то в отчете записать «Зуб находится в пределах допуска».

4. Оформить рабочий чертеж зубчатого колеса. Образец приведен на рис. 11. Рабочий чертеж зубчатого колеса оформляется в соответствии с ГОСТ 2.403-75 (СТ СЭВ 859-68).

Чертеж зубчатого колеса должен содержать изображение зубчатого колеса и таблицу параметров.

На изображении зубчатого колеса нанести размер посадочного отверстия с допуском, согласно табл. 8 настоящего пособия; диаметр выступов с допуском как для основного вала; ширину венца и ступицы с допуском, шероховатость рабочих поверхностей зубьев, наружного диаметра, торцевых поверхностей ступицы и посадочного отверстия. Шероховатость поверхностей зубчатого колеса наносить согласно табл. 9 пособия; допуск торцевого биения ступицы и радиального биения наружного диаметра.

Таблица 9

Шероховатость поверхностей зубчатого колеса

Наименование поверхности	Степень точности колеса					
	5	6	7	8	9	10
	шероховатость R_a , мкм					
Рабочих поверхностей	0,63	0,63	1,25	3,2	6,3	6,3

зубьев						
Посадочных поверхностей отв./вал	$\frac{0,4}{0,2}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,6}{0,8}$	$\frac{1,6}{0,8}$
Торцевые поверхности ступиц	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2
Диаметр ступиц	3,2	3,2	3,2	6,3	56,3	12,5

Допуск на наружный диаметр колеса назначать в зависимости и от того, что используется для контроля нормы бокового зазора у зубчатого колеса. Если наружный диаметр используется в качестве измерительной базы (контроль смещения исходного контура тангенциальным зубомером, постоянной хорды штангензубомером, окружного шага шагомером и т. д.), то в этом случае допуск на наружный диаметр и радиальное биение зубчатого венца назначать по табл. 8 настоящего пособия. Если наружный диаметр не используется в качестве измерительной базы (контроль длины нормали; контроль смещения исходного контура по роликам или межцентромером), то в этом случае допуск на наружный диаметр назначают не более $0,1m$ для зубчатых колес 5 - 8 степени, или $0,2m$ для зубчатых колес 9 - 12 степеней точности.

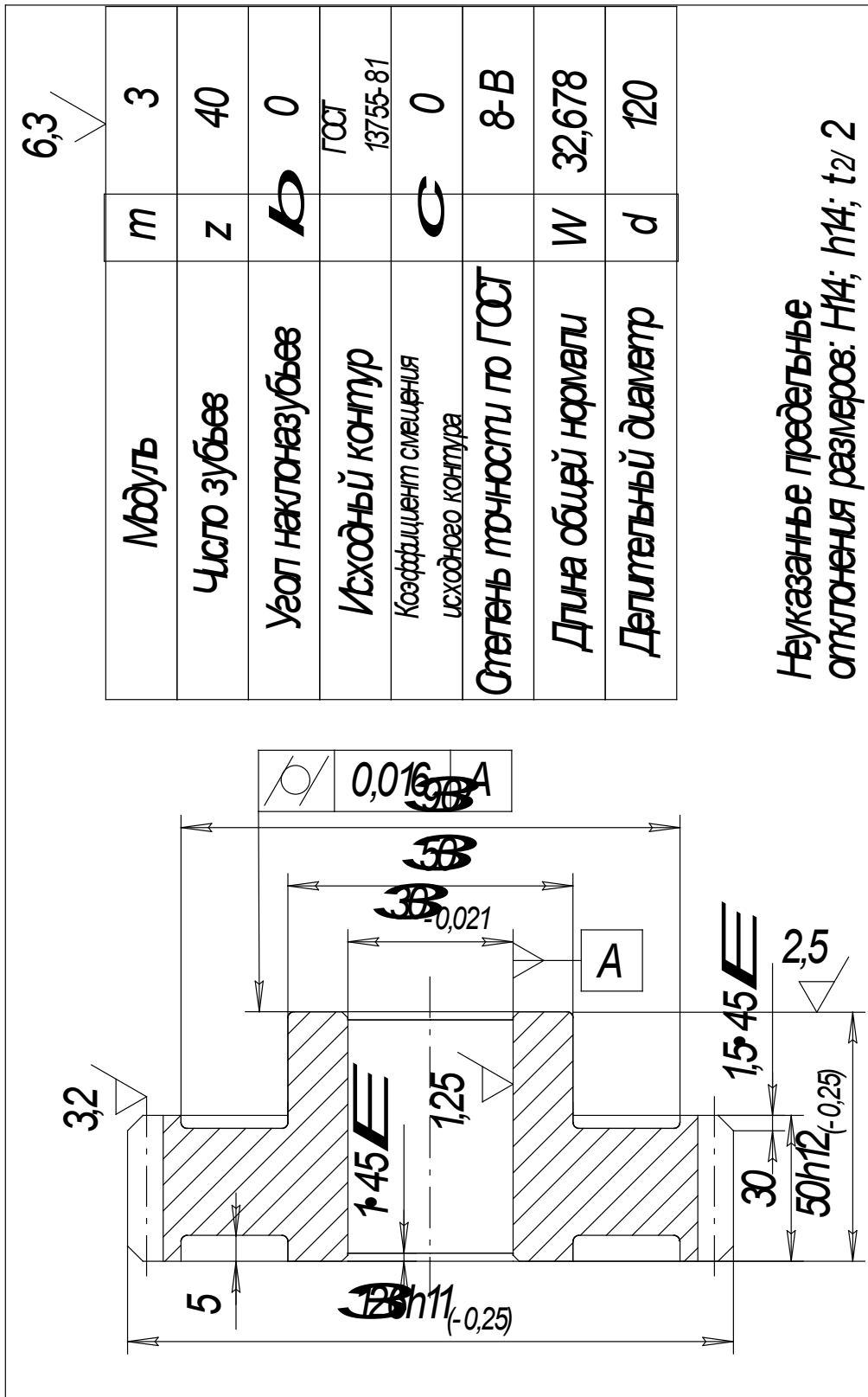


Рисунок 8

Полученную величину допуска T_a округлять до стандартных по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) в меньшую сторону. Отклонение на наружный диаметр назначать как для основного вала: $h7$; $h8$; $h9$; $h10$; $h11$; $h12$; $h13$.

Допуск радиального биения назначать для диаметра, не используемого в качестве измерительной базы, не грубее $0,1m$.

Торцевое биение ступицы принимать по табл. 8. Допуск цилиндричности посадочного отверстия принимать не более $\frac{1}{3}T_D$ (допуска на размер отверстия). Допуск на ширину зубчатого венца для зубчатых колес 5 - 7 степеней принимать по $h11$, а для степеней точности 8 -12 - по $h12$.

Таблица параметров должна располагаться в правом верхнем углу чертежа и состоять из трех частей.

В первой части таблицы поместить основные данные, необходимые для изготовления зубчатого колеса: модуль m ; число зубьев z ; угол наклона зуба β ; для косозубого колеса – направление зуба; исходный контур (по ГОСТ 13755-81), коэффициент смещения исходного контура χ (для некоррегированных зубчатых колес $\chi = 0$); степень точности и вид бокового зазора.

Во второй части таблицы привести параметр, необходимый для контроля нормы бокового зазора, один из следующих: длина общей нормали с предельными отклонениями ($W_{-E_{wmi}}^{-E_{wms}}$); наибольшее (E_{HI}) и наименьшее (E_{HS}) смещение исходного контура; толщина зуба по постоянной хорде (\bar{S}_{c-Eci}^{-Ecs}) и установочная высота постоянной хорды \bar{h}_c ; размер по ролика с предельными отклонениями (M_{-Emi}^{-Ems}).

В третьей части таблицы заносят справочные данные: делительный диаметр (d), шаг винтовой линии (P) и другие параметры, необходимые для контроля зубчатого колеса или настройки станка.

Литература к лаб. работе № 4

Ю.В.Димов *Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов.* 3-е изд.-СПб.: Питер, 2010 -464 с.

Берков В. И. *Технические измерения: Альбом.* М.: Высшая школа, 1977. С. 152 - 159; 168 – 169.

Для защиты лаб. работы № 4 студент должен знать:

1. Как обозначаются степени и боковой зазор зубчатых колес?
2. Уметь определять исполнительные размеры длин общей нормали, постоянной хорды, предельные размеры смещения исходного контура.

3. Знать как назначается допуск на наружный диаметр.
4. Уметь измерять длину общей нормали, постоянную хорду, смещение исходного контура.
5. Учитывать погрешности измерительной базы, если в качестве измерительной базы используется нерабочая поверхность зубчатого колеса.
6. Уметь оформлять рабочий чертеж зубчатого колеса.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	.....
Лабораторная работа №1.....	.....
Лабораторная работа №2.....	.....
Лабораторная работа №3.....	.....
Лабораторная работа №4.....	.....



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЯ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Специальность

20.02.04 Пожарная безопасность

программа подготовки специалистов среднего звена

Автор: Новикова Н.А., стр. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры
Эксплуатации горного оборудования

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Симисинов Д.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 12.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-механического факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Осипов П.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург

Средства измерения и контроля

Классификация средств измерения и контроля

Средства измерения и контроля, применяемые в машиностроении, классифицируются по различным признакам: по типу и виду контролируемых физических величин; назначению — универсальные и специальные; числу проверяемых параметров при одной установке объекта измерения — одномерные и многомерные; степени механизации и автоматизации процесса измерений — ручного действия, механизированные, полуавтоматические, автоматические.

Классификация средств измерения и контроля по типу контролируемых физических величин представлена на рис.1, а по виду контролируемых физических величин — на рис. 2.

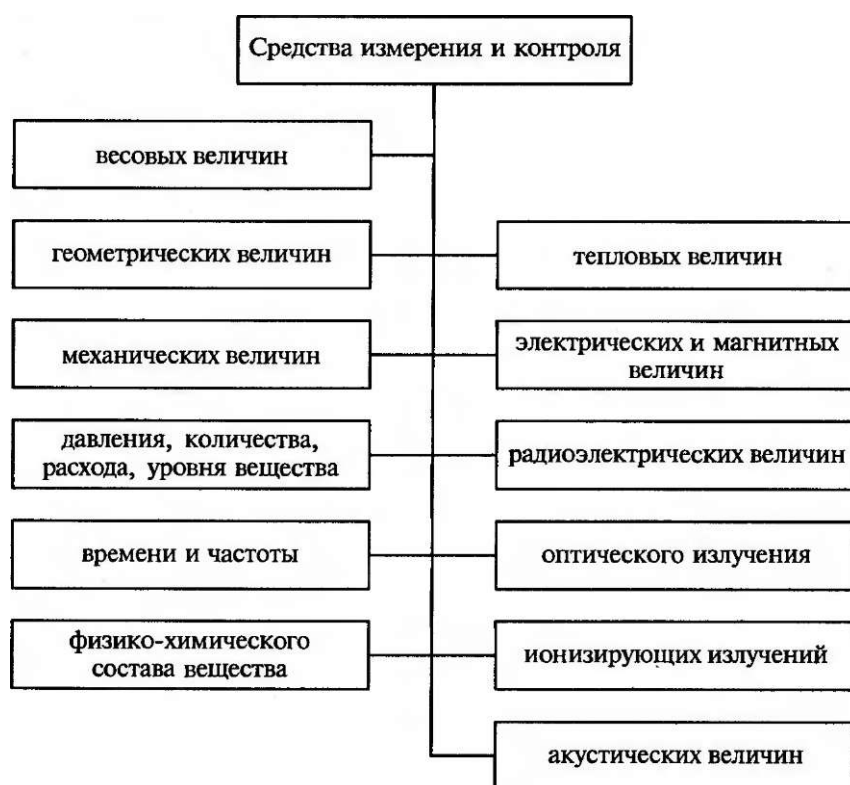


Рис. 1 Классификация средств измерения и контроля по типу физических величин



Рис. 2. Классификация средств измерения и контроля по виду измеряемых

Универсальные измерительные инструменты и приборы нашли широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для определения численных величин и отклонений, отклонений от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (при отсутствии специальных приспособлений), при наладке станков, при особо ответственных измерениях во всех видах производств, включая массовое и крупносерийное.

Все средства измерения и контроля, применяемые для измерения линейных величин, можно разделить на контрольно-измерительные инструменты и измерительные приборы.

К первой группе относят:

- инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности;
- плоскопараллельные концевые меры длины (плитки);
- штриховые инструменты, воспроизводящие любое кратное или дробное значение единицы измерения в пределах шкалы (штанген инструменты, угломеры с нониусом);
- микрометрические инструменты, основанные на действии винтовой пары (микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры).

К группе измерительных приборов (вторая группа) относят:

- рычажно-механические (индикаторы, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, миниметры);

- оптико-механические (оптиметры, инструментальные микроскопы, проекторы, интерферометры);
- электрические (профилометры и др.). Указанные выше измерительные средства являются точным, дорогостоящим инструментом, поэтому при пользовании им и хранении необходимо соблюдать правила, изложенные в соответствующих инструкциях.

Штангенинструменты

Штангенинструменты являются распространенными в машиностроении видами измерительного инструмента. Их применяют для измерения наружных и внутренних диаметров, длин, толщин, глубин и т. д.

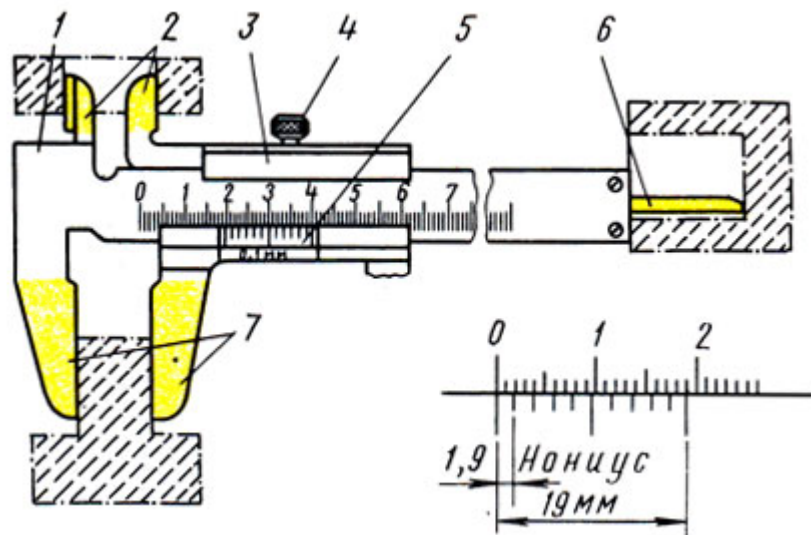


Рис. 3. Штангенциркуль ШЦ-I: 1 - штанга, 2,7 - губки, 3 - подвижная рамка, 4 - зажим, 5 - шкала нониуса, 6 - линейка глубиномера

Штангенциркули применяют трех типов: ШЦ-I, ШЦ-II и ШЦ-III. Штангенциркули изготовляют с пределами измерений 0-125 мм (ШЦ-I); 0-160 (ШЦ-II); 0 - 400 (ШЦ-III) и с величиной отсчета 0,1 мм (ШЦ-I); 0,05 (ШЦ-II и ШЦ-III).

Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 3) применяют для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с величиной отсчета по нониусу 0,1 мм. Штангенциркуль имеет штангу 1, на которой нанесена шкала с основными миллиметровыми делениями. На одном конце этой штанги имеются измерительные губки 2 и 7, а на другом конце линейка 6 для измерения глубин. По штанге перемещается подвижная рамка 3 с губками.

Рамку в процессе измерения закрепляют на штанге зажимом 4. Нижние губки 7 служат для измерения наружных размеров, а верхние 2 - для внутренних размеров. На скошенной грани рамки 3 нанесена шкала 5 с дробными делениями, называемая нониусом. Нониус предназначен для определения дробной величины цены деления штанги, т. е. для определения доли миллиметра. Шкала нониуса длиной 19 мм разделена на 10 равных частей; следовательно, каждое деление нониуса равно $19 : 10 = 1,9$ мм, т. е. оно короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкалу штанги, на 0,1 мм ($2,0 - 1,9 = 0,1$). При сомкнутых губках начальное деление нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штангенциркуля, а последний - 10-й штрих нониуса - с 19-м штрихом шкалы.

При измерении губки 7 должны прилегать друг к другу без просветов. Перед измерением при сомкнутых губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать. При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,012 мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги. При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 4, а). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

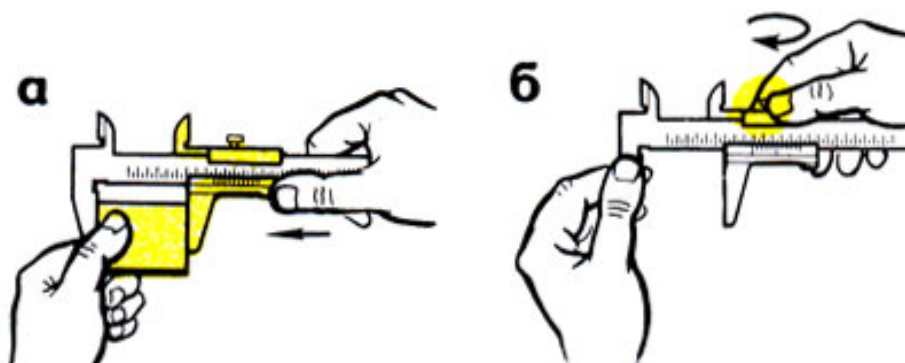


Рис. 4. Приемы измерения: а - установка инструмента на деталь, б - закрепление рамки

Рамку закрепляют зажимом большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги

(рис. 4, б). При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами (рис. 5, а). Целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги. Примеры отсчета показаны на рис. 5 б.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 6, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки. Это инструмент высокой точности. Верхние губки штангенциркуля заострены и используются для разметочных работ.

Для точной установки подвижной рамки относительно штанги штангенциркуль снабжен микрометрической подачей (винт и гайка).

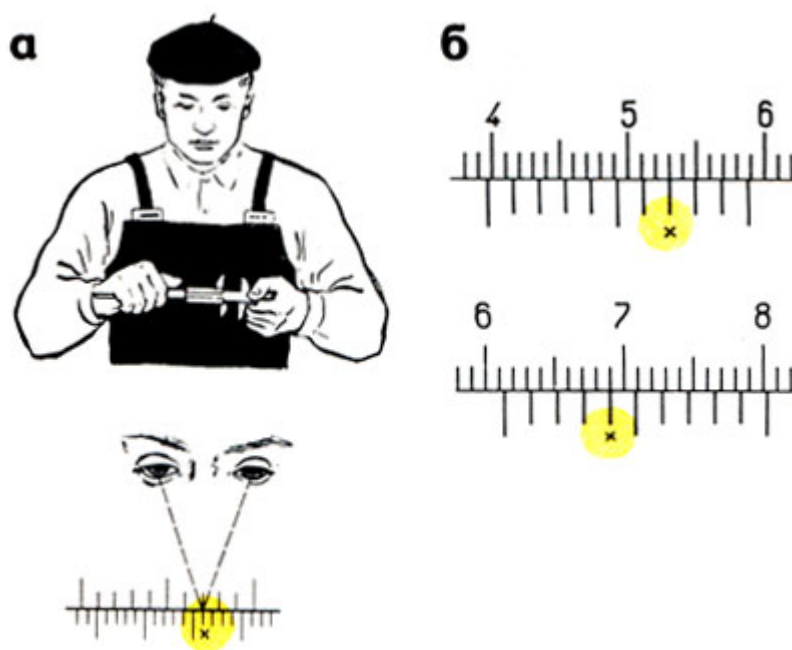


Рис. 5. Чтение показаний штангенциркуля: а - положение глаз, б - примеры отсчета размера: $39 + 0,1 \times 7 = 39,7$; $61 + 0,1 \times 4 = 61,4$

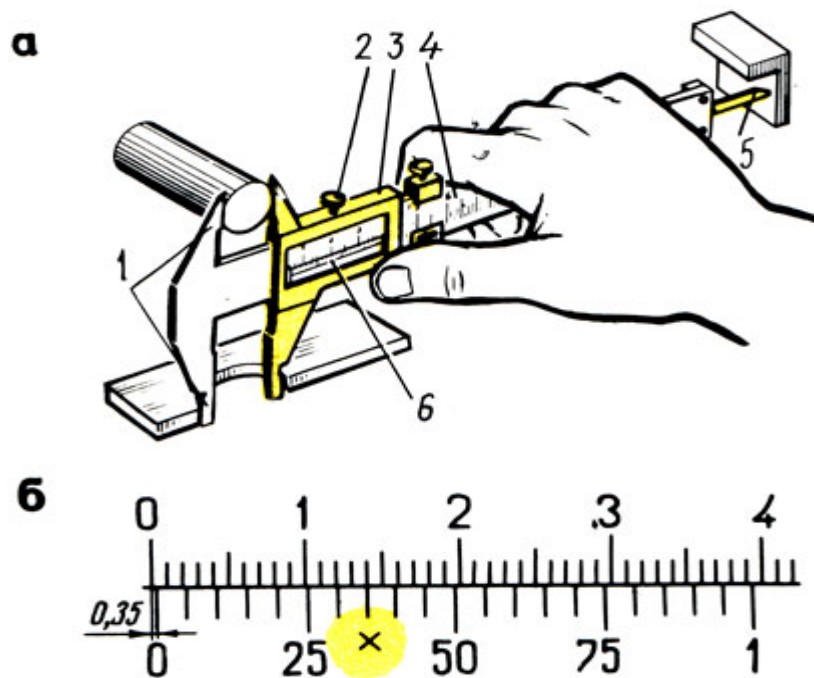


Рис. 6. Штангенциркуль ШЦ-11: а - устройство, б - пример отсчета, 1 - губки, 2 - зажимы, 3 - рамка, 4 - штанга ($0,05 \times 7 = 0,35$); 5 - глубиномер, 6 - шкала нониуса

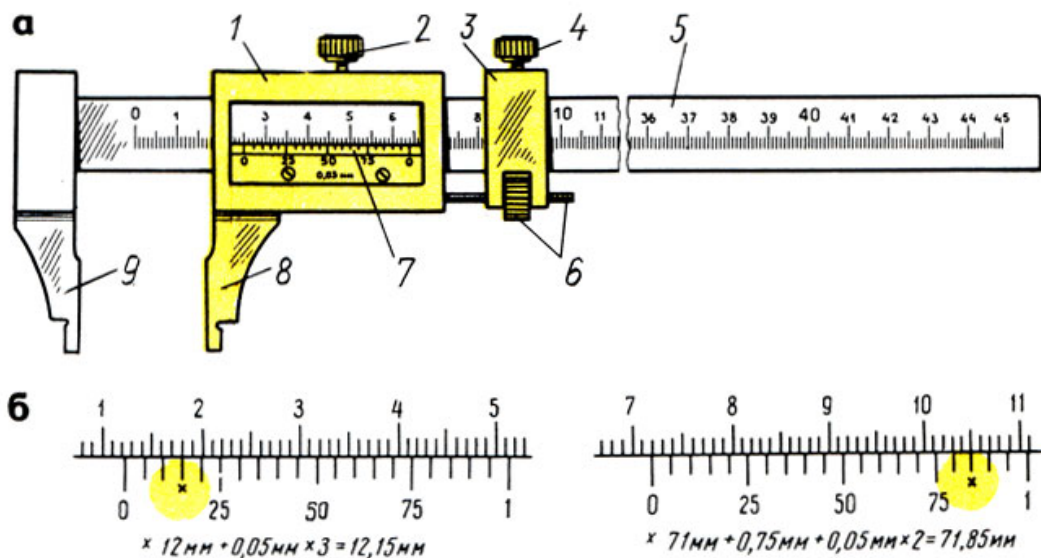


Рис. 7. Штангенциркуль ШЦ-III: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - подвижная рамка, 2 - зажим рамки, 3 - рамка микрометрической подачи, 4 - зажим рамки микрометрической подачи, 5 - штанга с делениями, 6 - микрометрическая подача, 7 - нониус, 8 - подвижная губка, 9 - неподвижная губка

Деления на штанге 4 нанесены через один миллиметр. Шкала нониуса 6 длиной 39 мм разделена на 20 равных частей. Следовательно, каждое деление нониуса равно 1,95 мм ($39 : 20 =$

1,95), т. е. короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,05 мм ($2 - 1,95 = 0,05$).

Перед измерением необходимо убедиться в совпадении нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом штанги.

Для грубых измерений рамку 3 перемещают по штанге до плотного прилегания губок 7 к поверхности измеряемой детали и после закрепления зажимом 2 производят отсчёт. Для точной установки штангенциркуля и точных измерений пользуются микрометрической подачей.

На рис. 6, б показан пример определения доли миллиметра нониуса штангенциркуля с величиной отсчета 0,05 мм. Дробная величина 0,35 мм получена в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. седьмого (крестиком указан 7-й штрих нониуса), совпадающего со штрихом штанги, не считая нулевого деления: $0,05 \text{ мм} \times 7 = 0,35 \text{ мм}$. Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т.

д., обозначающие сотые доли миллиметра.

Штангенциркуль ШЦ-Ш (рис. 7, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений. Этот штангенциркуль применяется реже.

Штангенциркуль ШЦ-Ш состоит из подвижной рамки 7, зажима 2 этой рамки, рамки микрометрической подачи 3, зажима рамки микрометрической подачи 4, штанги 5 с миллиметровыми делениями, гайки и винта микрометрической подачи 6, нониуса 7, подвижной измерительной губки 9 и неподвижной измерительной губки 9. Измерение и порядок отсчета выполняют так же, как и по штангенциркулю ШЦ-II (рис. 7, б).

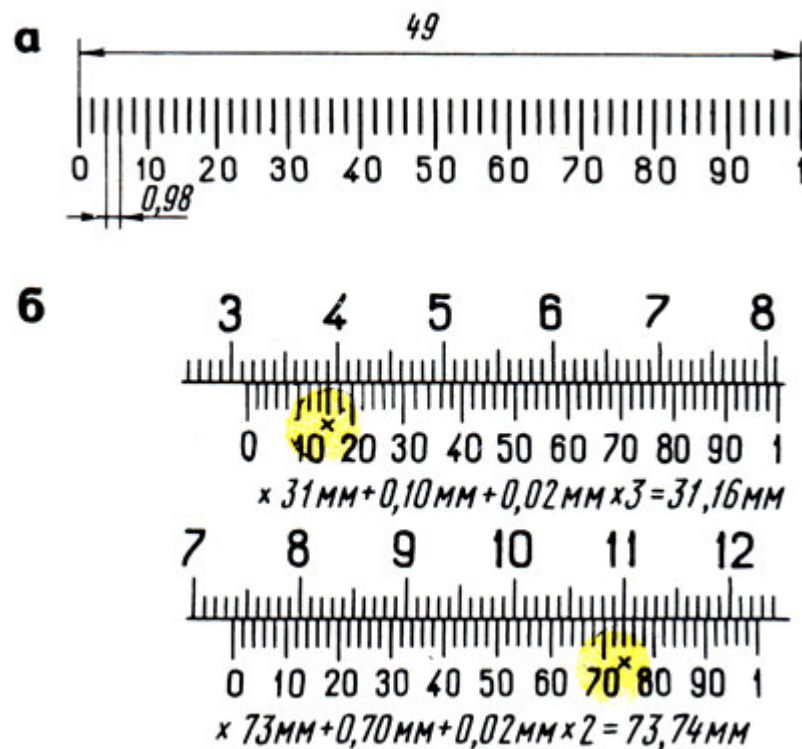


Рис. 8. Нониус штангенциркуля с величиной отсчета 0,02 мм (а), примеры отсчета (б)

Штангенциркули с величиной отсчета по нониусу 0,02 мм промышленностью не выпускаются, но на производстве еще их используют.

Нониус в этом штангенциркуле имеет длину 49 мм (рис. 8, а), разделен на 50 частей. Одно деление нониуса составляет: $49 : 50 = 0,98$ мм, что на 0,02 мм меньше миллиметра. Устройство нониуса этого штангенциркуля показано на рис. 10, а, а примеры отсчета - на рис. 8, б. При измерении штангенциркулями внутренних размеров к показаниям штангенциркуля добавляется толщина губок, указанная на них.

Штангенглубиномер служит для измерения высот, глубины глухих отверстий, канавок, пазов, выступов. Штангенглубиномеры изготовляют с пределами измерений 0 - 250 (величина отсчета по нониусу 0,05 мм) и 0 - 500 мм (величина отсчета по нониусу 0,1 мм).

Штангенглубиномер (рис. 9, а) состоит из основания 9 с рамкой 8 и нониусом 1, зажима рамки 2, штанги 5 с миллиметровыми делениями, микрометрической подачи (винт 6 и гайка 7) и зажима 3. Измерительными поверхностями штангенглубиномера служит плоское основание 9 и торец 10 штанги.

Перед измерением штангенглубиномером проверяют нулевое положение инструмента. При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой (рис. 9, в) или лекальной линейкой (рис. 9, б) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

При измерении основание 9 (рис.9, а) ставят на измеряемую поверхность (рис. 9,г) детали, от которой начинается измерение, и прижимают основание левой рукой к измеряемой поверхности, а правой рукой штангу 5 передвигают от упора в другую поверхность, до которой измеряют расстояние. В этом положении рамку 4 микрометрической подачи стопорят зажимом 3. Затем вращают гайку 7, после чего рамку 8 стопорят зажимом 2.

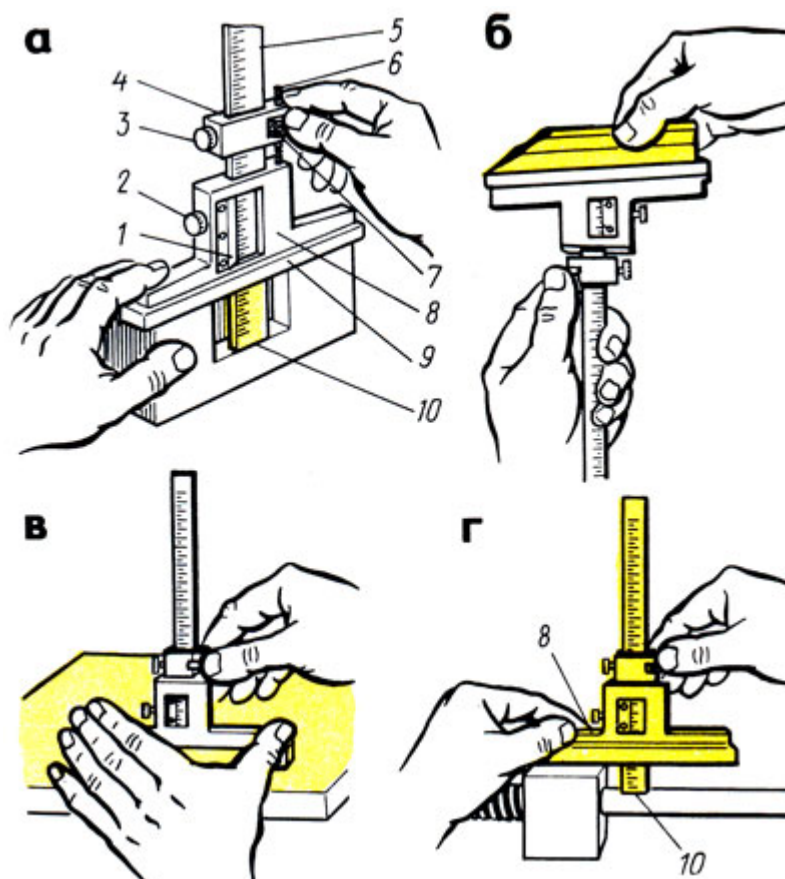


Рис. 9. Штангенглубиномер: а - устройство, б - проверка нулевого положения лекальной линейкой, в - проверка нулевого положения на плите, г - прием измерения; 1 - нониус, 2, 3 - зажимы, 4 - рамка микрометрической подачи, 5 - штанга, 6 - винт микроподачи, 7 - гайка, 8 - рамка, 9 - основание, 10 - торец штанги

Результат измерения отсчитывается так же, как и по штангенциркулю, - по основной шкале (целые миллиметры) и по нониусу 7 (дробные доли миллиметра).

В некоторых случаях для измерения труднодоступных мест применяют штанги с изогнутым концом.

Штангенрейсмасы предназначены для измерения высот от плоских поверхностей и точной разметки.

Штангенрейсмас (рис. 10, а, б) состоит из основания 9 в котором жестко закреплена штанга 8 со шкалой; рамки 7 с нониусом 5 и стопорным винтом 6; устройства для микрометрической подачи 4, включающего движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек 7 для разметки с острием и для измерения высоты, с двумя измерительными поверхностями (нижней плоской и верхней в виде острых ребер шириной не более 0,2 мм); стопорного винта 2 для закрепления ножки 1 и державки 3 на выступе рамки 7 для игл различной длины.

Для проверки нулевого отсчета перед использованием штангенрейсмас устанавливают на поверочную плиту и рамку опускают вниз до соприкосновения измерительной поверхности ножки с плитой (рис. 11, а), при этом нулевой штрих шкалы нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы. Если штангенрейсмас имеет нижние пределы измерения выше 40 мм, то проверка производится установкой под ножку плоскопараллельных плиток (рис. 11, б). При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпасть.

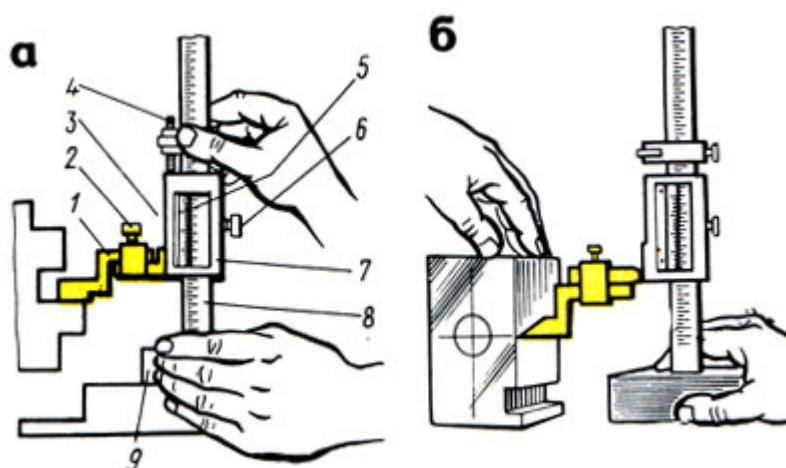


Рис. 10. Штангенрейсмас: а - прием измерения, б - прием разметки; 1 - сменные ножки для измерения, 2, 6 - стопорные винты, 3 - державка, 4 - микроподача, 5 - нониус, 7 - рамка, 8 - штанга, 9 - основание

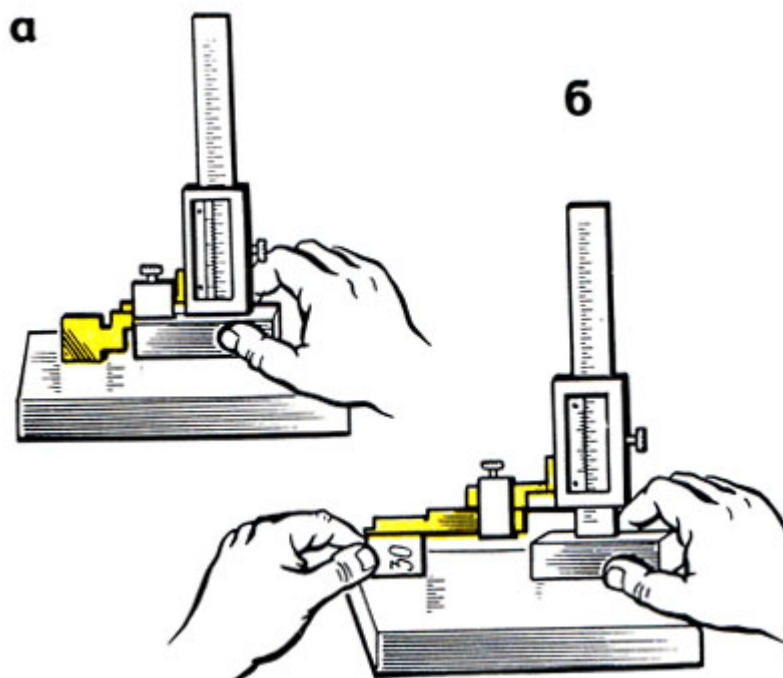


Рис. 11. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса: а - на плите, б - при помощи плоскопараллельных концевых мер длины (плиток)

При измерении (см. рис. 10, а) левой рукой прижимают основание к плите и подводят ножку к проверяемой поверхности, затем правой рукой при помощи микрометрической подачи 4 доводят измерительную ножку до соприкосновения нижней части ножки с проверяемой поверхностью. При разметке (см. рис. 10, б) правой рукой устанавливают требуемый размер (высоту), слегка прижимают левой рукой основание к плите, перемещая штангенрейсмас относительно размечаемой детали. Острием ножки наносят риски.

Показания штангенрейсмаса читают так же, как и штангенциркуля. При измерении высоты верхней измерительной плоскостью необходимо к полученному размеру прибавить высоту ножек.

Микрометрические инструменты

Микрометр - прибор для измерения линейных размеров контактным способом. Изготавливают следующие типы микрометров:

МК - микрометры гладкие для измерения наружных размеров;

МЛ - микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ - микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ - микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК выпускают с пределами: 0-5; 0-10; 0-15; 0-25; 25-50 50-75; 75-100; 100-125; 125-150; 150-175; 175-200; 200-225; 225-250 250-275; 275-300; 300-400; 400-500 500 - 600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжают установочными мерами (цилиндрические стержни, имеющие точную форму).

Микрометр (рис. 12, а) имеет скобу 1 с пяткой 2 на одном конце, втулку-стебель 5 на другом, внутрь которой ввернут микрометрический винт 3. Торцы пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями. На наружной поверхности стебля проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше ее - полумиллиметровые деления. Винт 3 жестко связан с барабаном 6, на конической части барабана нанесена шкала (нониус) с 50 делениями.

На головке микрометрического винта имеется устройство (трещотка) 7, обеспечивающее постоянное измерительное усилие. Трещотка соединена с винтом так, что при увеличении измерительного усилия свыше 900 гс она не вращает винт, а проворачивается. Для фиксирования полученного размера детали служит стопор 4. Шаг микрометрического винта 3 равен 0,5 мм (рис. 12, б). Так как на скосе барабан 6 по окружности разделен на 50 равных частей (рис. 12, в), то при повороте на одно деление барабана микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на $1/50$ шага, т. е. $0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$.

Перед измерением проверяют нулевое положение микрометра. При проверке микрометра с пределами измерения 0 - 25 мм протирают замшей измерительные плоскости пятки и микромет-

рического винта, затем медленно сводят их до соприкосновения. Для этого медленно вращают трещотку 7, пока она не начнет проворачиваться, издавая характерный треск. Медленное вращение трещотки необходимо потому, что скорость вращения винта влияет на величину измерительного усилия.

При проверке микрометров с пределами измерения 25 - 50, 50 - 75 мм и т. д. между измерительными плоскостями микрометрического винта и пятки помещают либо установочную меру 8, либо мерительную плитку, соответствующую нижнему пределу измерения, т. е. 25, 50, 75 и т. д. Измерительные плоскости сближаются так же, как и у микрометров с пределом измерения 0 - 25 мм.

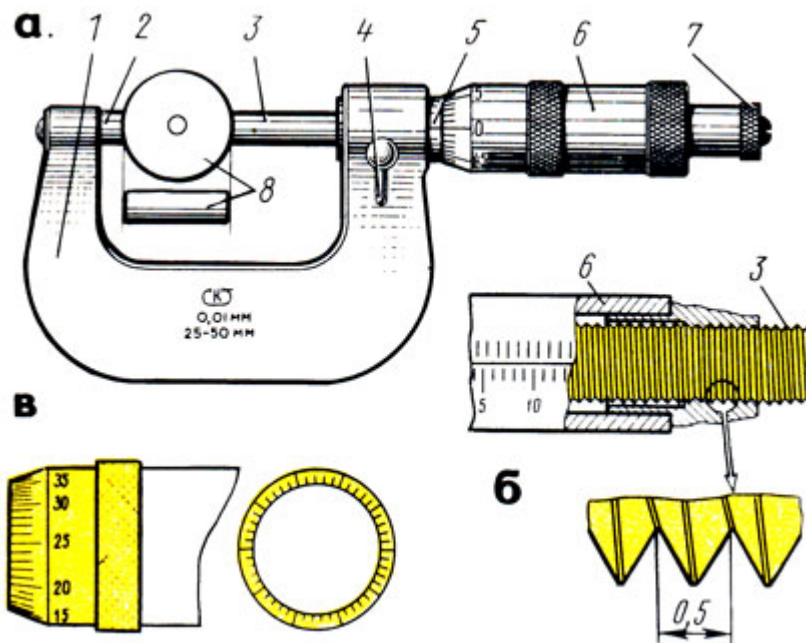


Рис. 12. Микрометр: а - устройство, б - микрометрический винт, в - барабан; 1 - скоба, 2 - пятка, 3 - винт, 4 - стопор, 5 - стемель, 6 - барабан, 7 - трещотка, 8 - установочные меры

Если при проверке окажется, что нулевое деление барабана 6 не совпадет с продольным штрихом на стемеле 5, еще раз выполняют установку на нуль в таком порядке: закрепляют микровинт стопором; разъединяют барабан с микровинтом; устанавливают барабан и закрепляют его; проверяют нулевое положение.

Перекося измерительных поверхностей микрометрического винта при зажатии стопором не должен превышать у микрометров с

пределами измерения до 100 мм - 1 мкм, а для микрометров с пределами измерения более 100 мм - 2 мкм.

Перед измерением проверяемую деталь закрепляют в тисках или в приспособлении, протирают измерительные поверхности и устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, затем микрометр (рис. 13, а, в) берут левой рукой за скобу 1, а измеряемую деталь 3 помещают между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4. Плавно вращая трещотку, прижимают торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до тех пор, пока трещотка 5 не начнет провертываться и пощелкивать. Установка микрометра на нуль показана на рис. 15, б.

При измерении диаметра цилиндрической детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 13, в).

При чтении показаний микрометра целые миллиметры отсчитывают по краю скоса барабана по нижней шкале, полу миллиметры - по числу делений верхней шкалы стебля. Сотые доли миллиметра определяют на конической части барабана по порядковому номеру (не считая нулевого) штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля.

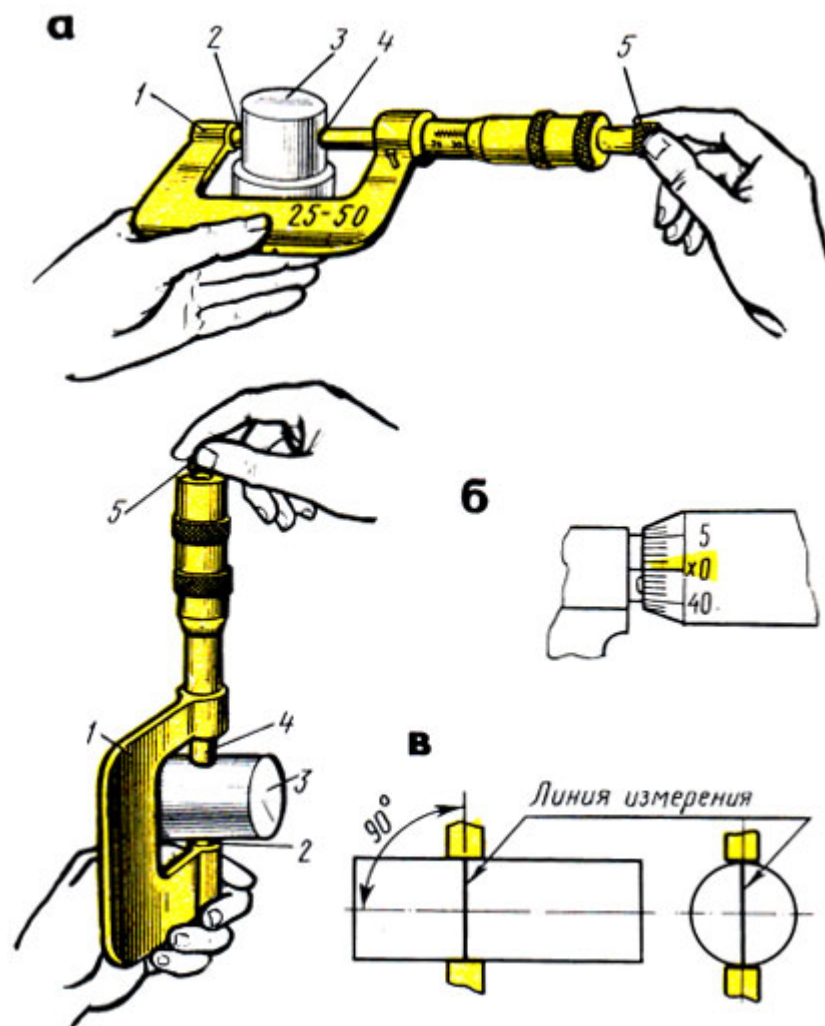


Рис. 13. Приемы использования микрометра: а - измерение деталей в вертикальном и горизонтальном положениях, б - установка микрометра на нуль, в - установка микрометра на деталь

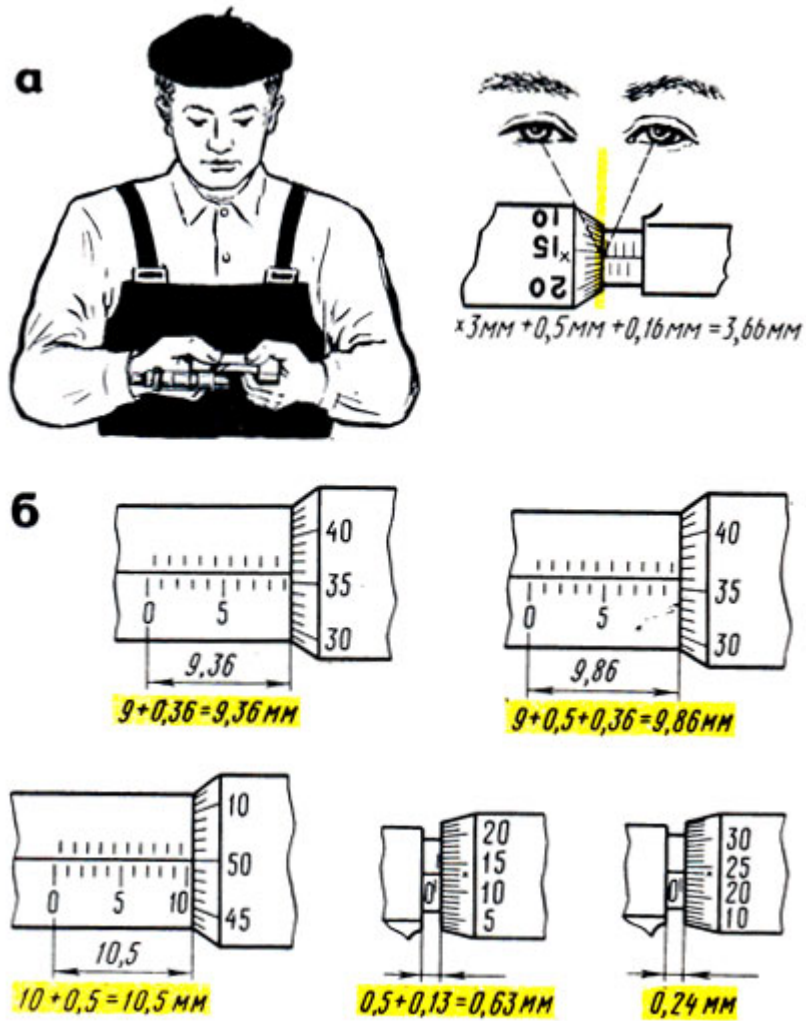


Рис. 14. Чтение показаний микрометра: а - положение глаз, б - примеры отсчета

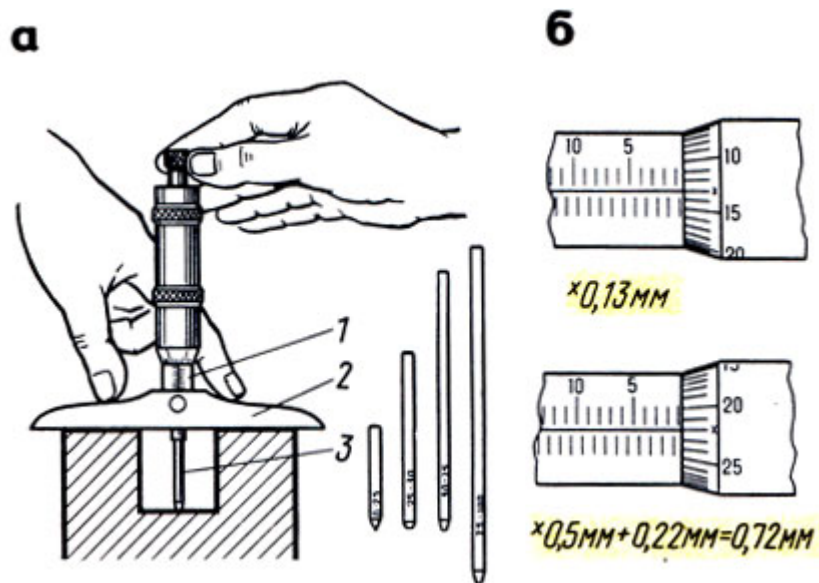


Рис. 15. Микрометрический глубиномер: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - стержень, 2 - основание, 3 - сменные стержни

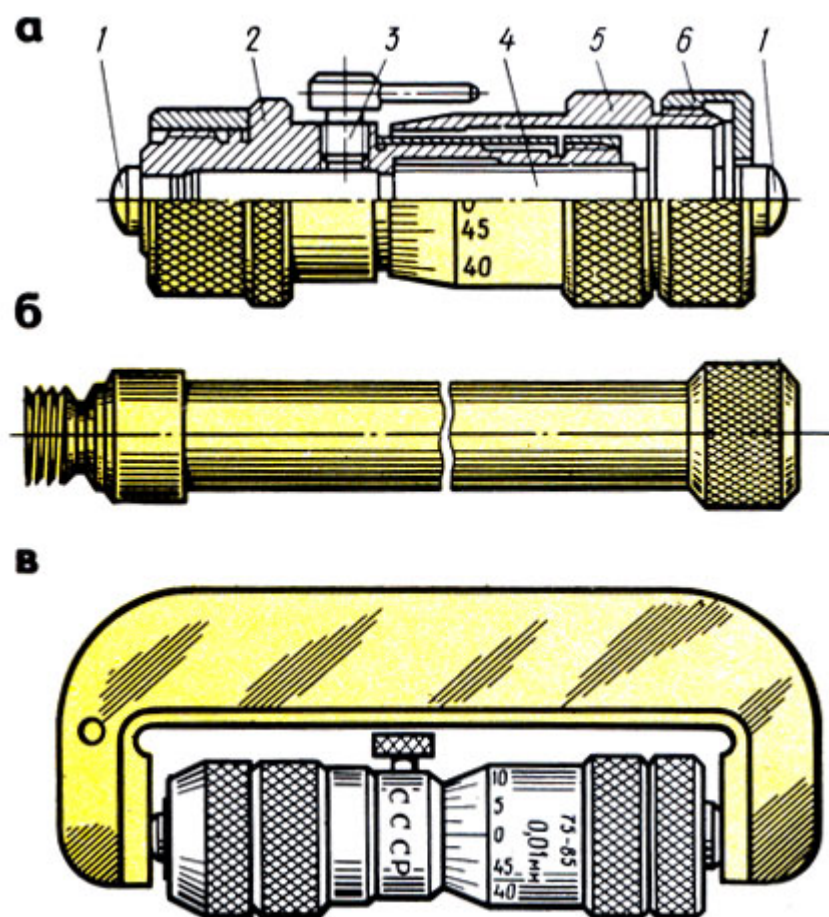


Рис. 16. Микрометрический нутромер (штихмасс): а - устройство, б - удлинительный стержень, в - проверка нулевого положения; 1 - измерительные поверхности, 2 - стебель, 3 - стопор, 4 - микрометрический винт, 5 - барабан, 6 - гайка

При чтении показаний микрометр держат прямо перед глазами (рис. 14, а). Примеры отсчета показаны на рис. 14, б.

Микрометрический глубиномер с точностью измерения 0,01 мм (рис. 15, а) применяют для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 мм. Глубиномеры изготавливают со сменными измерительными стержнями для измерений в пределах 0 - 25; 25 - 50; 50 - 75 и 75 - 100 мм. Изменение пределов измерения достигается присоединением сменных стержней. Шаг резьбы микрометрического винта 1 (стебель) - 0,5 мм. Изменение пределов измерений достигается присоединением сменных измерительных стержней 3.

Перед измерением проверяют нулевое положение глубиномера. При измерении левой рукой прижимают основание 2 глубиномера к верхней поверхности детали, а правой при помощи трещотки в конце хода доводят измерительный стержень до соприкосновения с другой

поверхностью детали. Затем стопорят микрометрический винт и читают размер.

При чтении показаний надо иметь в виду, что при ввинчивании микрометрического винта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане - по часовой стрелке (рис. 15, б).

Микрометрический нутромер (штихмасс) с ценой деления 0,01 мм (рис. 16, а) предназначен для измерения внутренних размеров от 50 до 10 000 мм. Микрометрические нутромеры изготавливают с пределами измерений: 50-75; 75-175; 75-600; 150 - 1250; 800-2500; 1250-4000; 2500-6000; 4000-10 000 мм. Нутромеры с пределами измерений 1250 - 4000 мм и более поставляют с двумя головками: микрометрической и микрометрической с индикатором.

Шаг резьбы микрометрической винтовой пары нутромера равен 0,5 мм. Микрометрический нутромер имеет стембель 2 (рис. 16, а), в отверстие которого вставлен микрометрический винт 4. Концы стебля и микрометрический винт имеют сферические измерительные поверхности 1.

На винт насажен барабан 5 с установочной гайкой 6. В установленном положении микровинт закрепляют стопором 3.

Для измерения отверстий размером более 63 мм используют удлинительные стержни (рис. 16, б) с размерами: 25; 50; 100; 150; 200 и 600 мм. Без удлинителей можно измерять размеры от 50 до 63 мм. Перед навинчиванием удлинителя со стебля свинчивают гайку 6, после присоединения удлинителя ее навинчивают на резьбовой конец последнего стержня.

Перед измерением микрометрическую головку устанавливают по установочной мере (скобе) на исходный размер, проверяют нулевое положение, затем выбирают наименьшее количество соответствующих удлинителей.

Измерение нутромером отверстий производят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам.левой рукой прижимают измерительный наконечник к одной поверхности, а правой рукой вращают барабан до легкого соприкосновения с другой

поверхностью (рис. 17,а,б). Отыскав наибольший размер, стопорят микровинт и читают размер.

Правильное положение микрометрического нутромера находят покачиванием головки нутромера при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

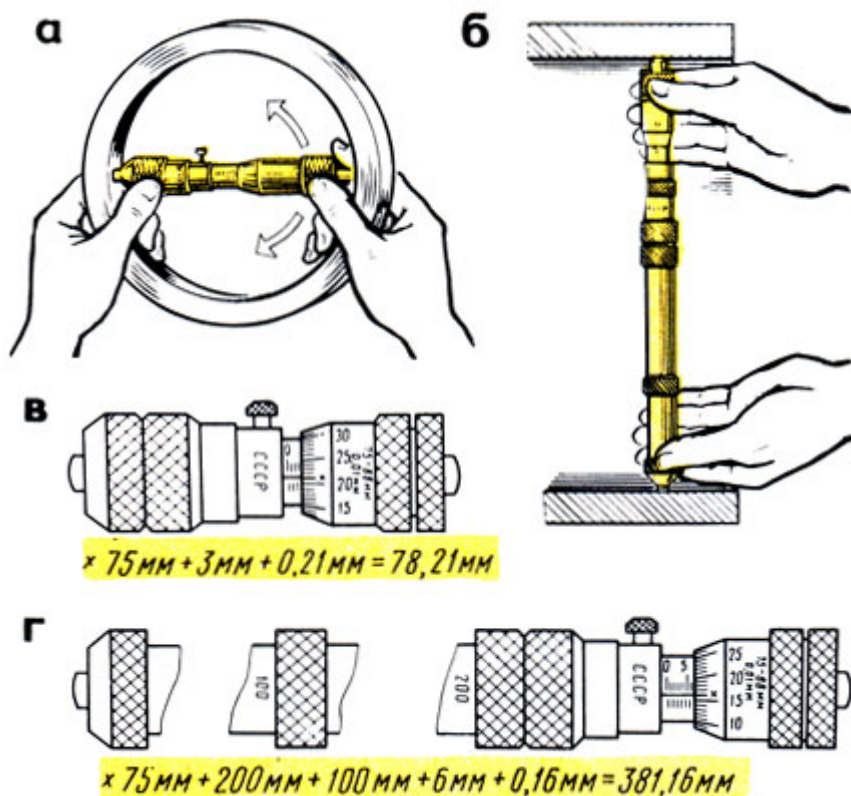


Рис. 17. Приемы измерения: а - цилиндрических отверстий, без применения и с применением удлинителей, б - параллельности деталей, в, г - примеры отсчета

Для отсчета показаний на стебле нутромера имеется шкала длиной 13 мм с полу миллиметровыми и миллиметровыми делениями. Вторая шкала нанесена на конической части барабана, она имеет 50 делений по окружности. По этой шкале и отсчитывают сотые доли миллиметра.

Показания микрометрического нутромера читают так: к предельному размеру микрометрической головки (75 мм) прибавляют показания на стебле (в данном случае 3 мм), а затем показания на скосе барабана (0,21 мм). Следовательно, показание будет $75\text{ мм} + 3\text{ мм} + 0,21\text{ мм} = 78,21\text{ мм}$ (рис. 17, в).

При чтении показаний с удлинителями к показанию микрометрической головки прибавляют длину удлинителей,

например: к микрометрической головке присоединены удлинители 200 и 100 мм. Показание (рис. 17,г) будет:

$$75 \text{ мм} + 200 \text{ мм} + 100 \text{ мм} + 6 \text{ мм} + 0,16 \text{ мм} = 381,16 \text{ мм.}$$

Рычажно-механические приборы

Принцип действия рычажно-механических приборов (инструментов) основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные и удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале.

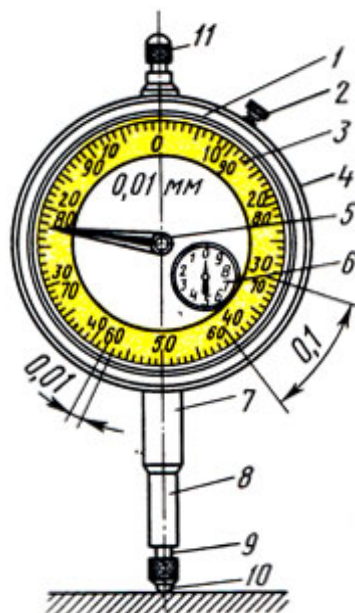


Рис. 18. Индикатор часового типа: 1 - корпус, 2 - стопор, 3 - циферблат, 4 - ободок, 5 - стрелка, 6 - указатель, 7 - гильза, 8 - измерительный стержень, 9 - наконечник, 10 - рабочий конец, 11 - головка

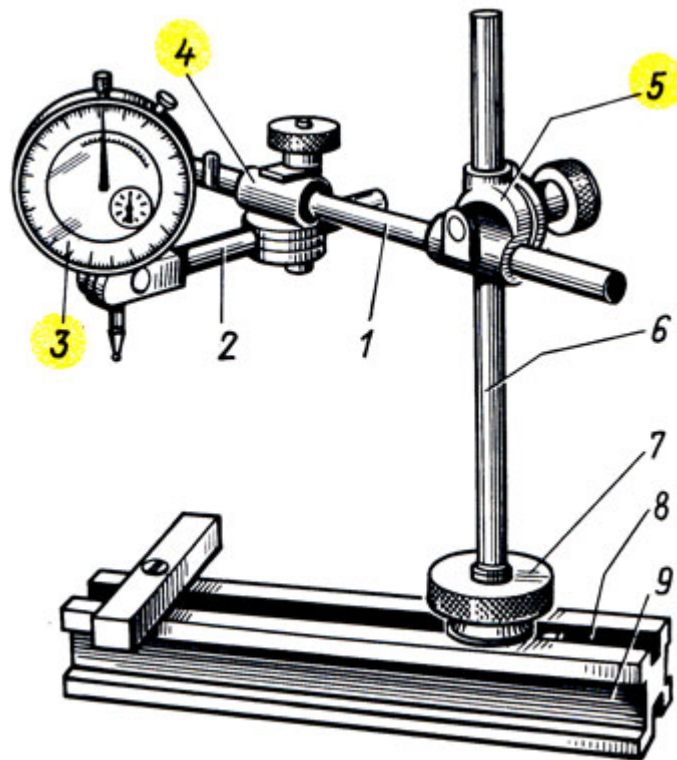


Рис. 19. Универсальная индикаторная стойка: 1,2 - стержни, 3 - индикатор, 4,5 - муфты, 6 - вертикальный стержень, 7 - гайка, 8 - паз, 9 - призма

Индикаторы предназначены для относительного, или сравнительного, измерения и проверки отклонений от формы, размеров, а также взаимного расположения поверхностей детали. Этими инструментами проверяют горизонтальность и вертикальность положения поверхностей отдельных деталей (столов, станков и т. п.), а также овальность, конусность валов, цилиндров и др. Кроме того, индикаторами проверяют биение зубчатых колес, шкивов, шпинделей и других вращающихся деталей (рис. 18).

Индикаторы бывают часового и рычажного типов; шире применяют индикаторы часового типа, которые в сочетании с нутромерами, глубиномерами и другими инструментами используются для измерения внутренних и наружных размеров, параллельности, плоскостности и т. д.

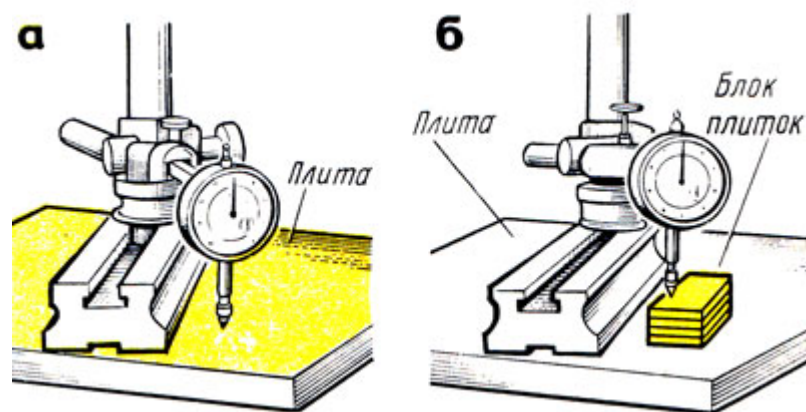


Рис. 20. Установка индикатора в начальное положение: а - соприкосновением с поверхностью стола (плиты), б - с поверхностью установочной меры

Конструкцию индикатора часового типа с зубчатой передачей с ценой деления 0,01 мм изготавливают двух типов: ИЧ - с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; ИТ - торцовые с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Индикаторы типа ИЧ изготавливают следующих типоразмеров: с пределами измерений 0 - 2, 0 - 5 и 0 - 10 мм.

Индикаторы типа ИТ изготавливают с пределами измерений 0 - 2 мм.

Широко применяемый индикатор ИЧ (часового) типа (рис. 18) имеет металлический корпус 1 в форме часов, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень В с выступающим наружу наконечником 9, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и при этом повернет стрелку 5, которая передвинется по циферблату, имеющему шкалу в 100 делений, каждое из которых соответствует перемещению стержня на 1/100 мм. При перемещении стержня на 1 мм стрелка 5 сделает по циферблату полный оборот. Для отсчета целых оборотов служит стрелка указателя 6.

При измерениях индикатор должен быть закреплен жестко относительно исходной измеряемой поверхности.

На рис. 19 изображена универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор 3 при помощи стержней 1 и 2, муфт 4 и 5 закрепляется на вертикальном стержне 6, укрепленном в пазу 8

призмы 9 гайкой 7 с накаткой. При помощи муфт индикатор может быть установлен в любом положении и под разными углами.

При абсолютном (рис. 20, а) или относительном (рис. 20, б) измерении показание индикатора приводят в некоторое начальное положение. При измерении относительным методом закрепленный на стойке индикатор настраивают по блоку плоскопараллельных концевых мер. Для этого измерительный наконечник 9 (см. рис.18) со съемным шариком 10 (он имеет форму проверяемой поверхности) приводят в соприкосновение с поверхностью стола - плиты (см. рис. 20, а) или установочной меры (см. рис. 20, б). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала один-два оборота. Таким образом, стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения установочной меры. Стрелка при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты ведут от этого показания стрелки, как от начального. Для облегчения отсчетов индикатор устанавливают на нуль поворотом циферблата 3 (см. рис. 18) за рифленый ободок 4 или поворотом головки 11 (при неподвижном циферблате). Установку ободка относительно стрелки фиксируют стопором 2.

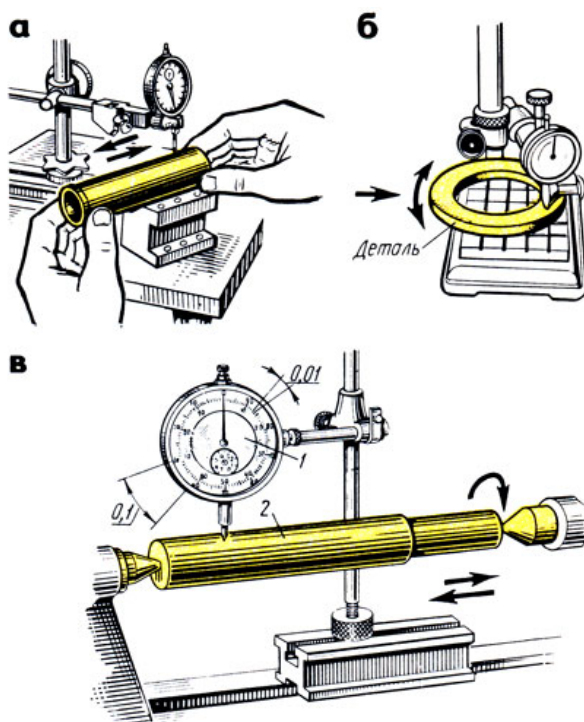


Рис. 21. Приемы проверки индикатором: а, б - перемещением деталей, в - в центрах; 1 - индикатор, 2 - деталь

Для измерения отклонения от заданного размера к детали подводят наконечник индикатора до соприкосновения с измеряемой поверхностью и замечают начальное показание стрелки 5 и указателя 6 на циферблате. Затем перемещают индикатор относительно измеряемой поверхности или измеряемую поверхность относительно индикатора (рис. 21,а,б).

Отклонение стрелки 5 (см. рис. 18) от начального положения покажет величину отклонения в сотых долях миллиметра, а отклонение стрелки указателя 6 - в целых миллиметрах. Для более точной проверки деталь 2 устанавливают в центрах (рис. 21,в) или других приспособлениях.

Индикаторные нутромеры предназначены для внутренних измерений деталей.

Индикаторный нутромер (рис. 22,а) имеет корпус 4, в который вставлена направляющая втулка 2. С одной стороны втулки помещен неподвижный измерительный стержень 7, а с другой - подвижный измерительный стержень 3.

В процессе измерения стержень 3 перемещается и его движение через толкатель 5 передается установленному в трубку 7 вертикальному штоку 6, к которому прижимается наконечник 8 индикатора 9. Прибор снабжается комплектом сменных неподвижных стержней 10.

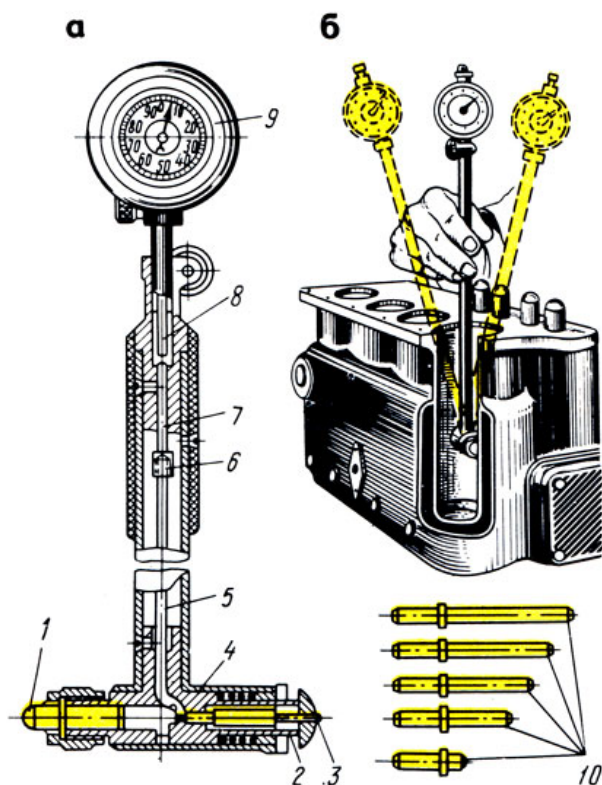


Рис. 22. Индикаторный нутромер: а - устройстве, б - прием измерения; 1,3 - измерительные стержни, 2 - направляющая втулка, 4 - корпус, 5 - толкатель, 6 - шток, 7 - трубка, 8 - наконечник, 9 - индикатор, 10 - сменные стержни

При измерении в зависимости от размера проверяемой детали нутромер ориентировочно настраивают по микрометру, блоку плоскопараллельных концевых мер или установочному кольцу, устанавливая показание на нуль.

Настроенный нутромер правой рукой берут за трубку, вводят в измеряемое отверстие и небольшим покачиванием (рис. 22,б) определяют отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Допустим, что нутромер был настроен на размер 68 мм (рис. 23,а). Положительные отклонения (0,06), полученные при прямом ходе, отнимают (рис. 23,а), а отрицательные (0,17) - прибавляют (рис. 23,б).

Индикаторные глубиномеры с ценой деления 0,01 мм (рис. 24,а) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. д. Они снабжены набором измерительных стержней.

Измерительные стержни выбирают в зависимости от проверяемого размера и устанавливают в глубиномере. Затем устанавливают индикаторный глубиномер на нуль вращением ободка до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом

циферблата. При измерении левой рукой слегка нажимают основание 1 (рис. 24,б) глубиномера, а правой рукой опускают измерительный стержень 4 и после его прикосновения ко дну проверяемой детали определяют отклонение. Отсчет производят так же, как у индикаторных нутромеров: положительное отклонение, полученное при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка глубиномера, а отрицательное - прибавляют.

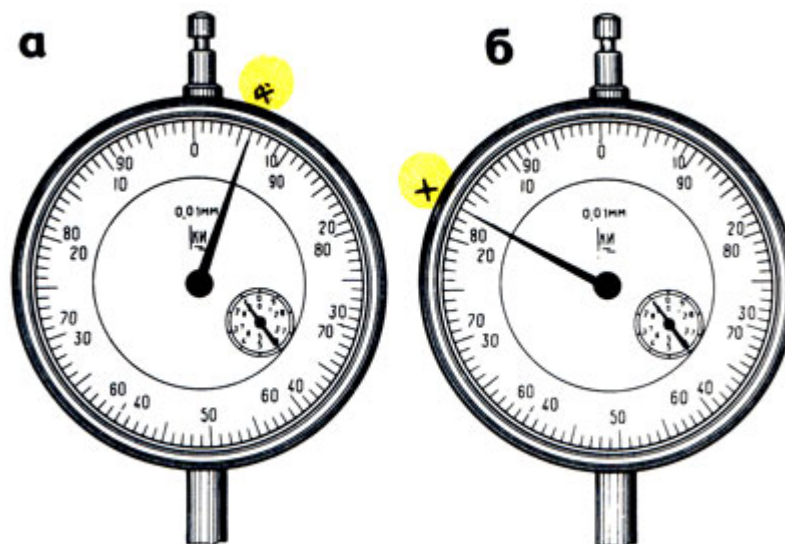


Рис. 23. Примеры отсчета на индикаторном нутромере: а - положительное отклонение, б - отрицательное отклонение

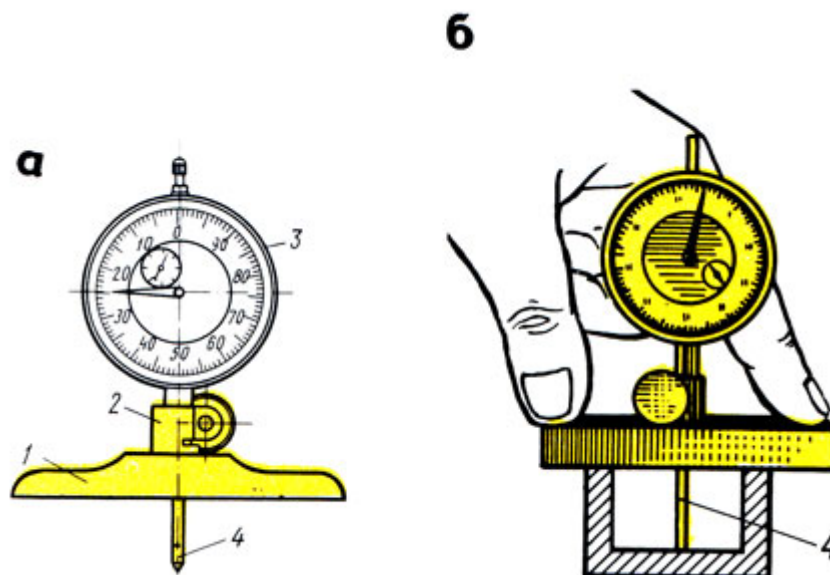


Рис. 24. Индикаторный глубиномер: а - устройство, б - прием проверки; 1 - основание, 2 - державка, 3 - индикатор, 4 - измерительный стержень

. Инструменты для измерения углов

Для измерения наружных и внутренних углов в слесарном деле применяют угольники, угломеры и угломерные плитки.

Угольники поверочные изготавливают следующих типов: УЛ - лекальные плитки (рис. 25,а), УЛП - лекальные плоские (рис. 25,б), УЛШ - лекальные с широким основанием (рис. 394,а), УЛЦ - лекальные цилиндрические (рис. 25,г), УП - слесарные плоские (рис. 25,д), УШ - слесарные с широким основанием (рис. 25,е).

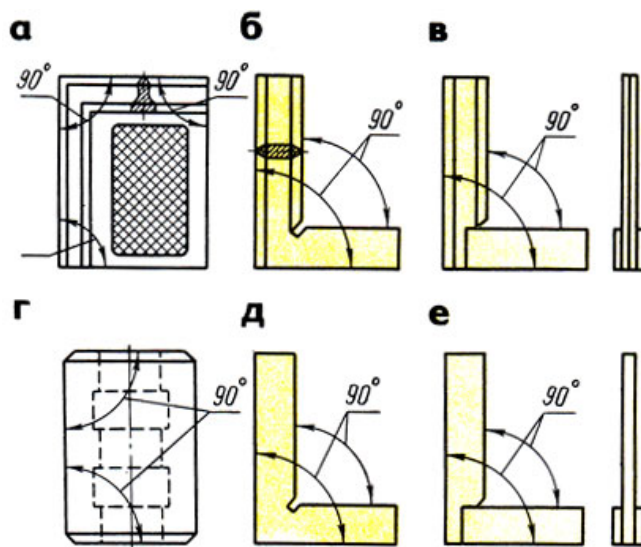


Рис. 25. Угольники: а - УЛ - лекальные плитки, б - УЛП - лекальные плоские, в - УЛШ - лекальные с широким основанием, г - УЛЦ - лекальные цилиндрические, д - УП - слесарные плоские, е - УШ - слесарные с широким основанием

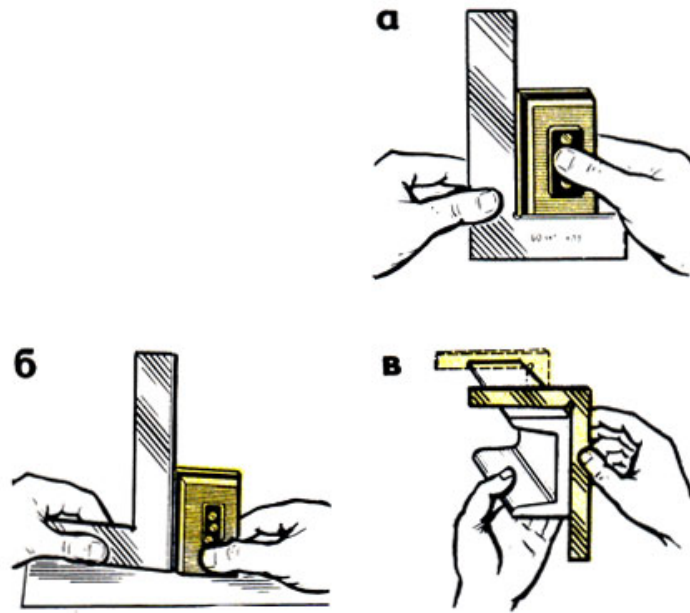


Рис. 26. Проверка углов: а - внутренней части угольника, б - наружной части, в - проверка в нескольких местах

Угольники с широким основанием (аншлажные) отличаются тем, что короткое их основание толще длинной полки. Таким угольником удобно определять отклонения в углах проверяемого изделия способом световой щели (на просвет) при установке изделия на поверочной плите.

Угольники цилиндрические применяют для этой же цели!

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью (рис. 26,а), а для проверки внутреннего угла - наружной частью (рис. 26,б). Наложив и слегка прижимая угольник, совмещают другую сторону угольника с проверяемой стороной детали и по просвету (иногда щупом) судят о точности прямого угла. Измерение производится в нескольких местах (рис. 26, в).

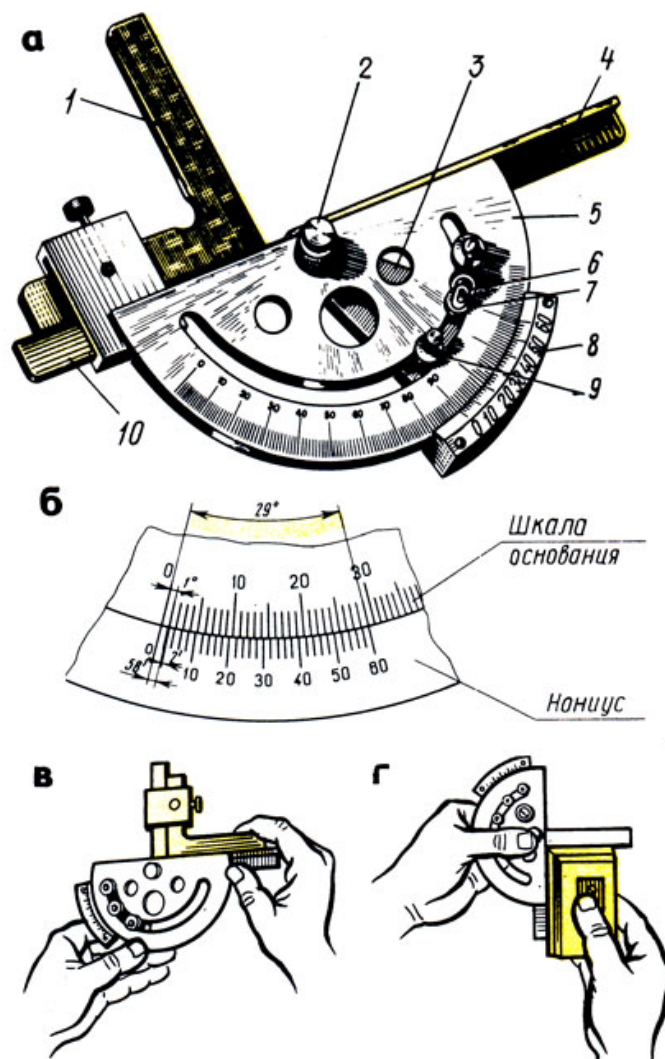


Рис. 27. Угломер УМ и его проверка : а - общий вид, б - устройство нониуса; проверка нулевого положения угломера; в - соединением измерительных поверхностей, г - лекальным угольником; 1 - угольник, 2 - ось, 3 - сектор, 4 - линейка съемная, 5 - основание (полудиск) с градуированной шкалой, 6 - микрометрическая подача, 7 - гайка, 8 - нониус, 9 - стопор, 10 - линейка подвижная

Угломеры предназначены для измерения углов. Изготавливают следующих типов:

УН - для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°, УМ - для измерения наружных углов от 0 до 180°.

Угломер типа УМ (рис. 27,а) с величиной отсчета по шкале нониуса 2' (2 угловых минуты) предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание (полудиск) 5 со шкалой угловых градусов, соединенное со съемной

линейкой 4 и подвижной линейкой 10, вращающейся на оси 2 вместе с сектором 3. Точность установки подвижной линейки 10 осуществляется при помощи микрометрической подачи 6 вращением гайки 7 и фиксированием стопором 9.

На секторе 3 закреплен лимб нониуса В, на лимбе сектора - шкала угловых минут. Угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный 29° , разделен на 30 частей (рис. 27,б). Угол между соседними штрихами нониуса $60 \times 29:30 = 58$, т. е. на $2'$ меньше 1° .

Перед применением угломер протирают и проверяют нулевое положение: нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать.

При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета. Это проверяется соединением измерительных поверхностей (рис. 27,в) или при помощи лекального угольника (рис. 27,г).

При измерении угломер накладывают на проверяемую деталь так, чтобы линейки 4 и 10 были совмещены со сторонами измеряемого угла. Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. После этого (если нет просвета) фиксируют положение стопором и читают показание. Целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса.

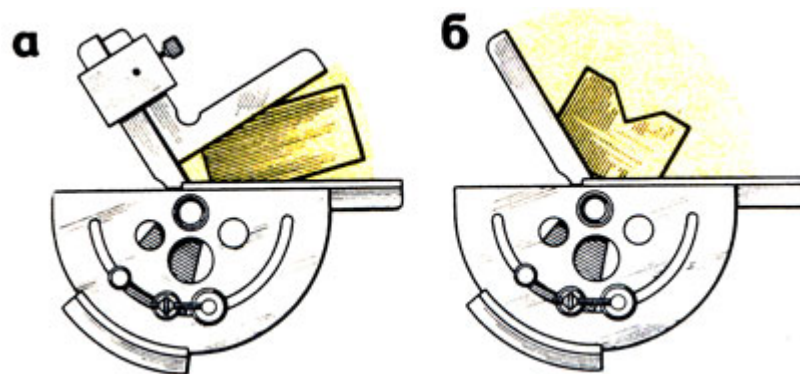


Рис. 28. Измерение углов: а - от 0° до 90° , б - от 90° до 180°

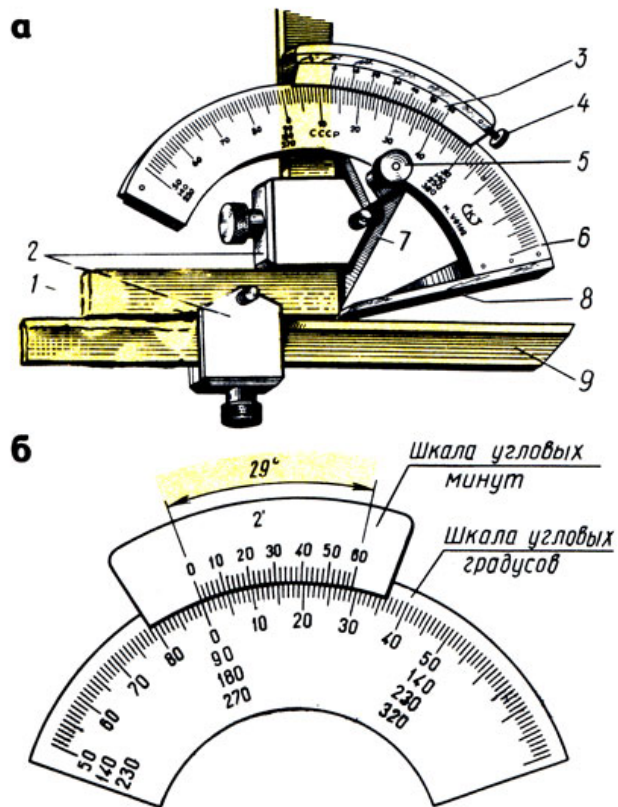


Рис. 29. Угломер УН: а - общий вид, б - устройство шкалы нониуса; 1 - угольник, 2 - державки, 3 - нониус, 4 - винт нониуса, 5 - стопор, 6 - основание, 7 - сектор, 8 - линейка основания, 9 - линейка съемная

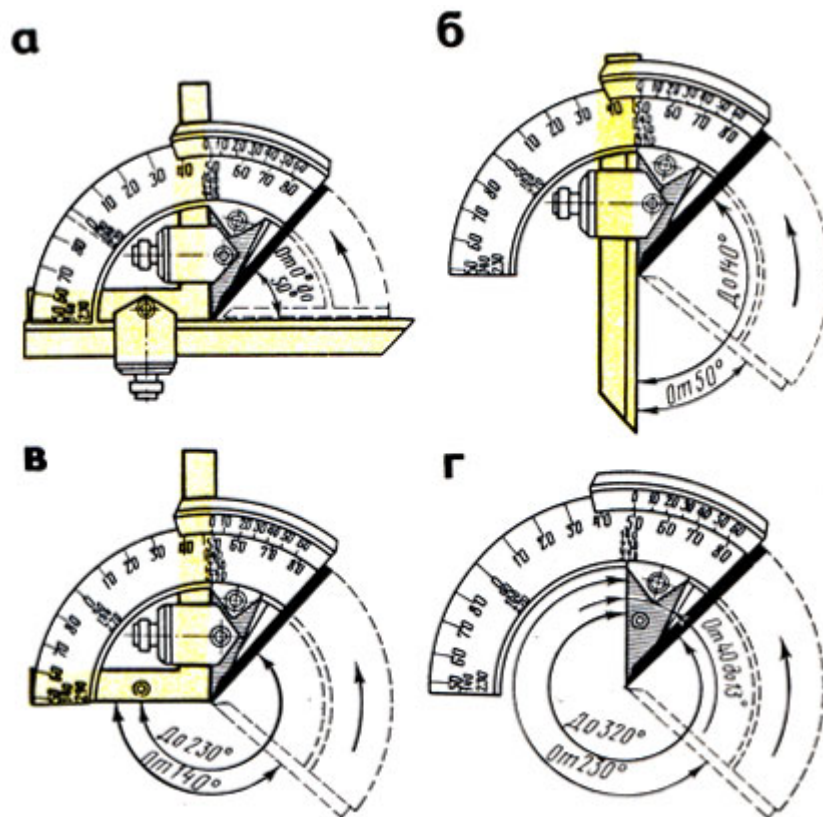


Рис. 30. Установка угломера для измерения углов: а - от 0 до 50°, б - от 50 до 140°, в - от 140 до 230°, г - от 230 до 320°

После этого находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса. При чтении угломер держат прямо перед глазами. Например, нулевой штрих нониуса прошел 34-е деление шкалы основания, но не дошел до 35-го, при этом со штрихом основной шкалы совпадает 20-й (не считая нулевого) штрих шкалы нониуса. Следовательно, измеряемый угол составляет $34 + 20 \times 2 = 34^\circ 40'$.

Для измерения углов от 0 до 90° угломер соединяют с угольником (рис. 28,а), а для измерения углов от 90 до 180° угломер применяют без угольника (рис. 28,б) и к его показаниям прибавляют 90° .

Угломер типа УН с величиной отсчета по нониусу 2 или 5' (угловых минут, рис. 29,в,б) конструкции Семенова, выпускаемый заводом "Калибр", является наиболее удобным для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180° . Угломер имеет полукруглое основание 6, на котором закреплена линейка 8 основания. Сектор 7 с нониусом 3 перемещается по основанию 6 и после установки закрепляется стопором 5. Микрометрическая подача нониуса осуществляется вращением микрометрического винта 4. К сектору 7 при помощи державок 2 крепится угольник 1, а к нему присоединяется съемная линейка 9.

У угломера типа УН, так же как и угломера УМ, угол между крайними штрихами нониуса равен 29° и разделен на 30 частей, но он в отличие от угломера УМ построен на дуге большего радиуса, следовательно, расстояние между штрихами больше, что облегчает чтение показаний (рис. 29,б). На дуге нанесена основная шкала для отсчета целых градусов, которая построена несколько иначе, чем у угломера УМ. Слева направо на шкале нанесены сначала деления от 50 до 90° , затем от 0 до 50° . Ниже расположены цифры, позволяющие по этой шкале производить отсчеты от 140 до 230° , а еще ниже - от 230 до 320° .

Если на угломере установлены угольник и линейка (рис. 30,а), то можно измерять углы от 0 до 50° . Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от 50 до 140°

(рис. 30,б), если убрать линейку и оставить только угольник (рис. 30,в), можно измерять углы от 140 до 230°. При отсутствии линейки и угольника (рис. 30,г) можно измерять углы от 230 до 320°.

Точность отсчета, полученного при измерении угловых величин или при установке заданного угла, проверяют по градусной шкале и нониусу. По шкале градусов, размещенной на дуге основания, определяют, на каком целом делении (или между ними) остановилось нулевое деление нониуса, которое соответствует числу целых градусов угловой величины. По шкале нониуса определяют, какое из его делений совпало с делением шкалы градусов, по цифрам нониуса определяют число минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макиенко Н.И., Общий курс слесарного дела: Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Высш.шк., 1984. – 176 с., ил. – (Профтехобразование).
2. Слесарное дело: иллюстрированное учеб.пособие / сост. Б.С. Покровский, В.А. Скакун. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 30 плакатов.

СОДЕРЖАНИЕ

Средства измерений и контроля.....	3
Штангенинструменты.....	5
Микрометрические инструменты.....	14
Рычажно-механические приборы.....	22
Инструменты для измерения углов.....	29
Литература.....	36

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Новикова Н.А.

Учебно-методическое пособие для студентов СПО специальности
*20.02.01 Рациональное использование природохозяйственных
комплексов*

Екатеринбург

2021

Средства измерения и контроля

Классификация средств измерения и контроля

Средства измерения и контроля, применяемые в машиностроении, классифицируются по различным признакам: по типу и виду контролируемых физических величин; назначению — универсальные и специальные; числу проверяемых параметров при одной установке объекта измерения — одномерные и многомерные; степени механизации и автоматизации процесса измерений — ручного действия, механизированные, полуавтоматические, автоматические.

Классификация средств измерения и контроля по типу контролируемых физических величин представлена на рис.1, а по виду контролируемых физических величин — на рис. 2.



Рис. 1 Классификация средств измерения и контроля по типу физических величин



Рис. 2. Классификация средств измерения и контроля по виду измеряемых

Универсальные измерительные инструменты и приборы нашли широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для определения численных величин и отклонений, отклонений от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (при отсутствии специальных приспособлений), при наладке станков, при особо ответственных измерениях во всех видах производств, включая массовое и крупносерийное.

Все средства измерения и контроля, применяемые для измерения линейных величин, можно разделить на контрольно-измерительные инструменты и измерительные приборы.

К первой группе относят:

- инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности;
- плоскопараллельные концевые меры длины (плитки);
- штриховые инструменты, воспроизводящие любое кратное или дробное значение единицы измерения в пределах шкалы (штанген инструменты, угломеры с нониусом);
- микрометрические инструменты, основанные на действии винтовой пары (микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры).

К группе измерительных приборов (вторая группа) относят:

- рычажно-механические (индикаторы, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, миниметры);

- оптико-механические (оптиметры, инструментальные микроскопы, проекторы, интерферометры);
- электрические (профилометры и др.). Указанные выше измерительные средства являются точным, дорогостоящим инструментом, поэтому при пользовании им и хранении необходимо соблюдать правила, изложенные в соответствующих инструкциях.

Штангенинструменты

Штангенинструменты являются распространенными в машиностроении видами измерительного инструмента. Их применяют для измерения наружных и внутренних диаметров, длин, толщин, глубин и т. д.

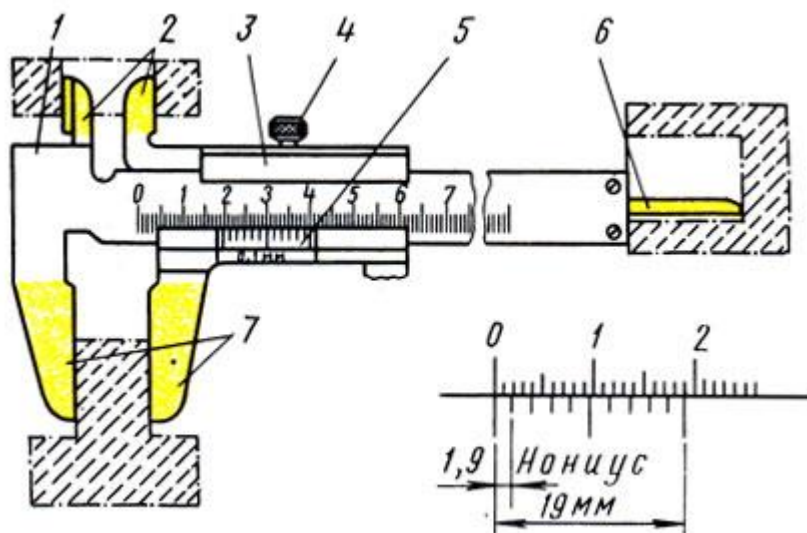


Рис. 3. Штангенциркуль ШЦ-I: 1 - штанга, 2,7 - губки, 3 - подвижная рамка, 4 - зажим, 5 - шкала нониуса, 6 - линейка глубиномера

Штангенциркули применяют трех типов: ШЦ-I, ШЦ-II и ШЦ-III. Штангенциркули изготовляют с пределами измерений 0-125 мм (ШЦ-I); 0-160 (ШЦ-II); 0 - 400 (ШЦ-III) и с величиной отсчета 0,1 мм (ШЦ-I); 0,05 (ШЦ-II и ШЦ-III).

Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 3) применяют для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с величиной отсчета по нониусу 0,1 мм. Штангенциркуль имеет штангу 1, на которой нанесена шкала с основными миллиметровыми делениями. На одном конце этой штанги имеются измерительные губки 2 и 7, а на другом конце линейка 6 для измерения глубин. По штанге перемещается подвижная рамка 3 с губками.

Рамку в процессе измерения закрепляют на штанге зажимом 4. Нижние губки 7 служат для измерения наружных размеров, а верхние 2 - для внутренних размеров. На скошенной грани рамки 3 нанесена шкала 5 с дробными делениями, называемая нониусом. Нониус предназначен для определения дробной величины цены деления штанги, т. е. для определения доли миллиметра. Шкала нониуса длиной 19 мм разделена на 10 равных частей; следовательно, каждое деление нониуса равно $19 : 10 = 1,9$ мм, т. е. оно короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкалу штанги, на 0,1 мм ($2,0 - 1,9 = 0,1$). При сомкнутых губках начальное деление нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штангенциркуля, а последний - 10-й штрих нониуса - с 19-м штрихом шкалы.

При измерении губки 7 должны прилегать друг к другу без просветов. Перед измерением при сомкнутых губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать. При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,012 мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги. При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 4, а). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

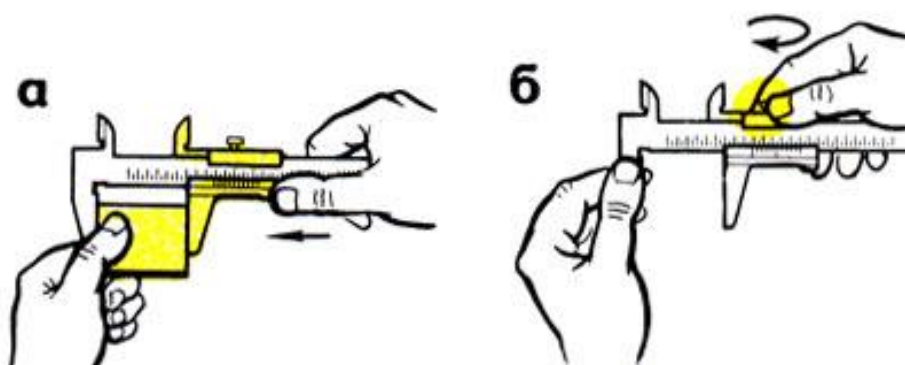


Рис. 4. Приемы измерения: а - установка инструмента на деталь, б - закрепление рамки

Рамку закрепляют зажимом большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги

(рис. 4, б). При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами (рис. 5, а). Целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги. Примеры отсчета показаны на рис. 5 б.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 6, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки. Это инструмент высокой точности. Верхние губки штангенциркуля заострены и используются для разметочных работ.

Для точной установки подвижной рамки относительно штанги штангенциркуль снабжен микрометрической подачей (винт и гайка).

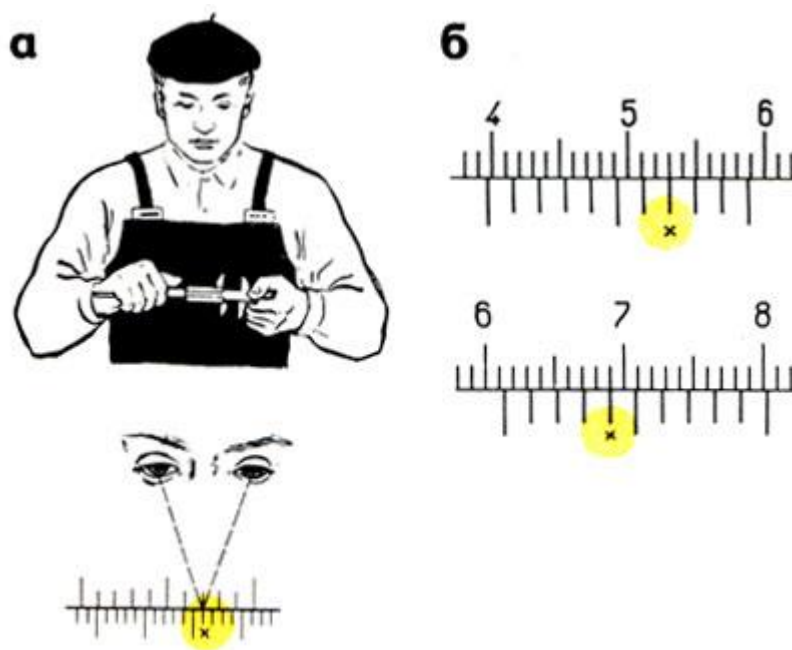


Рис. 5. Чтение показаний штангенциркуля: а - положение глаз, б - примеры отсчета размера: $39 + 0,1 \times 7 = 39,7$; $61 + 0,1 \times 4 = 61,4$

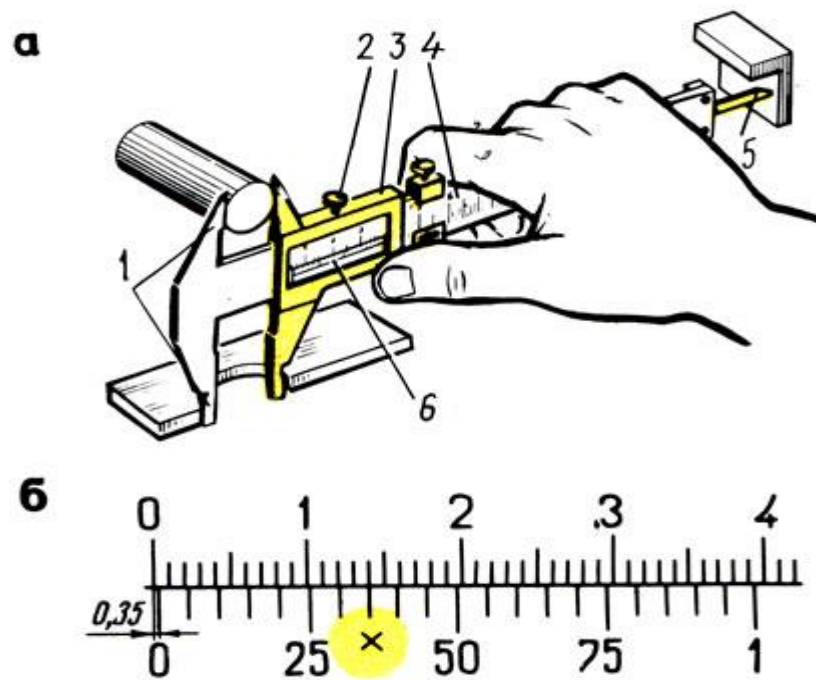


Рис. 6. Штангенциркуль ШЦ-11: а - устройство, б - пример отсчета, 1 - губки, 2 - зажимы, 3 - рамка, 4 - штанга ($0,05 \times 7 = 0,35$); 5 - глубиномер, 6 - шкала нониуса

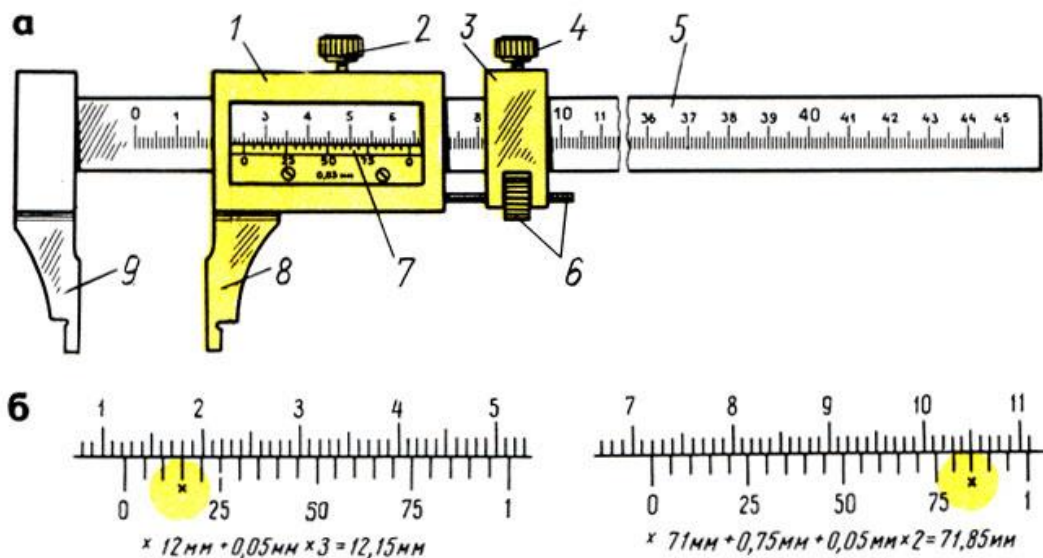


Рис. 7. Штангенциркуль ШЦ-III: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - подвижная рамка, 2 - зажим рамки, 3 - рамка микрометрической подачи, 4 - зажим рамки микрометрической подачи, 5 - штанга с делениями, 6 - микрометрическая подача, 7 - нониус, 8 - подвижная губка, 9 - неподвижная губка

Деления на штанге 4 нанесены через один миллиметр. Шкала нониуса 6 длиной 39 мм разделена на 20 равных частей. Следовательно, каждое деление нониуса равно 1,95 мм ($39 : 20 =$

1,95), т. е. короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,05 мм ($2 - 1,95 = 0,05$).

Перед измерением необходимо убедиться в совпадении нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом штанги.

Для грубых измерений рамку 3 перемещают по штанге до плотного прилегания губок 7 к поверхности измеряемой детали и после закрепления зажимом 2 производят отсчёт. Для точной установки штангенциркуля и точных измерений пользуются микрометрической подачей.

На рис. 6, б показан пример определения доли миллиметра нониуса штангенциркуля с величиной отсчета 0,05 мм. Дробная величина 0,35 мм получена в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. седьмого (крестиком указан 7-й штрих нониуса), совпадающего со штрихом штанги, не считая нулевого деления: $0,05 \text{ мм} \times 7 = 0,35 \text{ мм}$. Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т.

д., обозначающие сотые доли миллиметра.

Штангенциркуль ШЦ-Ш (рис. 7, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений. Этот штангенциркуль применяется реже.

Штангенциркуль ШЦ-Ш состоит из подвижной рамки 7, зажима 2 этой рамки, рамки микрометрической подачи 3, зажима рамки микрометрической подачи 4, штанги 5 с миллиметровыми делениями, гайки и винта микрометрической подачи 6, нониуса 7, подвижной измерительной губки 9 и неподвижной измерительной губки 9. Измерение и порядок отсчета выполняют так же, как и по штангенциркулю ШЦ-II (рис. 7, б).

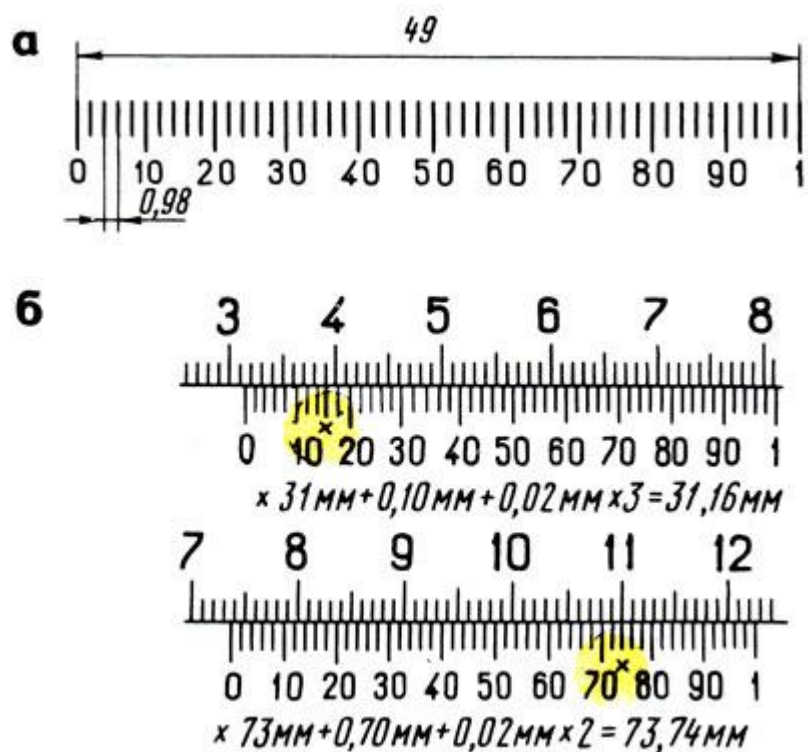


Рис. 8. Нониус штангенциркуля с величиной отсчета 0,02 мм (а), примеры отсчета (б)

Штангенциркули с величиной отсчета по нониусу 0,02 мм промышленностью не выпускаются, но на производстве еще их используют.

Нониус в этом штангенциркуле имеет длину 49 мм (рис. 8, а), разделен на 50 частей. Одно деление нониуса составляет: $49 : 50 = 0,98$ мм, что на 0,02 мм меньше миллиметра. Устройство нониуса этого штангенциркуля показано на рис. 10, а, а примеры отсчета - на рис. 8, б. При измерении штангенциркулями внутренних размеров к показаниям штангенциркуля добавляется толщина губок, указанная на них.

Штангенглубиномер служит для измерения высот, глубины глухих отверстий, канавок, пазов, выступов. Штангенглубиномеры изготовляют с пределами измерений 0 - 250 (величина отсчета по нониусу 0,05 мм) и 0 - 500 мм (величина отсчета по нониусу 0,1 мм).

Штангенглубиномер (рис. 9, а) состоит из основания 9 с рамкой 8 и нониусом 1, зажима рамки 2, штанги 5 с миллиметровыми делениями, микрометрической подачи (винт 6 и гайка 7) и зажима 3. Измерительными поверхностями штангенглубиномера служит плоское основание 9 и торец 10 штанги.

Перед измерением штангенглубиномером проверяют нулевое положение инструмента. При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой (рис. 9, в) или лекальной линейкой (рис. 9, б) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

При измерении основание 9 (рис.9, а) ставят на измеряемую поверхность (рис. 9,г) детали, от которой начинается измерение, и прижимают основание левой рукой к измеряемой поверхности, а правой рукой штангу 5 передвигают от упора в другую поверхность, до которой измеряют расстояние. В этом положении рамку 4 микрометрической подачи стопорят зажимом 3. Затем вращают гайку 7, после чего рамку 8 стопорят зажимом 2.

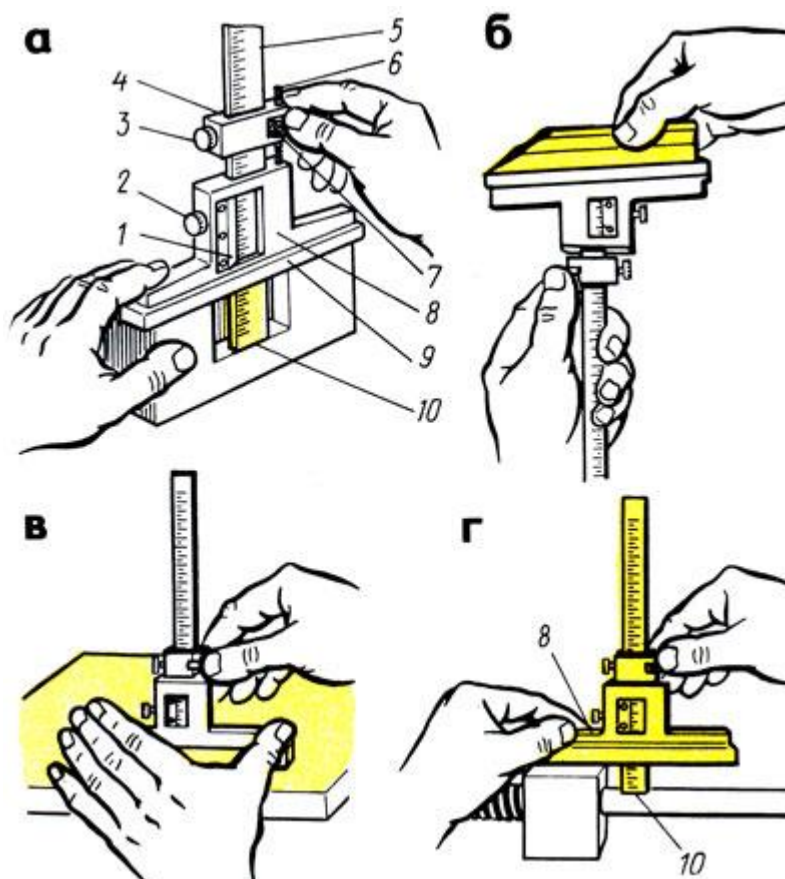


Рис. 9. Штангенглубиномер: а - устройство, б - проверка нулевого положения лекальной линейкой, в - проверка нулевого положения на плите, г - прием измерения; 1 - нониус, 2, 3 - зажимы, 4 - рамка микрометрической подачи, 5 - штанга, 6 - винт микроподачи, 7 - гайка, 8 - рамка, 9 - основание, 10 - торец штанги

Результат измерения отсчитывается так же, как и по штангенциркулю, - по основной шкале (целые миллиметры) и по нониусу 7 (дробные доли миллиметра).

В некоторых случаях для измерения труднодоступных мест применяют штанги с изогнутым концом.

Штангенрейсмасы предназначены для измерения высот от плоских поверхностей и точной разметки.

Штангенрейсмас (рис. 10, а, б) состоит из основания 9 в котором жестко закреплена штанга 8 со шкалой; рамки 7 с нониусом 5 и стопорным винтом 6; устройства для микрометрической подачи 4, включающего движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек 7 для разметки с острием и для измерения высоты, с двумя измерительными поверхностями (нижней плоской и верхней в виде острых ребер шириной не более 0,2 мм); стопорного винта 2 для закрепления ножки 1 и державки 3 на выступе рамки 7 для игл различной длины.

Для проверки нулевого отсчета перед использованием штангенрейсмас устанавливают на поверочную плиту и рамку опускают вниз до соприкосновения измерительной поверхности ножки с плитой (рис. 11, а), при этом нулевой штрих шкалы нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы. Если штангенрейсмас имеет нижние пределы измерения выше 40 мм, то проверка производится установкой под ножку плоскопараллельных плиток (рис. 11, б). При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпасть.

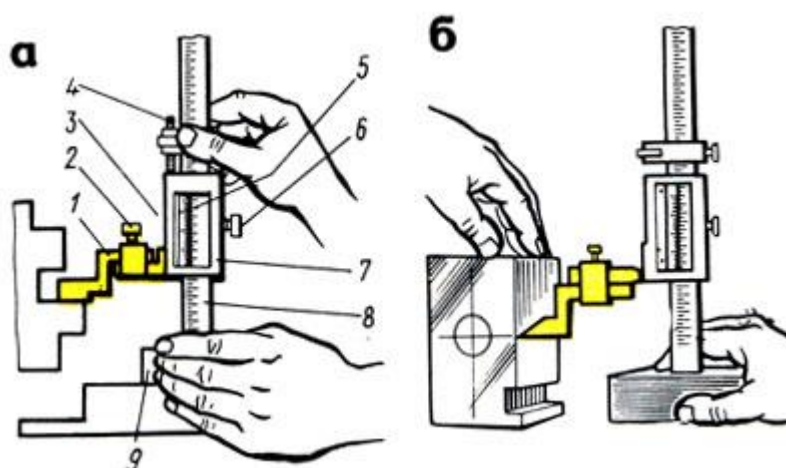


Рис. 10. Штангенрейсмас: а - прием измерения, б - прием разметки; 1 - сменные ножки для измерения, 2, 6 - стопорные винты, 3 - державка, 4 - микроподача, 5 - нониус, 7 - рамка, 8 - штанга, 9 - основание

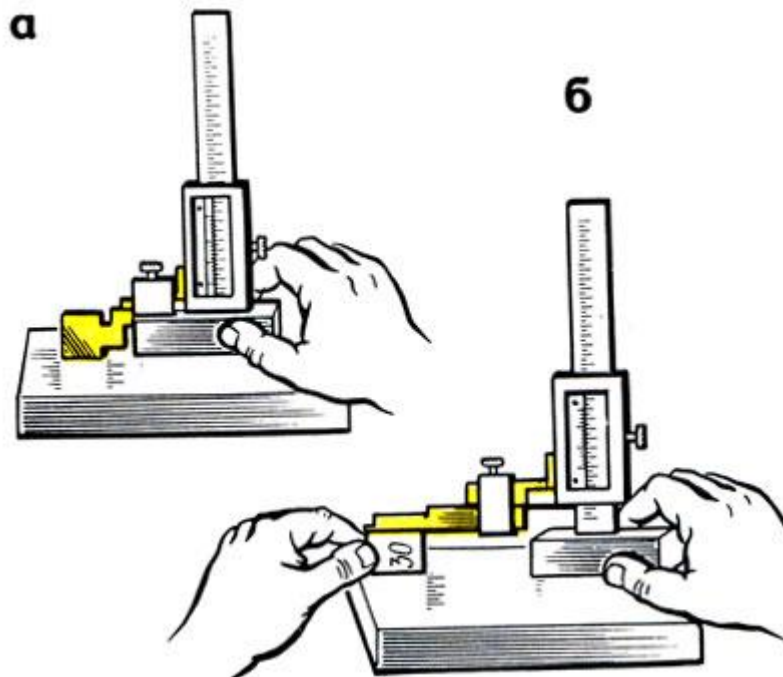


Рис. 11. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса: а - на плите, б - при помощи плоскопараллельных концевых мер длины (плиток)

При измерении (см. рис. 10, а) левой рукой прижимают основание к плите и подводят ножку к проверяемой поверхности, затем правой рукой при помощи микрометрической подачи 4 доводят измерительную ножку до соприкосновения нижней части ножки с проверяемой поверхностью. При разметке (см. рис. 10, б) правой рукой устанавливают требуемый размер (высоту), слегка прижимают левой рукой основание к плите, перемещая штангенрейсмас относительно размечаемой детали. Острием ножки наносят риски.

Показания штангенрейсмаса читают так же, как и штангенциркуля. При измерении высоты верхней измерительной плоскостью необходимо к полученному размеру прибавить высоту ножек.

Микрометрические инструменты

Микрометр - прибор для измерения линейных размеров контактным способом. Изготавливают следующие типы микрометров:

МК - микрометры гладкие для измерения наружных размеров;

МЛ - микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ - микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ - микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК выпускают с пределами: 0-5; 0-10; 0-15; 0-25; 25-50 50-75; 75-100; 100-125; 125-150; 150-175; 175-200; 200-225; 225-250 250-275; 275-300; 300-400; 400-500 500 - 600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжают установочными мерами (цилиндрические стержни, имеющие точную форму).

Микрометр (рис. 12, а) имеет скобу 1 с пяткой 2 на одном конце, втулку-стебель 5 на другом, внутрь которой ввернут микрометрический винт 3. Торцы пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями. На наружной поверхности стебля проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше ее - полумиллиметровые деления. Винт 3 жестко связан с барабаном 6, на конической части барабана нанесена шкала (нониус) с 50 делениями.

На головке микрометрического винта имеется устройство (трещотка) 7, обеспечивающее постоянное измерительное усилие. Трещотка соединена с винтом так, что при увеличении измерительного усилия свыше 900 гс она не вращает винт, а проворачивается. Для фиксирования полученного размера детали служит стопор 4. Шаг микрометрического винта 3 равен 0,5 мм (рис. 12, б). Так как на скосе барабан 6 по окружности разделен на 50 равных частей (рис. 12, в), то при повороте на одно деление барабана микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на $1/50$ шага, т. е. $0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$.

Перед измерением проверяют нулевое положение микрометра. При проверке микрометра с пределами измерения 0 - 25 мм

протирают замшей измерительные плоскости пятки и микрометрического винта, затем медленно сводят их до соприкосновения. Для этого медленно вращают трещотку 7, пока она не начнет проворачиваться, издавая характерный треск. Медленное вращение трещотки необходимо потому, что скорость вращения винта влияет на величину измерительного усилия.

При проверке микрометров с пределами измерения 25 - 50, 50 - 75 мм и т. д. между измерительными плоскостями микрометрического винта и пятки помещают либо установочную меру 8, либо мерительную плитку, соответствующую нижнему пределу измерения, т. е. 25, 50, 75 и т. д. Измерительные плоскости сближаются так же, как и у микрометров с пределом измерения 0 - 25 мм.

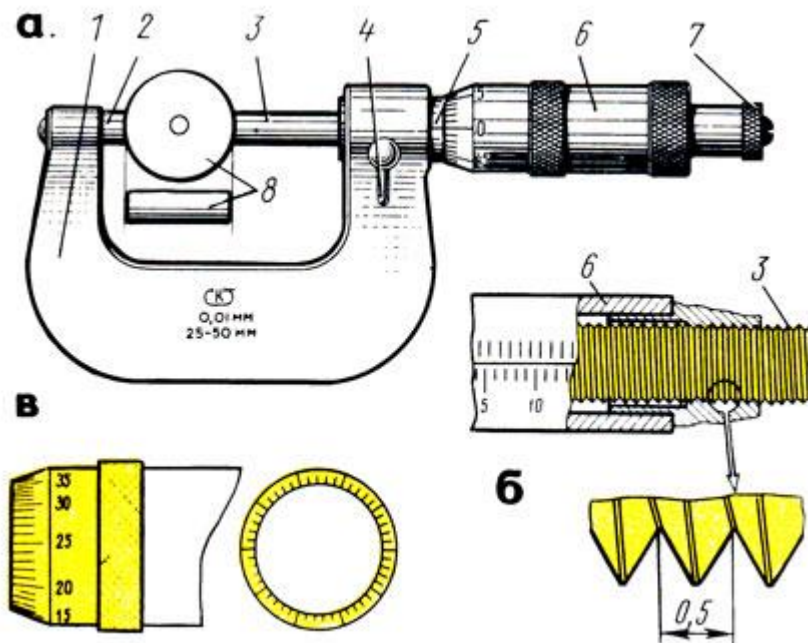


Рис. 12. Микрометр: а - устройство, б - микрометрический винт, в - барабан; 1 - скоба, 2 - пятка, 3 - винт, 4 - стопор, 5 - стержень, 6 - барабан, 7 - трещотка, 8 - установочные меры

Если при проверке окажется, что нулевое деление барабана б не совпадет с продольным штрихом на стержне 5, еще раз выполняют установку на нуль в таком порядке: закрепляют микровинт стопором; разъединяют барабан с микровинтом; устанавливают барабан и закрепляют его; проверяют нулевое положение.

Перекося измерительных поверхностей микрометрического винта при зажатии стопором не должен превышать у микрометров

с пределами измерения до 100 мм - 1 мкм, а для микрометров с пределами измерения более 100 мм - 2 мкм.

Перед измерением проверяемую деталь закрепляют в тисках или в приспособлении, протирают измерительные поверхности и устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, затем микрометр (рис. 13, а, в) берут левой рукой за скобу 1, а измеряемую деталь 3 помещают между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4. Плавно вращая трещотку, прижимают торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до тех пор, пока трещотка 5 не начнет провертываться и пощелкивать. Установка микрометра на нуль показана на рис. 15, б.

При измерении диаметра цилиндрической детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 13, в).

При чтении показаний микрометра целые миллиметры отсчитывают по краю скоса барабана по нижней шкале, полу миллиметры - по числу делений верхней шкалы стебля. Сотые доли миллиметра определяют на конической части барабана по порядковому номеру (не считая нулевого) штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля.

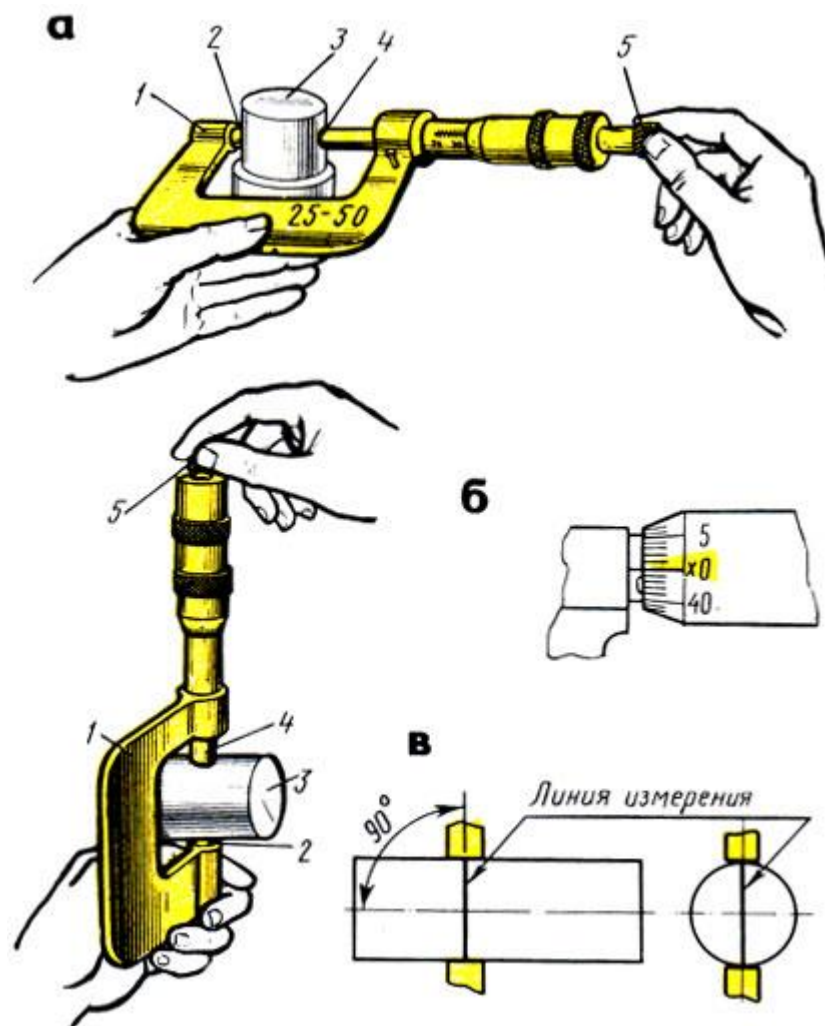


Рис. 13. Приемы использования микрометра: а - измерение деталей в вертикальном и горизонтальном положениях, б - установка микрометра на нуль, в - установка микрометра на деталь

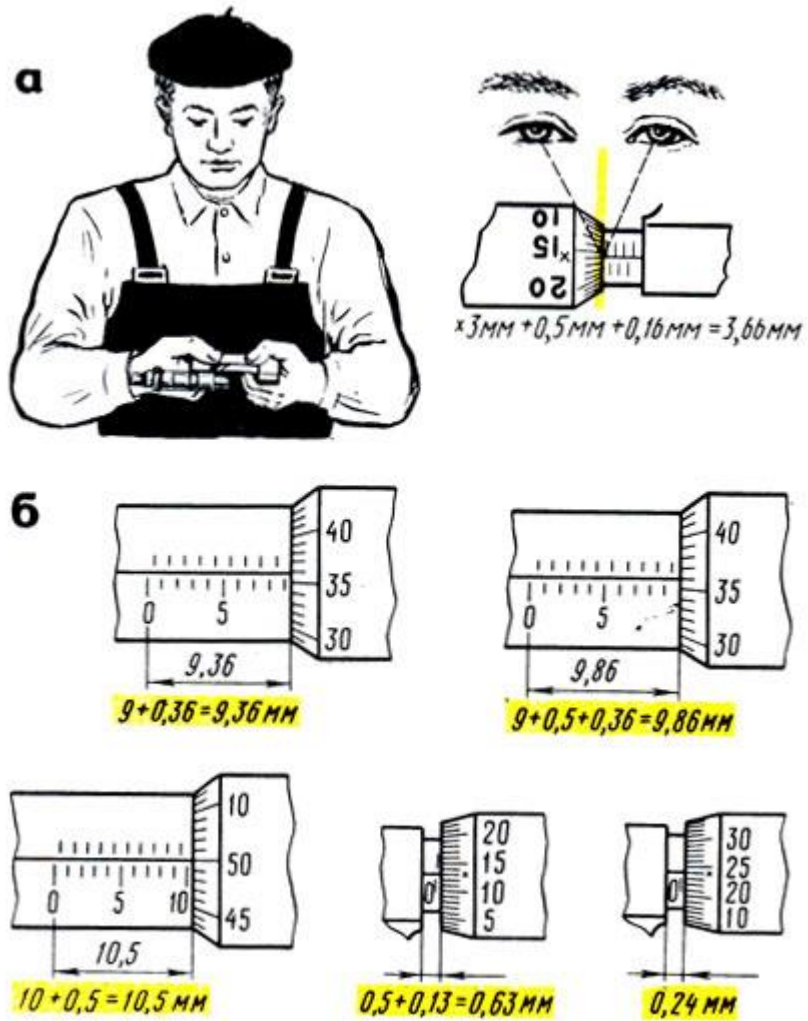


Рис. 14. Чтение показаний микрометра: а - положение глаз, б - примеры отсчета

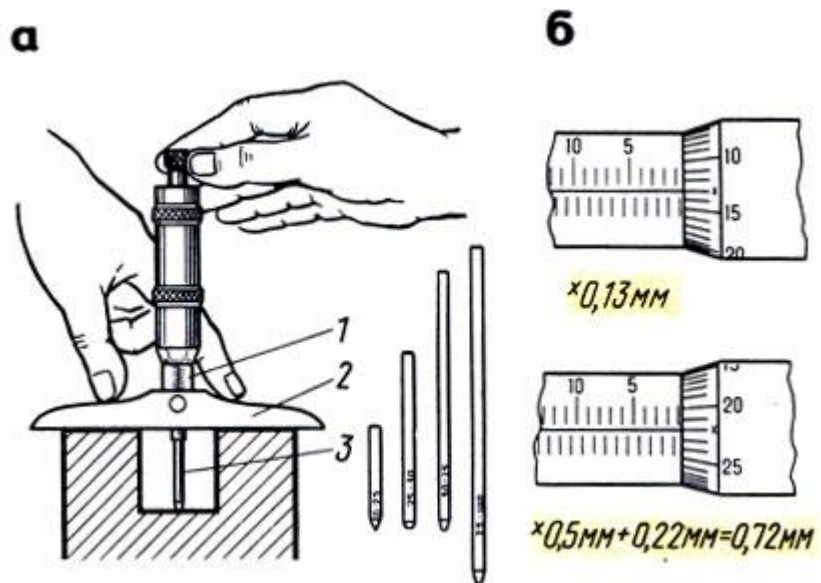


Рис. 15. Микрометрический глубиномер: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - стержень, 2 - основание, 3 - сменные стержни

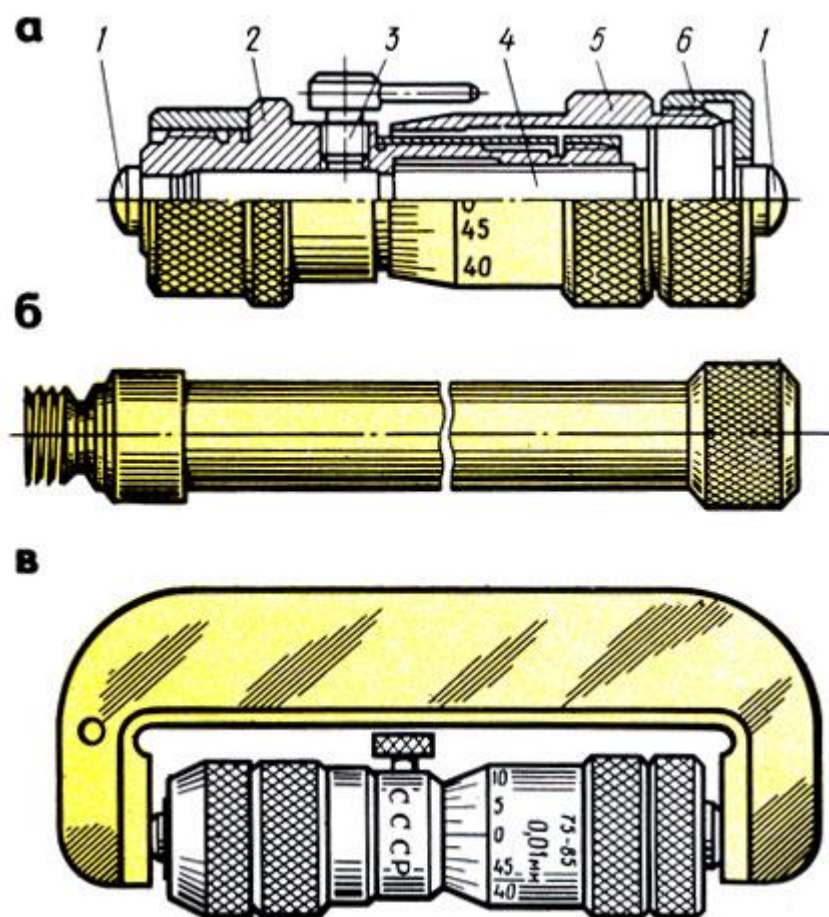


Рис. 16. Микрометрический нутромер (штихмасс): а - устройство, б - удлинительный стержень, в - проверка нулевого положения; 1 - измерительные поверхности, 2 - стембель, 3 - стопор, 4 - микрометрический винт, 5 - барабан, 6 - гайка

При чтении показаний микрометр держат прямо перед глазами (рис. 14, а). Примеры отсчета показаны на рис. 14, б.

Микрометрический глубиномер с точностью измерения 0,01 мм (рис. 15, а) применяют для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 мм. Глубиномеры изготавливают со сменными измерительными стержнями для измерений в пределах 0 - 25; 25 - 50; 50 - 75 и 75 - 100 мм. Изменение пределов измерения достигается присоединением сменных стержней. Шаг резьбы микрометрического винта 1 (стембель) - 0,5 мм. Изменение пределов измерений достигается присоединением сменных измерительных стержней 3.

Перед измерением проверяют нулевое положение глубиномера. При измерении левой рукой прижимают основание 2 глубиномера к верхней поверхности детали, а правой при помощи трещотки в конце хода доводят измерительный стержень до соприкосновения с

другой поверхностью детали. Затем стопорят микрометрический винт и читают размер.

При чтении показаний надо иметь в виду, что при ввинчивании микрометрического винта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане - по часовой стрелке (рис. 15, б).

Микрометрический нутромер (штихмасс) с ценой деления 0,01 мм (рис. 16, а) предназначен для измерения внутренних размеров от 50 до 10 000 мм. Микрометрические нутромеры изготавливают с пределами измерений: 50-75; 75-175; 75-600; 150 - 1250; 800-2500; 1250-4000; 2500-6000; 4000-10 000 мм. Нутромеры с пределами измерений 1250 - 4000 мм и более поставляют с двумя головками: микрометрической и микрометрической с индикатором.

Шаг резьбы микрометрической винтовой пары нутромера равен 0,5 мм. Микрометрический нутромер имеет стебель 2 (рис. 16, а), в отверстие которого вставлен микрометрический винт 4. Концы стебля и микрометрический винт имеют сферические измерительные поверхности 1.

На винт насажен барабан 5 с установочной гайкой 6. В установленном положении микровинт закрепляют стопором 3.

Для измерения отверстий размером более 63 мм используют удлинительные стержни (рис. 16, б) с размерами: 25; 50; 100; 150; 200 и 600 мм. Без удлинителей можно измерять размеры от 50 до 63 мм. Перед навинчиванием удлинителя со стебля свинчивают гайку 6, после присоединения удлинителя ее навинчивают на резьбовой конец последнего стержня.

Перед измерением микрометрическую головку устанавливают по установочной мере (скобе) на исходный размер, проверяют нулевое положение, затем выбирают наименьшее количество соответствующих удлинителей.

Измерение нутромером отверстий производят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам.левой рукой прижимают измерительный наконечник к одной поверхности, а правой рукой вращают барабан до легкого соприкосновения с другой

поверхностью (рис. 17,а,б). Отыскав наибольший размер, стопорят микровинт и читают размер.

Правильное положение микрометрического нутромера находят покачиванием головки нутромера при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

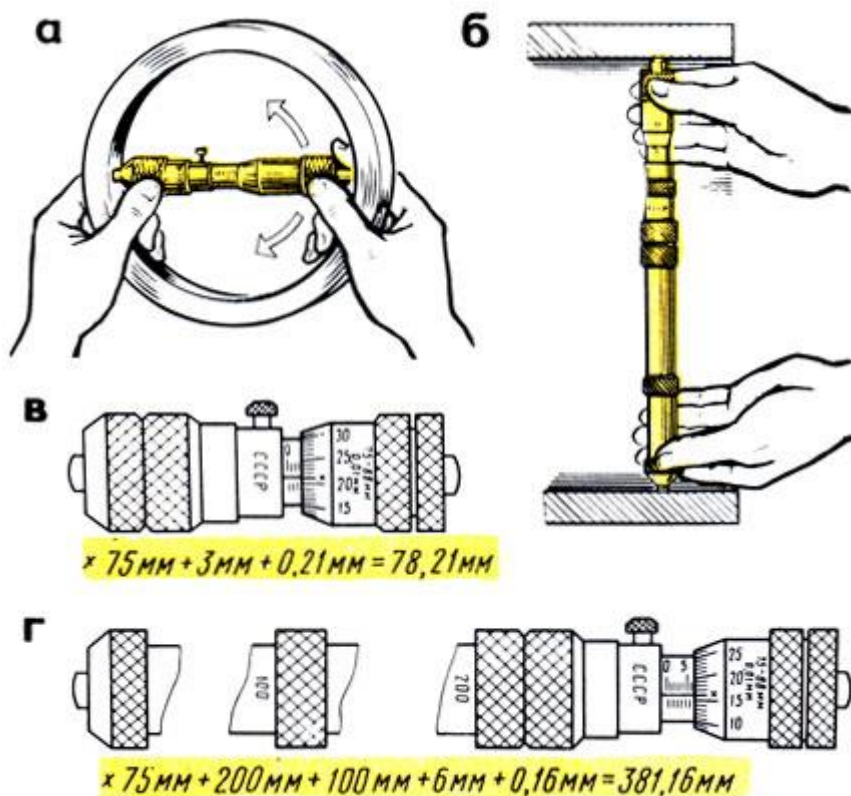


Рис. 17. Приемы измерения: а - цилиндрических отверстий, без применения и с применением удлинителей, б - параллельности деталей, в, г - примеры отсчета

Для отсчета показаний на стебле нутромера имеется шкала длиной 13 мм с полу миллиметровыми и миллиметровыми делениями. Вторая шкала нанесена на конической части барабана, она имеет 50 делений по окружности. По этой шкале и отсчитывают сотые доли миллиметра.

Показания микрометрического нутромера читают так: к предельному размеру микрометрической головки (75 мм) прибавляют показания на стебле (в данном случае 3 мм), а затем показания на скосе барабана (0,21 мм). Следовательно, показание будет $75\text{ мм} + 3\text{ мм} + 0,21\text{ мм} = 78,21\text{ мм}$ (рис. 17, в).

При чтении показаний с удлинителями к показанию микрометрической головки прибавляют длину удлинителей,

например: к микрометрической головке присоединены удлинители 200 и 100 мм. Показание (рис. 17,г) будет:

$$75 \text{ мм} + 200 \text{ мм} + 100 \text{ мм} + 6 \text{ мм} + 0,16 \text{ мм} = 381,16 \text{ мм.}$$

Рычажно-механические приборы

Принцип действия рычажно-механических приборов (инструментов) основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные и удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале.

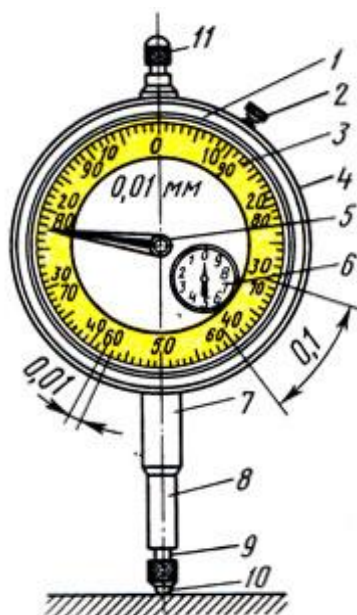


Рис. 18. Индикатор часового типа: 1 - корпус, 2 - стопор, 3 - циферблат, 4 - ободок, 5 - стрелка, 6 - указатель, 7 - гильза, 8 - измерительный стержень, 9 - наконечник, 10 - рабочий конец, 11 - головка

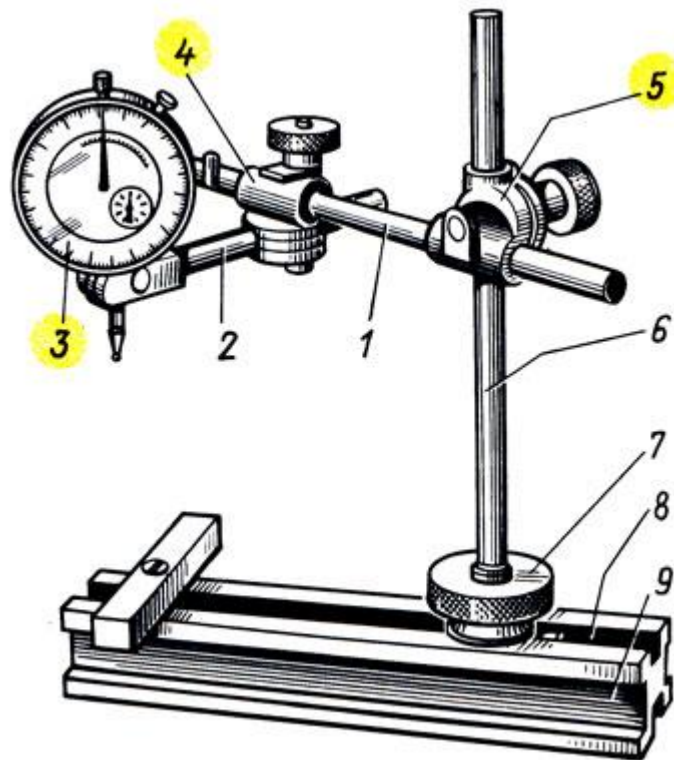


Рис. 19. Универсальная индикаторная стойка: 1,2 - стержни, 3 - индикатор, 4,5 - муфты, 6 - вертикальный стержень, 7 - гайка, 8 - паз, 9 - призма

Индикаторы предназначены для относительного, или сравнительного, измерения и проверки отклонений от формы, размеров, а также взаимного расположения поверхностей детали. Этими инструментами проверяют горизонтальность и вертикальность положения поверхностей отдельных деталей (столов, станков и т. п.), а также овальность, конусность валов, цилиндров и др. Кроме того, индикаторами проверяют биение зубчатых колес, шкивов, шпинделей и других вращающихся деталей (рис. 18).

Индикаторы бывают часового и рычажного типов; шире применяют индикаторы часового типа, которые в сочетании с нутромерами, глубиномерами и другими инструментами используются для измерения внутренних и наружных размеров, параллельности, плоскостности и т. д.

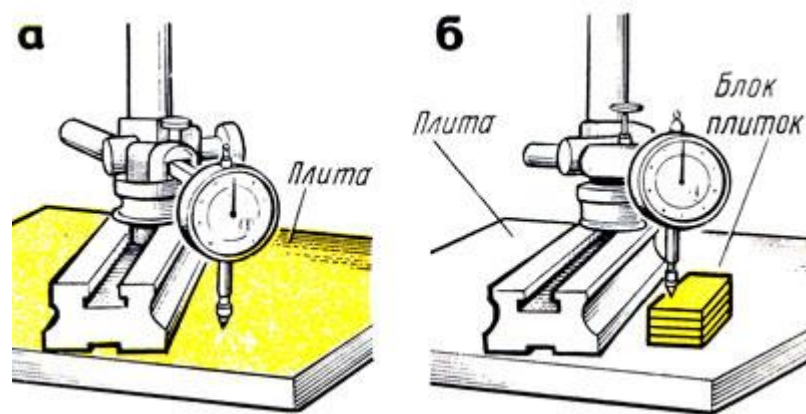


Рис. 20. Установка индикатора в начальное положение: а - соприкосновением с поверхностью стола (плиты), б - с поверхностью установочной меры

Конструкцию индикатора часового типа с зубчатой передачей с ценой деления 0,01 мм изготавливают двух типов: ИЧ - с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; ИТ - торцовые с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Индикаторы типа ИЧ изготавливают следующих типоразмеров: с пределами измерений 0 - 2, 0 - 5 и 0 - 10 мм.

Индикаторы типа ИТ изготавливают с пределами измерений 0 - 2 мм.

Широко применяемый индикатор ИЧ (часового) типа (рис. 18) имеет металлический корпус 1 в форме часов, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень В с выступающим наружу наконечником 9, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и при этом повернет стрелку 5, которая передвинется по циферблату, имеющему шкалу в 100 делений, каждое из которых соответствует перемещению стержня на 1/100 мм. При перемещении стержня на 1 мм стрелка 5 сделает по циферблату полный оборот. Для отсчета целых оборотов служит стрелка указателя 6.

При измерениях индикатор должен быть закреплен жестко относительно исходной измеряемой поверхности.

На рис. 19 изображена универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор 3 при помощи стержней 1 и 2, муфт 4 и 5 закрепляется на вертикальном стержне 6, укрепленном в пазу 8

призмы 9 гайкой 7 с накаткой. При помощи муфт индикатор может быть установлен в любом положении и под разными углами.

При абсолютном (рис. 20, а) или относительном (рис. 20, б) измерении показание индикатора приводят в некоторое начальное положение. При измерении относительным методом закрепленный на стойке индикатор настраивают по блоку плоскопараллельных концевых мер. Для этого измерительный наконечник 9 (см. рис.18) со съемным шариком 10 (он имеет форму проверяемой поверхности) приводят в соприкосновение с поверхностью стола - плиты (см. рис. 20, а) или установочной меры (см. рис. 20, б). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала один-два оборота. Таким образом, стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения установочной меры. Стрелка при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты ведут от этого показания стрелки, как от начального. Для облегчения отсчетов индикатор устанавливают на нуль поворотом циферблата 3 (см. рис. 18) за рифленый ободок 4 или поворотом головки 11 (при неподвижном циферблате). Установку ободка относительно стрелки фиксируют стопором 2.

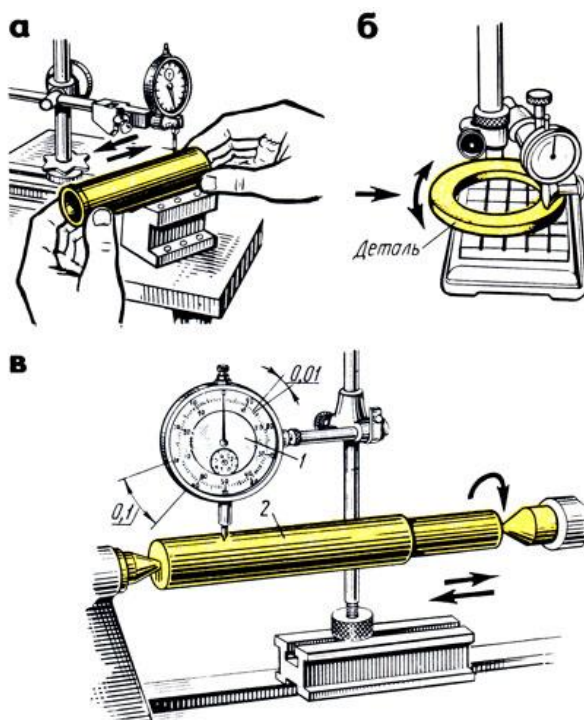


Рис. 21. Приемы проверки индикатором: а, б - перемещением деталей, в - в центрах; 1 - индикатор, 2 - деталь

Для измерения отклонения от заданного размера к детали подводят наконечник индикатора до соприкосновения с измеряемой поверхностью и замечают начальное показание стрелки 5 и указателя 6 на циферблате. Затем перемещают индикатор относительно измеряемой поверхности или измеряемую поверхность относительно индикатора (рис. 21,а,б).

Отклонение стрелки 5 (см. рис. 18) от начального положения покажет величину отклонения в сотых долях миллиметра, а отклонение стрелки указателя 6 - в целых миллиметрах. Для более точной проверки деталь 2 устанавливают в центрах (рис. 21,в) или других приспособлениях.

Индикаторные нутромеры предназначены для внутренних измерений деталей.

Индикаторный нутромер (рис. 22,а) имеет корпус 4, в который вставлена направляющая втулка 2. С одной стороны втулки помещен неподвижный измерительный стержень 7, а с другой - подвижный измерительный стержень 3.

В процессе измерения стержень 3 перемещается и его движение через толкатель 5 передается установленному в трубку 7 вертикальному штоку 6, к которому прижимается наконечник 8 индикатора 9. Прибор снабжается комплектом сменных неподвижных стержней 10.

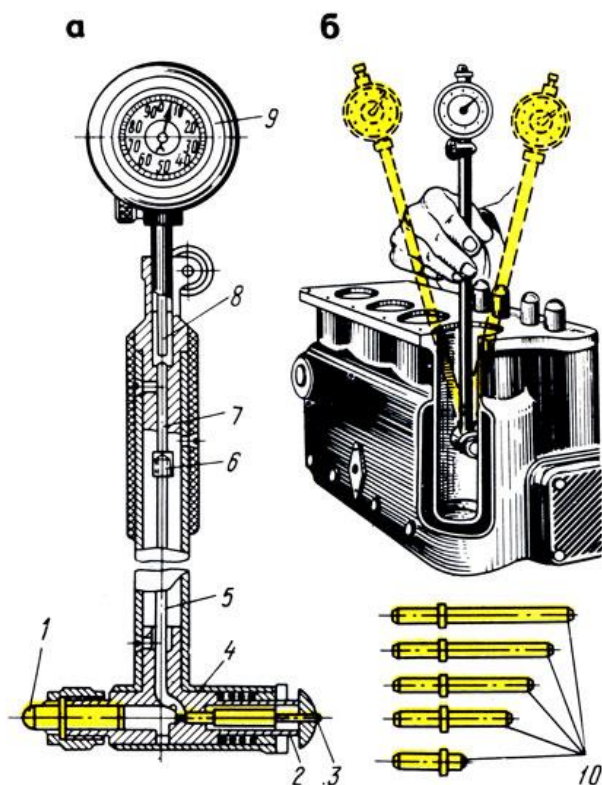


Рис. 22. Индикаторный нутромер: а - устройстве, б - прием измерения; 1,3 - измерительные стержни, 2 - направляющая втулка, 4 - корпус, 5 - толкатель, 6 - шток, 7 - трубка, 8 - наконечник, 9 - индикатор, 10 - сменные стержни

При измерении в зависимости от размера проверяемой детали нутромер ориентировочно настраивают по микрометру, блоку плоскопараллельных концевых мер или установочному кольцу, устанавливая показание на нуль.

Настроенный нутромер правой рукой берут за трубку, вводят в измеряемое отверстие и небольшим покачиванием (рис. 22,б) определяют отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Допустим, что нутромер был настроен на размер 68 мм (рис. 23,а). Положительные отклонения (0,06), полученные при прямом ходе, отнимают (рис. 23,а), а отрицательные (0,17) - прибавляют (рис. 23,б).

Индикаторные глубиномеры с ценой деления 0,01 мм (рис. 24,а) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. д. Они снабжены набором измерительных стержней.

Измерительные стержни выбирают в зависимости от проверяемого размера и устанавливают в глубиномере. Затем устанавливают индикаторный глубиномер на нуль вращением ободка до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом

циферблата. При измерении левой рукой слегка нажимают основание 1 (рис. 24,б) глубиномера, а правой рукой опускают измерительный стержень 4 и после его прикосновения ко дну проверяемой детали определяют отклонение. Отсчет производят так же, как у индикаторных нутромеров: положительное отклонение, полученное при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка глубиномера, а отрицательное - прибавляют.

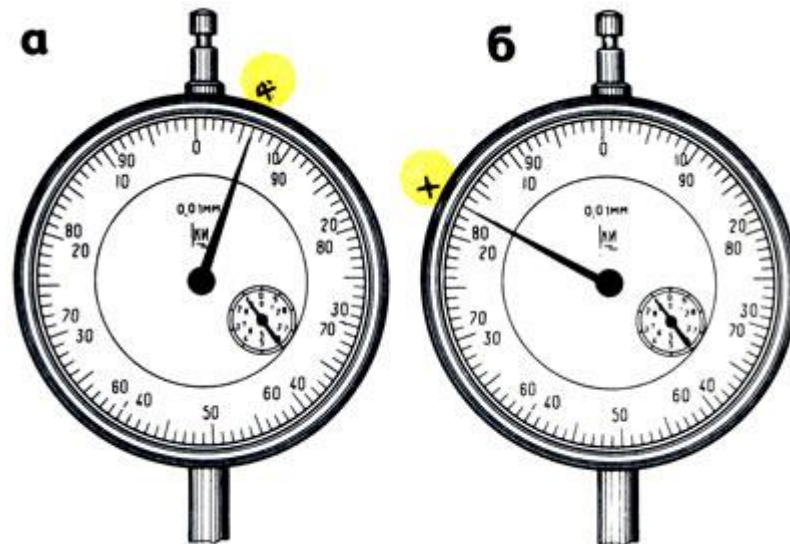


Рис. 23. Примеры отсчета на индикаторном нутромере: а - положительное отклонение, б - отрицательное отклонение

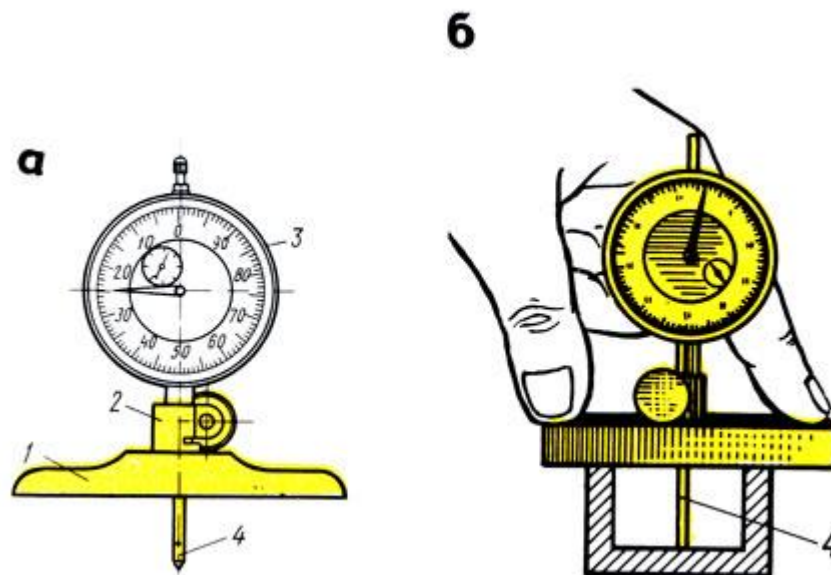


Рис. 24. Индикаторный глубиномер: а - устройство, б - прием проверки; 1 - основание, 2 - державка, 3 - индикатор, 4 - измерительный стержень

. Инструменты для измерения углов

Для измерения наружных и внутренних углов в слесарном деле применяют угольники, угломеры и угломерные плитки.

Угольники поверочные изготавливают следующих типов: УЛ - лекальные плитки (рис. 25,а), УЛП - лекальные плоские (рис. 25,б), УЛШ - лекальные с широким основанием (рис. 394,а), УЛЦ - лекальные цилиндрические (рис. 25,г), УП - слесарные плоские (рис. 25,д), УШ - слесарные с широким основанием (рис. 25,е).

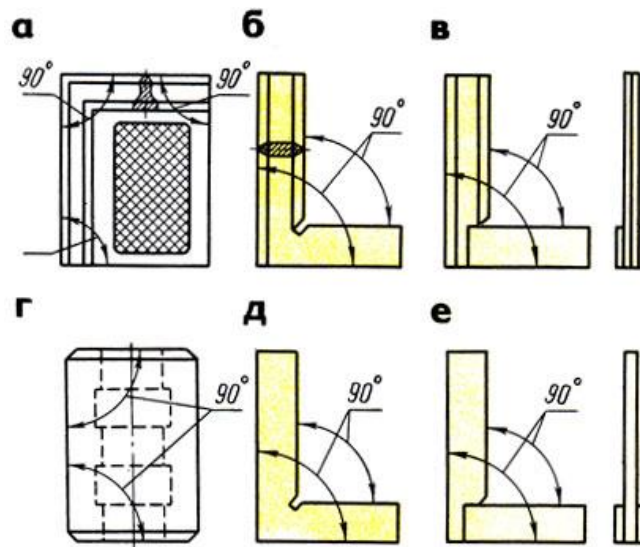


Рис. 25. Угольники: а - УП - лекальные плитки, б - УЛП - лекальные плоские, в - УЛШ - лекальные с широким основанием, г - УЛЦ - лекальные цилиндрические, д - УП - слесарные плоские, е - УШ - слесарные с широким основанием

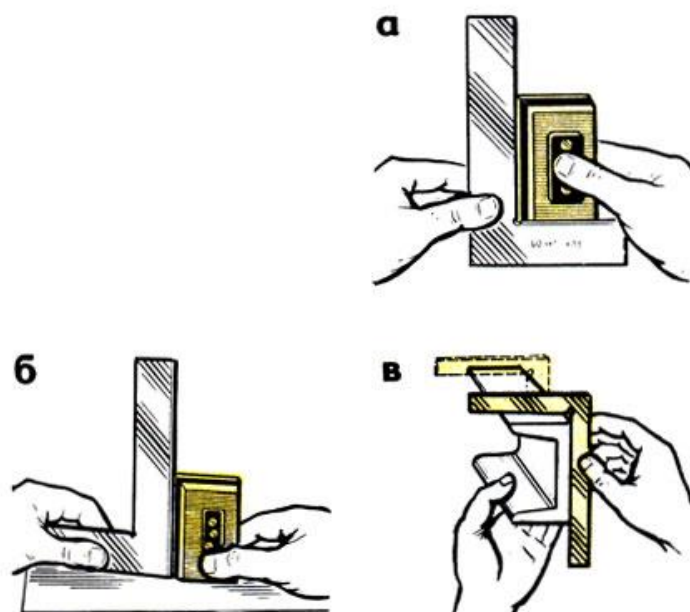


Рис. 26. Проверка углов: а - внутренней части угольника, б - наружной части, в - проверка в нескольких местах

Угольники с широким основанием (аншлажные) отличаются тем, что короткое их основание толще длинной полки. Таким угольником удобно определять отклонения в углах проверяемого изделия способом световой щели (на просвет) при установке изделия на поверочной плите.

Угольники цилиндрические применяют для этой же цели!

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью (рис. 26,а), а для проверки внутреннего угла - наружной частью (рис. 26,б). Наложив и слегка прижимая угольник, совмещают другую сторону угольника с проверяемой стороной детали и по просвету (иногда щупом) судят о точности прямого угла. Измерение производится в нескольких местах (рис. 26, в).

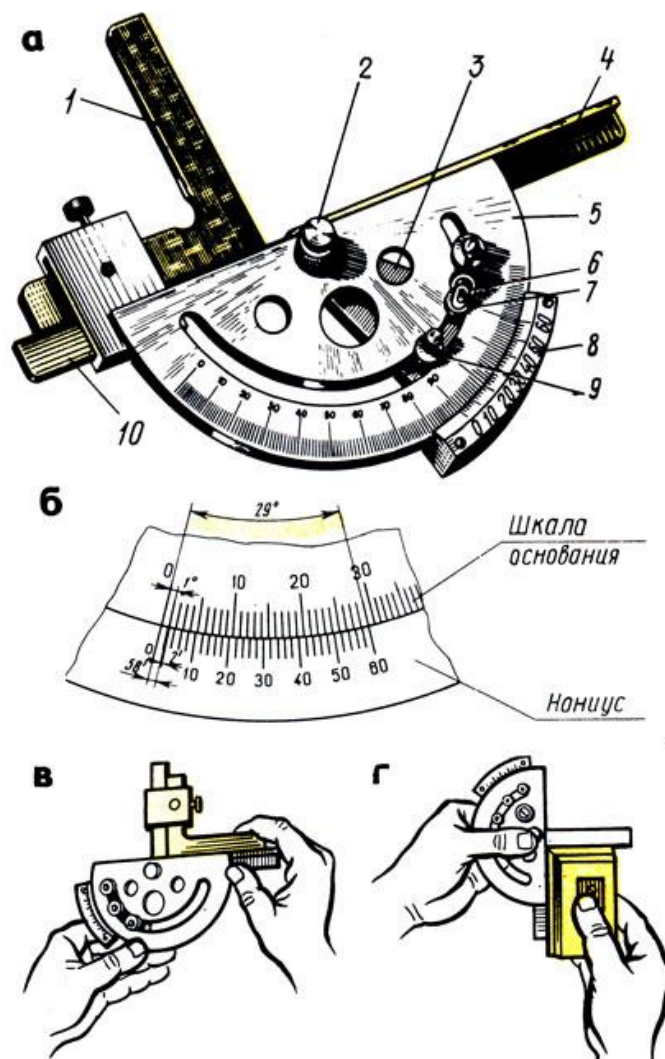


Рис. 27. Угломер УМ и его проверка : а - общий вид, б - устройство нониуса; проверка нулевого положения угломера; в - соединением измерительных поверхностей, г - лекальным угольником; 1 - угольник, 2 - ось, 3 - сектор, 4 - линейка съемная, 5 - основание (полудиск) с градуированной шкалой, 6 - микрометрическая подача, 7 - гайка, 8 - нониус, 9 - стопор, 10 - линейка подвижная

Угломеры предназначены для измерения углов. Изготавливают следующих типов:

УН - для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°, УМ - для измерения наружных углов от 0 до 180°.

Угломер типа УМ (рис. 27,а) с величиной отсчета по шкале нониуса 2' (2 угловых минуты) предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание (полудиск) 5 со шкалой угловых градусов, соединенное

со съемной линейкой 4 и подвижной линейкой 10, вращающейся на оси 2 вместе с сектором 3. Точность установки подвижной линейки 10 осуществляется при помощи микрометрической подачи 6 вращением гайки 7 и фиксированием стопором 9.

На секторе 3 закреплен лимб нониуса В, на лимбе сектора - шкала угловых минут. Угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный 29° , разделен на 30 частей (рис. 27,б). Угол между соседними штрихами нониуса $60 \times 29:30 = 58$, т. е. на $2'$ меньше 1° .

Перед применением угломер протирают и проверяют нулевое положение: нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать.

При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета. Это проверяется соединением измерительных поверхностей (рис. 27,в) или при помощи лекального угольника (рис. 27,г).

При измерении угломер накладывают на проверяемую деталь так, чтобы линейки 4 и 10 были совмещены со сторонами измеряемого угла. Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. После этого (если нет просвета) фиксируют положение стопором и читают показание. Целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса.

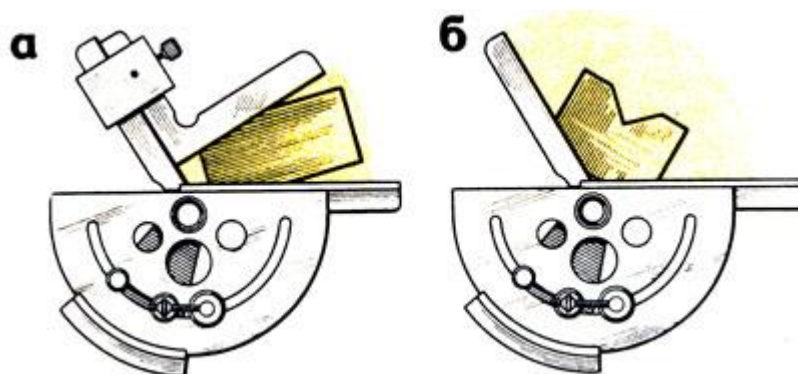


Рис. 28. Измерение углов: а - от 0° до 90° , б - от 90° до 180°

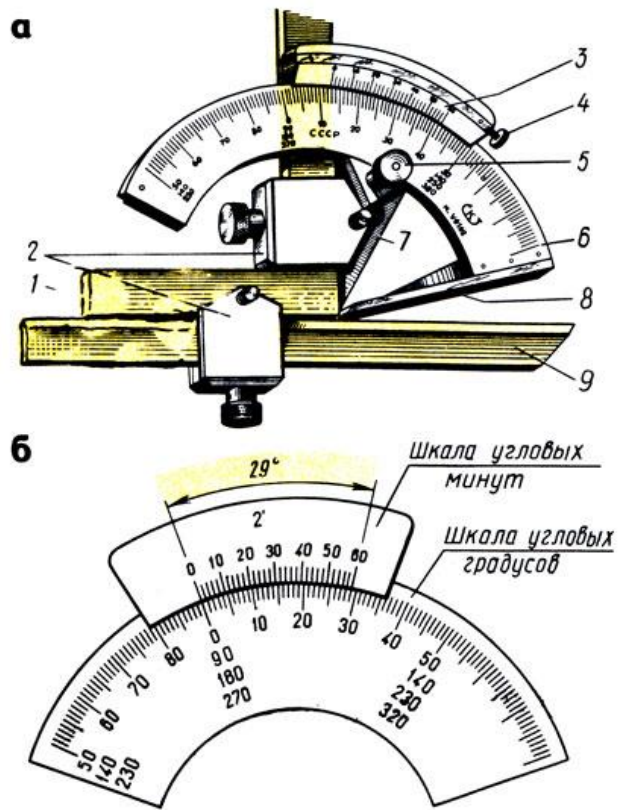


Рис. 29. Угломер УН: а - общий вид, б - устройство шкалы нониуса; 1 - угольник, 2 - державки, 3 - нониус, 4 - винт нониуса, 5 - стопор, 6 - основание, 7 - сектор, 8 - линейка основания, 9 - линейка съемная

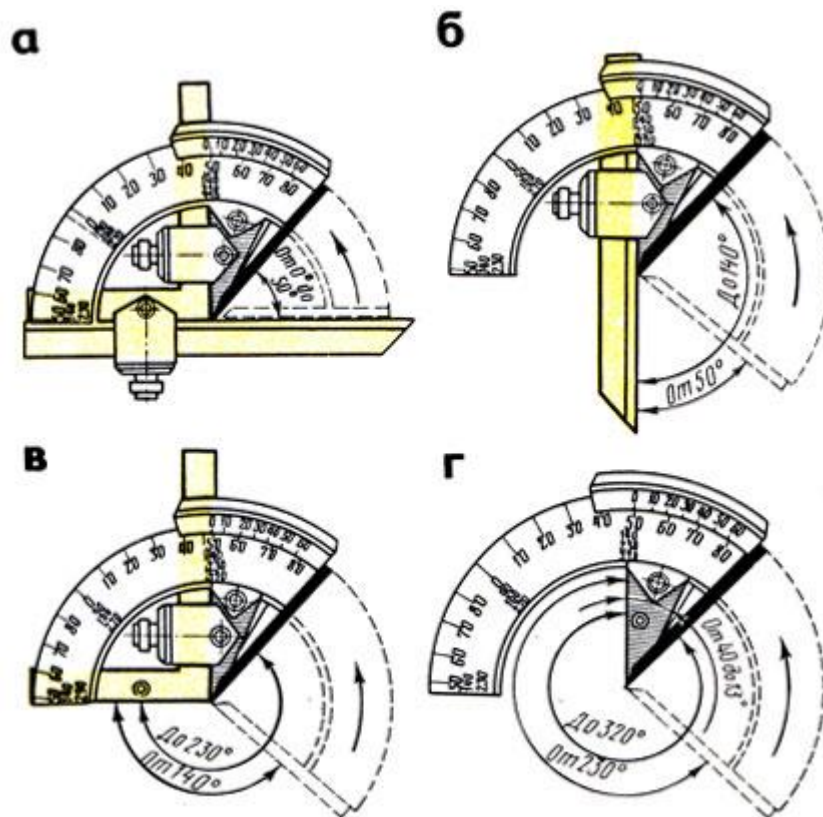


Рис. 30. Установка угломера для измерения углов: а - от 0 до 50°, б - от 50 до 140°, в - от 140 до 230°, г - от 230 до 320°

После этого находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса. При чтении угломер держат прямо перед глазами. Например, нулевой штрих нониуса прошел 34-е деление шкалы основания, но не дошел до 35-го, при этом со штрихом основной шкалы совпадает 20-й (не считая нулевого) штрих шкалы нониуса. Следовательно, измеряемый угол составляет $34 + 20 \times 2 = 34^{\circ}40'$.

Для измерения углов от 0 до 90° угломер соединяют с угольником (рис. 28,а), а для измерения углов от 90 до 180° угломер применяют без угольника (рис. 28,б) и к его показаниям прибавляют 90° .

Угломер типа УН с величиной отсчета по нониусу 2 или 5'(угловых минут, рис. 29,в,б) конструкции Семенова, выпускаемый заводом "Калибр", является наиболее удобным для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180° . Угломер имеет полукруглое основание 6, на котором закреплена линейка 8 основания. Сектор 7 с нониусом 3 перемещается по основанию 6 и после установки закрепляется стопором 5. Микрометрическая подача нониуса осуществляется вращением микрометрического винта 4. К сектору 7 при помощи державок 2 крепится угольник 1, а к нему присоединяется съемная линейка 9.

У угломера типа УН, так же как и угломера УМ, угол между крайними штрихами нониуса равен 29° и разделен на 30 частей, но он в отличие от угломера УМ построен на дуге большего радиуса, следовательно, расстояние между штрихами больше, что облегчает чтение показаний (рис. 29,б). На дуге нанесена основная шкала для отсчета целых градусов, которая построена несколько иначе, чем у угломера УМ. Слева направо на шкале нанесены сначала деления от 50 до 90° , затем от 0 до 50° . Ниже расположены цифры, позволяющие по этой шкале производить отсчеты от 140 до 230° , а еще ниже - от 230 до 320° .

Если на угломере установлены угольник и линейка (рис. 30,а), то можно измерять углы от 0 до 50° . Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от 50 до 140°

(рис. 30,б), если убрать линейку и оставить только угольник (рис. 30,в), можно измерять углы от 140 до 230°. При отсутствии линейки и угольника (рис. 30,г) можно измерять углы от 230 до 320°.

Точность отсчета, полученного при измерении угловых величин или при установке заданного угла, проверяют по градусной шкале и нониусу. По шкале градусов, размещенной на дуге основания, определяют, на каком целом делении (или между ними) остановилось нулевое деление нониуса, которое соответствует числу целых градусов угловой величины. По шкале нониуса определяют, какое из его делений совпало с делением шкалы градусов, по цифрам нониуса определяют число минут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макиенко Н.И., Общий курс слесарного дела: Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Высш.шк., 1984. – 176 с., ил. – (Профтехобразование).
2. Слесарное дело: иллюстрированное учеб.пособие / сост. Б.С. Покровский, В.А. Скакун. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 30 плакатов.

СОДЕРЖАНИЕ

Средства измерений и контроля.....	3
Штангенинструменты.....	5
Микрометрические инструменты.....	14
Рычажно-механические приборы.....	22
Инструменты для измерения углов.....	29
Литература.....	36

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу
С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.07 ГИДРОЛОГИЯ**

Специальность

**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе основного общего образования

год набора: 2024

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и
водопользования

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023

(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Расчет нормы стока реки	4
1.1. Введение в теорию расчета	4
1.2. Примеры расчета нормы стока	9
1.2.1. При достаточном периоде наблюдений	9
1.2.2. При недостаточном периоде наблюдений	11
1.3. Задания для самостоятельной работы	15
2. Определение расходов воды расчетной обеспеченности (вероятности превышения)	27
2.1. Введение в теорию расчета	27
2.2. Определение параметров кривой обеспеченности годового стока	33
2.3. Примеры расчетов обеспеченных расходов	36
2.4. Задания для самостоятельной работы	44
Список литературы	47
Приложения	48

1. РАСЧЕТ НОРМЫ СТОКА РЕКИ

1.1. Введение в теорию расчета

Под нормой стока понимается среднее значение стока за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное значение практически не меняется.

Норма стока может быть вычислена путем осреднения годовых значений (норма годового стока), ежегодных величин стока за весеннее половодье или меженный период (норма меженного или весеннего стока) или как среднее из ежегодных экстремальных величин (норма максимального и минимального стока).

Норма стока может быть выражена различными характеристиками: расходом воды Q , модулем стока M , слоем стока h , объемом стока W .

В гидрологических расчетах чаще всего используется расход воды. С помощью расхода воды могут быть определены все остальные характеристики стока (таблица 1.1.). Обозначения, принятые в таблице 1.1: F – площадь водосбора, км²; t – продолжительность половодья, сек.

Таблица 1.1

Соотношение между расходами воды и другими характеристиками стока

Характеристика	Ед. изм.	Примечание
Модуль стока, $\bar{M} = 1000 \bar{Q} / F$	л/с. км ² .	производятся до вычисления 0,01; 0,1; 1,0.
Слой стока, $\bar{h} = \bar{Q}t / (1000 * F)$	мм	Вычисления производятся до двух-трех значащих цифр.

1.1.1. При достаточном периоде гидрометрических наблюдений. Расчеты нормы стока как статистической характеристики затруднений не вызывает:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N}{N} = \sum_{i=1}^N Q_i / N \quad (1.1)$$

где : Q_1, Q_2, \dots, Q_N - расход воды за рассматриваемый период, например, среднегодовой или минимальный суточный расход воды;

N - продолжительность многолетнего периода, используемого для расчета.

Теоретическая величина N должна соответствовать генеральной совокупности данных, однако на практике продолжительность наблюдений на большинстве гидрологических створов меньше 20-30 лет. Поэтому норма стока будет отличаться от истинной на некоторую величину. Точность расчетов нормы стока определяется средним квадратическим отклонением:

$$\sigma_Q = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_0)^2 / (n-1)}, \quad (1.2)$$

где : Q_0 - среднемноголетнее значение расхода воды за n лет.

В практике расчетов часто используется относительная средняя квадратическая погрешность, показывающая изменчивость стока во времени и являющаяся, по сути, коэффициентом вариации.

$$C_v = \frac{\sigma_0}{Q_0} \quad (1.3)$$

Допустимая средняя квадратическая погрешность нормы стока зависит от рассматриваемой характеристики стока и меняется в пределах 5-10%.

1.1.2. При недостаточном периоде гидрометрических наблюдений Статический ряд значений стока будет считаться недостаточным для расчета нормы стока, если он не является репрезентативным, т.е. не включает полных циклов изменения гидрологической величины, а среднеквадратическая погрешность среднего значения ряда превышает допустимое значение.

Удлинение ряда наблюдений осуществляют путем приведения ряда к многолетнему периоду по реке – аналогу, имеющему пункты с наиболее длительным периодом гидрологических наблюдений за стоком, обычно не менее 50 лет.

При подборе рек-аналогов учитывается следующее:

- расчетная река и река-аналог должны находиться в максимальной географической близости;
- климатические условия формирования стока должны быть одинаковыми;
- колебания годового стока должны быть синхронными;
- рельеф водосборов, почво - грунты и гидрологические условия не должны иметь существенных отличий;
- площади водосборов не должны отличаться более чем в 10 раз для равнинных рек, в горах различие в средней высоте водосбора должно быть в пределах 300 м;
- продолжительность совместных лет наблюдений за стоком на расчетной реке и реке-аналоге должна быть не менее 10 лет.

Критерием правильности выбора пункта-аналога является тесная связь за годы одновременных наблюдений, характеризуемая коэффициентом корреляции, $r \geq 0,7$ и отношением коэффициента регрессии к среднеквадратической погрешности коэффициента регрессии $k/\sigma_k \geq 2$.

Приведение данных к длительному периоду может осуществляться графическим, аналитическим или графоаналитическим способами.

1.1.2.1. Графический способ.

Применяется при прямолинейной связи. Норма стока определяется непосредственно по графику.

1.1.2.2. Аналитический способ.

При одном аналоге используется уравнение регрессии с двумя переменными

$$Q = kQ_a + Q' \quad (1.4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q_{cp})^2}{n-1}} ; \quad (1.5)$$

$$Q' = Q_{cp} - kQ_{a,cp} ; \quad (1.6)$$

$$k = r\sigma / \sigma_a ; \quad (1.7)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}{n-1}} ; \quad (1.8)$$

$$r = \frac{\sum (Q_i - Q_{cp})(Q_{ai} - Q_{a,cp})}{\sqrt{\sum (Q_i - Q_{cp})^2 \sum (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}} = \frac{\sum (Q_i - Q_{cp})(Q_{ai} - Q_{a,cp})}{(n-1)\sigma\sigma_a} \quad (1.9)$$

где : Q_{cp} и $Q_{a,cp}$ - средние значения стока в расчетном пункте и пункте-аналоге за совместный период наблюдений;

k - коэффициент регрессии;

r - коэффициент парной корреляции;

σ , σ_a - средние квадратические отклонения однолетних средних от средних, за период совместных наблюдений в расчетном пункте и пункте – аналоге;

Q' - свободный член, учитывающий различие в стоке рассматриваемых пунктов за совместный период.

Условие приемлемости реки-аналога:

$R \geq 0,7$; $k/\sigma_k \geq 2$ при :

$$\sigma_k = \sigma / \sigma_a \left[(1 - r^2) / \sqrt{n-1} \right] ; \quad (1.10)$$

Для нормы стока уравнение линейной регрессии

$$\bar{Q} = Q_{cp} + r(\sigma / \sigma_a)(\bar{Q} - Q_{a,cp}) \quad (1.11)$$

Графо - аналитический метод приведения базируется на использовании трех опорных ординат кривой распределения, соответствующих обеспеченности 5; 50; 95 %, устанавливаемых по графику связи стока расчетного пункта и пункта-аналога.

1.1.3. При отсутствии гидрологических данных.

В практике чаще всего приходится рассчитывать сток для неизученных рек. Определить норму стока можно несколькими способами, например:

- путем прямолинейной интерполяции с использованием опорных пунктов;

- по картам изолиний годового стока и др.

Первый способ целесообразно использовать, если расчетный створ находится между двумя пунктами наблюдений на исследуемой реке, либо используют 2-3 и более пунктов на соседних реках, между которыми находится расчетный створ.

Определение нормы стока по карте осуществляется в зависимости от густоты изолиний, пересекающих водосбор расчетной реки, значение стока определяется как средневзвешенное

$$M = (M_1 f_1 + M_2 f_2 + \dots + M_i f_i) / F, \quad (1.11)$$

где: M_i - среднее значение модуля стока между соседними изолиниями;
 f_i - площадь между этими изолиниями.

В настоящее время построена карта нормы годового стока рек СССР в масштабе 1:10000000 и составлены региональные карты годового стока, опубликованные в справочниках по водным ресурсам.

1.2. Примеры расчета нормы стока.

1.2.1. При достаточном периоде наблюдений.

Задача: рассчитать норму годового стока р. Сосьва в створе д. Денежкино.

Сосьва - река Северного Урала, берущая начало в горах и впадающая в р. Тавду. Верхний участок реки относится к типу горных рек, в устье река имеет равнинный характер.

Створ р. Сосьва - д. Денежкино - расположен на расстоянии 477 км от устья, площадь водосбора 4390 км². Гидрологический пост открыт в 1932 г. и действует по настоящее время. Данные наблюдений сведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Наблюденные среднегодовые расходы воды р. Сосьва – д. Денежкино

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1		22,1	16	1951	28,6	31	1966	35,4
2	1935	45,0	17	1952	25,1	32	1967	30,2
3	1936	21,2	18	1953	30,5	33	1968	30,1
4	1937	40,4	19	1954	24,7	34	1969	64,1
5	1938	18,3	20	1955	41,5	35	1970	50,2
6	1939	29,6	21	1956	50,9	36	1971	46,4
7	1941	30,5	22	1957	57,0	37	1972	37,0
8	1942	38,0	23	1958	35,4	38	1973	31,5
9	1943	49,6	24	1959	27,0	39	1974	40,9
10	1944	38,0	25	1960	33,4	40	1975	24,1
11	1945	32,8	26	1961	40,5	41	1976	28,3
12	1947	39,9	27	1962	35,7	42	1977	22,4
13	1948	57,0	28	1963	35,9	43	1978	52,5
14	1949	25,0	29	1964	30,2	44	1979	56,7
15	1950	96,1	30	1965	43,1			

Из таблицы следует, что $N = 44$ года.

$$\sum_{i=1}^N Q_i = 1672,6 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.12)$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N} = \frac{1672,6}{44} = 38,0 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.13)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 / (n-1)} = 14,2 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.14)$$

Для расчета характеристик ряда наблюдений можно воспользоваться программируемыми микрокалькуляторами типа МК-61 или микро-ЭВМ программа “Гидрология” для Электроники ДЗ-28.

1.2.2. При недостаточном периоде наблюдений.

Задача: рассчитать норму годового стока р. Каква в створе д.Полутовка.

Бассейн р. Каква расположен в северной части Среднего Урала на восточном склоне. Длина реки 170 км, площадь водосбора 1970 км².

Створ реки Каква – д. Полутовка – расположен на расстоянии 43 км от устья, площадь водосбора 1500 км². Наблюдения велись с 1955 года по 1970 год, Данные гидрологических измерений приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3.

**Наблюденные значения среднегодовых расходов воды
р. Каквы – д. Полутовка**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1956	11,4	6	1961	13,2
2	1957	18,3	7	1962	11,7
3	1958	11,6	8	1963	11,7
4	1959	9,01	9	1968	9,98
5	1960	11,0	10	1969	20,5

Из таблицы 1.3 следует, что $n = 10$ лет.

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{133,3}{10} = 13,3 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.16)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{129}{10-1}} = \sqrt{14,35} = 3,8 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.17)$$

$$C_V = \frac{3,8}{13,3} = 0,28. \quad (1.18)$$

Средняя квадратическая ошибка составляет $3,8/13,3 * 100 = 8,5 \%$, что значительно больше допустимого. Следовательно, ряд наблюдений недостаточен для расчета нормы стока, необходим подбор аналога.

В данном случае в качестве аналога выберем р.Сосьву – д.Денежкино по следующим соображениям:

- период наблюдений достаточен;
- климатические условия формирования стока аналогичны;
- реки расположены географически близко;
- рельеф водосборов близок, обе реки в верховьях имеют горный характер;
- площади водосборов отличаются в 3 раза;
- в течение 10 лет имеются совместные наблюдения.

Определяем корреляционную связь расходов исследуемой реки и реки-аналога (таблица 1.4.) .

Таблица 1.4

Определение корреляционной связи среднегодовых расходов воды в створах р.Сосьва – д.Денежкино и р.Каква – д.Полутовка

№№ п/п	Годы	Среднегодовой расход, м ³ /с		$Q_a - Q_{cp}$	$Q - Q_{cp}$	$(Q_a - Q_{a,cp})^2$	$(Q - Q_{cp})^2$	$(Q - Q_{cp}) * (Q_a - Q_{a,cp})$
		Сосьва- Денежкино Q_a	Каква- Полутов- 8А, Q					
1	1956	50,9	16,4	9,9	3,1	98,0	9,4	30,3
2	1957	57,0	18,3	16,0	5,0	256,0	24,6	79,4
3	1958	35,4	11,6	-5,6	-1,7	31,4	3,0	9,7
4	1959	27,0	9,01	14,0	-4,3	196,0	18,7	60,6
5	1960	33,4	11,0	-7,6	-2,3	57,8	5,5	17,8
6	1961	40,5	13,2	-0,5	-0,1	0,3	0,0	0,1
7	1962	35,7	11,7	-5,3	-1,6	28,1	2,7	8,7
8	1963	35,9	11,7	-5,1	-1,6	26,0	2,7	8,4
9	1968	30,1	9,98	10,9	-3,4	118,8	11,3	36,6
10	1969	64,1	20,5	23,1	7,2	533,6	51,3	165,4
Сумма		410	133,4	0	0	1345,9	129,2	416,9
Среднее		41	13,3					

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{cp})^2}{m-1}} = \sqrt{\frac{129,3}{10-1}} = 3,79; \quad (1.19)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1346,0}{10-1}} = 12,2; \quad (1.20)$$

$$r = \frac{\sum (Q_i - Q_{cp})(Q_{ai} - Q_{a,cp})}{\sqrt{\sum (Q_i - Q_{cp})^2 \sum (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}} = \frac{416,9}{\sqrt{1346,0 * 129,3}} = 0,999; \quad (1.21)$$

$$k = r * \sigma / \sigma_a = \frac{0,999 * 3,79}{12,2} = 0,31 \quad (1.22)$$

$$\sigma_k = \frac{\sigma(1-r^2)}{\sigma_a \sqrt{n-1}} = \frac{3,79(1-0,999^2)}{12,2\sqrt{10-1}} = 0,0002; \quad (1.23)$$

$$k/\sigma_k = \frac{0,31}{0,0002} = 1497,6 \quad (1.24)$$

Уравнение регрессии $Q = 0,31 Q_a + 1,82$.

Корреляционная связь достаточно тесная, можно рассчитывать норму стока:

$$\bar{Q} = Q_{cp} + r(\sigma/\sigma_a)(\bar{Q}_a - Q_{acc}) = 13,3 + 0,999 \frac{3,79}{12,2} 38,0 - 41,0 = 12,4 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1.25)$$

По уравнению регрессии можно достроить ряд наблюдений по створу р.Каква – д.Полутовка.

1.3. Задания для самостоятельной работы

Задания составлены в вариантах. Номер варианта задания устанавливается преподавателем. Наиболее полные данные гидрологических наблюдений приведены в таблице 1.5. Характеристика створов приведена на рисунке 1.1.

1.3.1. Рассчитать норму годового стока.

Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Данные гидрометрических наблюдений за стоком в створе р.Каменка – д.Каменка

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1971	10,9	5	1975	3,75	9	1979	6,21
2	1972	2,48	6	1976	14	10	1980	14,2
3	1973	6,55	7	1977	12,2	11	1981	11,5
4	1974	4,2	8	1978	16,1	12	1982	9,1

1.3.2. Рассчитать норму годового стока в створе р.Березовой – п.Березовка.

Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Данные гидрометрических наблюдений за стоком в створе р. Березовой – п.Березовка

№№,	Годы	Q,	№№,	Годы	Q,	№№,	Годы	Q,
-----	------	----	-----	------	----	-----	------	----

п/п		м ³ /с	п/п		м ³ /с	п/п		м ³ /с
1	1968	3,62	6	1973	6,08	11	1978	5,00
2	1969	8,40	7	1974	3,19	12	1979	3,87
3	1970	13,4	8	1975	6,37	13	1980	8,44
4	1971	8,07	9	1976	5,45	14	1981	4,28
5	1972	1,02	10	1977	6,98	15	1982	1,95

1.3.3. Рассчитать норму годового стока р.Ольховки – п.Зеленый Бор. Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7

**Данные гидрометрических наблюдений
за стоком в створе р.Ольховки – п.Зеленый Бор**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1932	1,12	6	1937	5,16	11	1943	4,59
2	1933	1,81	7	1939	2,01	12	1944	2,77
3	1934	6,54	8	1940	4,25	13	1945	1,68
4	1935	6,4	9	1941	6,66	14	1946	1,21
5	1936	7,11	10	1942	7,14	15	1949	3,42

1.3.4. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Ельничная – совхоз.

Данные приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8.

Данные определения слоя стока р.Ельничная – совхоз

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
1	1956	10,9	5	1960	17,5	8	1963	16,1
2	1957	24,8	6	1961	34,0	9	1968	42,2
3	1958	15,5	7	1962	28,2	10	1969	34,2
4	1959	42,8						

1.3.5. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Березовая – п.Березовка.

Имеющиеся данные приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9.

Данные определения слоя стока р.Березовая – п.Березовка

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
------------	------	----------------------	------------	------	----------------------	------------	------	----------------------

		мм			мм			мм
1	1958	115	5	1962	576	9	1966	30
2	1959	580	6	1963	144	10	1967	682
3	1960	180	7	1964	516	11	1968	84
4	1961	609	8	1965	136	12	1969	566

1.3.6. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Ольховка – п.Зеленый Бор.

Имеющиеся данные приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Данные определения слоя стока р.Ольховка – п.Зеленый Бор

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
1	1951	124	5	1955	112	9	1959	113
2	1952	116	6	1956	18	10	1960	20
3	1953	35	7	1957	29	11	1961	77
4	1954	81	8	1958	31			

1.3.7. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Каменка – д.Каменка.

Имеющиеся данные приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11

Данные определения слоя стока р. Каменка – д. Каменка

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
1	1948	946	6	1953	778	11	1958	478
2	1949	854	7	1954	569	12	1959	1313
3	1950	1260	8	1955	1234	13	1960	352
4	1951	1415	9	1956	651	14	1961	1043
5	1952	1111	10	1957	987			

1.3.8. Рассчитать норму модуля стока в створе р.Черная– ж/д мост. Известные данные о модуле стока приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12

**Результаты гидрометрических измерений модуля
стока в створе р.Черная– ж/д мост**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²
1	1961	14,1	6	1966	6,6	11	1971	7,3
2	1962	11,4	7	1967	19,1	12	1972	8,1
3	1963	9,8	8	1968	4,7	13	1973	9,4
4	1964	18,7	9	1969	15,6	14	1974	5,7
5	1965	7,5	10	1970	21,3			

1.3.9. Рассчитать норму модуля стока в створе р.Березовой - с.Александровское.

Известные данные о модуле стока приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13

**Результаты гидрометрических измерений модуля
стока в створе р.Березовой - с. Александровское**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²
1	1933	18,0	5	1937	22,2	9	1941	12,0
2	1934	25,1	6	1938	16,7	10	1942	34,2
3	1935	23,8	7	1939	9,1	11	1943	28,3
4	1936	25,6	8	1940	13,4	12	1944	12,8

1.3.10. Рассчитать норму годового стока р.Белой в створе с.Покровское.

Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.14.

Таблица 1.14

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком
в створе р.Белая – с.Покровское**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1952	250,8	6	1957	157,0	11	1972	161,2
2	1953	135,1	7	1958	87,7	12	1973	198,0
3	1954	184,5	8	1959	263,3	13	1974	115,9
4	1955	261,3	9	1970	417,1	14	1975	177,7
5	1956	70,9	10	1971	268,4			

1.3.11. Рассчитать норму модуля стока в створе р. Белая - с.Покровское.
Известные данные о модуле стока приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15

Результаты гидрометрических измерений модуля стока в створе р. Белая - с. Покровское

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²
1	1934	58,6	5	1938	50,6	9	1942	64,7
2	1935	54,1	6	1939	28,0	10	1943	80,6
3	1936	67,8	7	1940	44,4	11	1944	45,3
4	1937	48,7	8	1941	71,2			

1.3.12. Рассчитать норму годового стока р.Черной – ж/д моста.
Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.16.

Таблица 1.16

Результаты гидрометрических наблюдений за стоком в створе р.Черной – ж/д моста

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1948	4,12	5	1952	18,5	9	1956	4,27
2	1949	6,45	6	1953	7,33	10	1957	11,4
3	1950	14,1	7	1954	8,14	11	1958	6,66
4	1951	15,2	8	1955	17,6	12	1959	10,8

1.3.13. Рассчитать норму годового стока р.Березовая в створе с.Александровское.

Известные данные о стоке приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17

Результаты гидрометрических наблюдений за стоком в створе р. Березовая -с. Александровское

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1961	16,8	5	1965	10,1	9	1969	20,6
2	1962	14,5	6	1966	5,84	10	1970	28,5
3	1963	12,3	7	1967	24,6			
4	1964	18,7	8	1968	5,12			

1.3.14. Рассчитать норму годового стока р.Вогулка в створе д.Новой.
Известные данные о стоке приведены в таблице 1.18.

Таблица 1.18

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком
в створе р.Вогулки-д.Новая**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1937	5,17	5	1942	3,89	9	1946	1,61
2	1938	2,88	6	1943	5,61	10	1947	1,14
3	1939	1,56	7	1944	2,11	11	1948	1,96
4	1940	4,00	8	1945	1,74			

1.3.15. Рассчитать норму годового стока в створе р.Ельничной – совхоз.
Имеющиеся данные о годовом стоке приведены в таблице 1.19.

Таблица 1.19

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком
в створе р. Ельничная – совхоз**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1969	3,15	5	1973	1,64	9	1977	2,58
2	1970	4,01	6	1974	0,97	10	1978	2,91
3	1971	2,72	7	1975	0,84	11	1979	2,09
4	1972	1,18	8	1976	2,23	12	1980	4,76

1.3.16. Рассчитать норму годового стока в створе рч.Говорливый – автомобильный мост.
Имеющиеся данные о годовом стоке приведены в таблице 1.20.

Таблица 1.20

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком
в створе рч. Говорливый – автомобильный мост**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1970	1,61	4	1973	0,35	7	1976	0,58
2	1971	0,76	5	1974	0,19	8	1977	0,88
3	1972	0,29	6	1975	0,18	9	1978	1,02

1.3.17. Рассчитать норму годового стока в створе р. Каменка – д. Каменка.
Известные данные о годовом стоке приведены в таблице 1.21.

Таблица 1.21

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком
в створе р. Каменка – д. Каменка**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1955	16,8	5	1959	18,0	9	1963	10,6
2	1956	5,16	6	1960	4,87	10	1964	12,9
3	1957	13,3	7	1961	15,5			
4	1958	7,61	8	1962	13,2			

1.3.18. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р. Вогулка – д. Новая.

Известные данные приведены в таблице 1.22.

Таблица 1.22

**Данные определения слоя стока
за половодье в створе р. Вогулка – д. Новая**

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой Стока, мм
1	1962	634	5	1966	96	9	1970	1177
2	1963	256	6	1967	891	10	1971	545
3	1964	889	7	1968	118	11	1972	120
4	1965	214	8	1969	748			

1.3.19. Рассчитать норму модуля стока в створе рч. Говорливый – Автомобильный мост.

Известные данные приведены в таблице 1.23.

Таблица 1.23

**Результаты измерений модуля стока
в створе рч. Говорливый – Автомобильный мост**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км ²
1	1962	1,12	4	1965	0,71	7	1968	0,48
2	1963	0,45	5	1966	0,62	8	1969	1,2
3	1964	0,98	6	1967	1,3	9	1970	1,9

1.3.20. Рассчитать норму годового стока р. Березовой в створе п. Березовка.

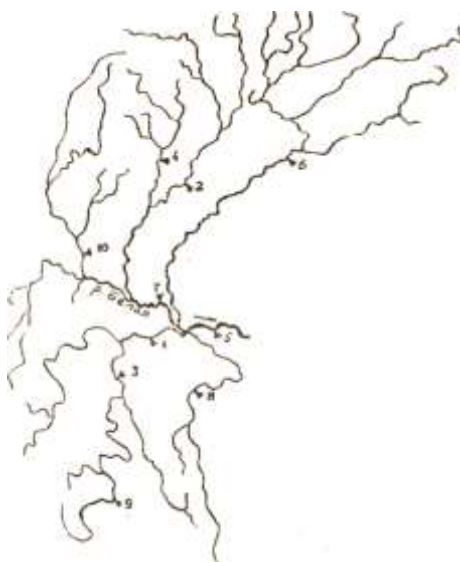
Известные данные о годовом стоке приведены в таблице 1.24.

Таблица 1.24

**Данные гидрологических наблюдений за стоком
в створе р. Каменка – д. Каменка**

№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с	№№, п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1947	1,34	5	1951	8,86	9	1955	9,15
2	1948	2,77	6	1952	8,90	10	1956	3,04
3	1949	4,99	7	1953	4,13	11	1957	8,19
4	1950	10,2	8	1954	5,91	12	1958	3,89

Схема гидрологических постов в бассейне р. Белой



Наименование постов и площади водосбора

1. р. Каменка – д. Каменка	F = 1090 км ²
2. р. Березовая – п. Березовка	F = 530 км ²
3. р. Ольховка – д. Зеленый Бор	F = 670 км ²
4. р. Ельничная – совхоз	F = 250 км ²
5. р. Белая – с. Покровское	F = 7390 км ²
6. р. Черная – ж/д мост	F = 1140 км ²
7. р. Березовая – п. Александровское	F = 1950 км ²
8. р. Вогулка – д. Новая	F = 340 км ²
9. рч. Говорливый – автомобильный мост	F = 160 км ²
10. р. Широкая – д. Яр	F = 620 км ²

**Результаты гидрологических наблюдений
за стоком в створе р. Широкая – д. Яр**

№№	Годы	Q, м ³ /с	M, л/с*км ²	h _{тал} ,мм	№№	Годы	Q, м ³ /с	M, л/с*км ²	h _{тал} ,мм
1	1932	4,85	6,91	348	26	1958	4,11	5,93	214
2	1933	6,92	9,98	1178	27	1959	8,30	11,9	909
3	1934	12,1	17,3	958	28	1960	2,05	2,94	150
4	1935	10,0	14,3	218	29	1961	8,42	12,0	718
5	1936	11,2	16,0	193	30	1962	6,71	9,67	659
6	1937	8,48	12,1	572	31	1963	5,19	7,45	288
7	1938	6,19	9,15	121	32	1964	8,48	12,1	937
8	1939	1,99	2,82	132	33	1965	4,74	6,86	223
9	1940	3,32	4,76	818	34	1966	3,60	5,12	104
10	1942	7,91	11,3	302	35	1967	10,1	14,5	976
11	1943	8,48	12,1	165	36	1968	2,51	3,63	126
12	1944	4,75	6,84	303	37	1969	9,08	13,0	776
13	1945	3,74	5,31	934	38	1970	13,8	19,7	1245
14	1946	2,61	3,75	166	39	1971	6,59	9,41	576
15	1947	1,51	2,26	185	40	1972	3,93	5,64	124
16	1948	3,08	4,42	465	41	1973	4,67	6,76	531
17	1949	5,30	7,61	302	42	1974	2,81	4,00	167
18	1950	9,77	14,0	858	43	1975	2,33	3,32	164
19	1951	8,94	12,8	749	44	1976	7,04	10,1	547
20	1952	9,84	14,1	902	45	1977	8,83	12,6	992
21	1953	4,06	5,88	205	46	1978	8,55	12,2	742
22	1954	6,04	8,65	428	47	1979	5,46	7,84	233
23	1955	9,71	13,9	850	48	1980	12,1	17,3	862
24	1956	2,78	4,07	165	49	1981	4,70	6,76	247
25	1957	7,91	11,4	211	50	1982	3,21	4,65	152

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ (ВЕРОЯТНОСТИ ПРЕВЫШЕНИЯ)

2.1. Введение в теорию расчета

Основной задачей расчетов стока является вычисление его характеристик за период эксплуатации гидротехнических сооружений в руслах и на водосборах рек.

Наличие нерегулируемых колебаний стока, не подчиняющимся каким-либо закономерностям, позволяет использовать методы теории вероятности. Основными приемами расчета являются кривые обеспеченности. Кривая обеспеченности показывает повторяемость гидрологической характеристики выше заданного значения. Расчетная обеспеченность зависит от характера объекта, регламентируется с учетом капитальности сооружения и требований безопасности (таблица 2.1., 2.2).

Таблица 2.1

Расчетная обеспеченность в зависимости от класса капитальности гидротехнических сооружений

Класс капитальности	Обеспеченность расчетных максимальных расходов, %	
	при нормальных условиях эксплуатации	при чрезвычайных условиях эксплуатации
1	0,1	0,01
2	1	0,1
3	2	0,5
4	5	1
5	10	3

Основой построения кривой обеспеченности служит ряд эмпирических данных. По ним строится эмпирическая кривая обеспеченности, к которой подбирается аналитическая кривая, наилучшим образом соответствующая расположению эмпирических точек. Аналитическая кривая описывается уравнением, позволяющим рассчитывать сток в зонах обеспеченности, по которым отсутствуют данные.

Расчетная обеспеченности для гидротехнических сооружений на малых водотоках

Сооружения	Обеспеченность расчетных максимальных расходов, %	
	при нормальных условиях эксплуатации	при чрезвычайных условиях эксплуатации
Сельские гидроэлектростанции	5	1
Плотины прудов и водохранилищ	5 – 10	1 – 3
Отверстия мостов на железных дорогах и автомагистралях 1 категории	1	-
Отверстия мостов на железных дорогах и автомагистралях 2 категории	2	-

Эмпирические кривые обеспеченности строятся путем:

- ранжирования эмпирических данных;
- определения обеспеченности $P(\%)$ каждого ранжированного значения по формуле эмпирической обеспеченности:

$$P = \frac{m - 0,3}{n - 0,4} * 100 ,$$

(2.1)

где: m – порядковый номер члена ряда;

n – количество наблюдений;

нанесение полученных значений на график $Q = f(P, \%)$ или $K = Q/Q_{cp} = f(P, \%)$.

Аналитическая кривая обеспеченности характеризуется следующими параметрами: среднее арифметическое ряда Q_0 , коэффициент вариации или изменчивости C_v и коэффициент асимметрии C_s .

Так как характер распределения стока во времени различен, то различны и типы кривых распределения, применяющихся в гидрологии.

Наиболее часто используются биномиальная кривая обеспеченности и трехпараметрическое гамма-распределение (кривая обеспеченности Крицкого-Менкеля).

Найти аналитическую кривую можно графическим и аналитическим способами.

2.1.1. Подбор теоретической кривой обеспеченности графическим способом.

Чтобы осуществить графическую экстраполяцию кривой обеспеченности за пределы наблюдений и графически определить коэффициенты C_v и C_s пользуются клетчатками вероятности.

Сущность построения клетчаток вероятностей заключается в преобразовании шкалы случайной гидрологической переменной – шкалы ординат и шкалы обеспеченности шкалы абсцисс так, чтобы кривая распределения вероятностей преобразовалась в прямую линию. Например, на рисунке 2.1 представлена схема трансформации шкалы ординат (модульных коэффициентов $K=Q/Q_0$) для случая $K=I$, $C_v=I$, $C_s=2C_v$.

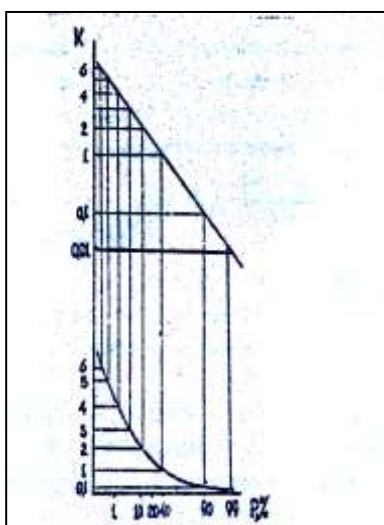


Схема построения клетчатки вероятности биномиального закона распределения

На практике пользуются набором клетчаток вероятностей, подбирая ту, которая преобразует в прямую линию эмпирическую кривую обеспеченности.

2.1.2. Построение теоретической кривой обеспеченности аналитическим методом.

Чтобы построить теоретическую кривую обеспеченности аналитическим методом необходимо определить среднеарифметическое значение эмпирического ряда, коэффициенты C_v и C_s , которые будут характеризовать теоретическую кривую. Затем, пользуясь таблицами интеграла кривой обеспеченности (приложение 4), построить теоретическую кривую.

Коэффициент вариации C_v вычисляют методом момента или методом наибольшего правдоподобия. Метод моментов применим при $C_v < 0,5$, метод наибольшего правдоподобия дает лучшие результаты при $C_v > 0,5$.

Определение C_v методом моментов производится по формуле:

$$C_v = \sigma_Q / \bar{Q} = \sqrt{\sum_{i=1}^n ((Q_i / \bar{Q}) - 1)^2 / (n-1)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2 / (n-1)} \quad (2.2)$$

где: n – период наблюдений;

остальные обозначения те же, что и в разделе 1.

Среднеквадратическая погрешность коэффициента C_v определяется по формуле:

$$\sigma_{C_v} = C_v \sqrt{(1 + C_v^2) / 2n} \quad (2.3.)$$

Метод наибольшего правдоподобия основан на использовании статистик λ_2 и λ_3 . Они связаны друг с другом и их соотношение меняется от изменения C_v и соотношения C_s/C_v :

$$\lambda_2 = \sum_{i=1}^n \lg K_i / (n-1) \quad (2.4)$$

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n K_i \lg K_i / (n-1) \quad (2.5)$$

$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^n Q_i / n. \quad (2.6)$$

Разработаны монограммы для определения C_v и C_s на основании статистик;

λ_2 и λ_3 /1/. Рассчитать λ_2 и λ_3 можно с помощью ПМК.

Среднеквадратическая ошибка коэффициента C_v

$$\sigma_{C_v} = C_v \sqrt{3(3n(3 + C_v^2))} \quad (2.5)$$

Коэффициент асимметрий C_s определяется путем подбора, исходя из условия наилучшего соответствия аналитической и эмпирической кривых обеспеченности.

2.2. Определение параметров кривой обеспеченности кривой оттока

2.2.1. При наличии данных наблюдений

Определяется среднемноголетнее значение гидрологической величины (норма). Рассчитываются коэффициенты C_v и C_s .

Значение C_v меняется в больших пределах от 0,1 до 1,2. Наименьшее значение в зоне тундры и тайги севера Европейской территории СССР и в Сибири, в среднем 0,15-0,25, наибольшее значение C_v в пустынно-степных районах Казахстана – до 1,2. В горных районах обычно $C_v = 0,2+0,4$.

Количественными критериями для оценки достаточности имеющегося ряда наблюдений за годовым стоком являются $\sigma_Q \leq 5+10\%$; $\sigma_{C_v} \leq 10+15\%$.

Значение C_s определяется по отношению с C_v .

2.2.2. При недостаточности периода наблюдений

Применяется метод аналогий. При этом могут быть использованы следующие способы приведения коэффициента C_V :

- расчет C_V по удлинненному ряду;
- использование для расчета C_V аналитических зависимостей;
- графо-аналитический способ.

По первому способу восстанавливается на период наблюдений на реке-аналоге ряд по уравнению регрессии и определяется C_V и C_S по 2.2.1.

При аналитическом способе расчета используется формула приведения

$$C_{V_N}^p = \frac{\sigma_n^p}{Q_o^p \sqrt{1 - r^2 (1 - \sigma_n^{a^2} / \sigma_N^{a^2})}}$$

где Q_o^p - среднее многолетнее значение расхода воды исследуемой реки за длительный период; N лет;

σ_n^p, σ_n^a - соответственно для исследуемой реки и реки-аналога среднеквадратические отклонения за совместный период n лет;

σ_N^a - среднеквадратическое отклонение расхода реки-аналога за весь период наблюдений, N лет;

r - коэффициент корреляции рядов наблюдения.

Графо-аналитический способ используется, если совместные наблюдения на изучаемой реке и реке-аналоге охватывают 70-80 % от всего ряда и коэффициент корреляции $\geq 0,8$.

$$C_V = b C_{V_N}^a \bar{Q}_a^N / Q_o^h \quad (2.7.)$$

где b – tg угла наклона прямой графика связи одновременных наблюдений;

\bar{Q}_a - норма стока реки-аналога;

Q_o - среднемноголетний расход воды в расчетном створе.

2.2.3. При отсутствии данных о стоке

Коэффициент изменчивости (вариации) годового стока для неизученных рек

$$C_V = 0,78 - 0,29 \lg M_0 - 0,063 \lg (F + 1) - 0,08 \lg (f_{03} + 1), \text{ может}$$

определяться:

по карте изолиний;

по формуле М.Э.Шевелева

$$(2.8)$$

где M_0 – среднемноголетний модуль стока;
 F – площадь водосбора;
 f_{03} – озерность.
 по формуле К.П.Воскресенского

$$C_V = A / (M^{0.4} (F + 1000)^{0.1}), \quad (2.9)$$

где A – параметр, определяемый по рекам-аналогам обратным путем;
 M – среднемноголетний модуль стока, определяемый по карте.

Коэффициент асимметрии для неизученных рек устанавливается по соотношению с C_V по рекам-аналогам. При отсутствии аналогов можно принимать следующие соотношения:

для зоны избыточного и переменного увлажнения (от арктической до лесостепной и степной) $C_S = 2 C_V$;

для зоны недостаточного увлажнения (для сухостепной и пустынной) $C_S = (1,5 + 1,8) C_V$

для эпизодически пересыхающих рек $C_S = 1,5 C_V$;

в районах с интенсивными ливневыми осадками соотношение коэффициентов до 2,5.

2.3. Примеры расчетов обеспеченных расходов

2.3.1. При длительном периоде наблюдений

Задача. Определить годовой сток 10 % обеспеченности реки Сосьва в створе д.Денежкино.

Имеющиеся данные по годовому стоку в створе р. Сосьва – д.Денежкино приведены в табл. 1.2. Получено, что $C_V = 0,366$, $\sigma_Q = 14,2$.

$$\sigma_{C_V} = C_V \sqrt{(1 + C_V^2) / 2n} = 0,37 \sqrt{(1 + 0,37^2) / 244} = 0,042 \text{ или } 11,4 \%$$

Определим репрезентативность (достаточность) ряда.

Таким образом $\sigma_{C_V} = 11,4 \%$ в пределах 10+15 %, ряд достаточен.

Определим обеспеченность имеющихся расходов. Результаты расчетов сведем в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Расчет обеспеченных расходов воды

№№ п/п	Q, м3/с	$\kappa = -\frac{Q}{\sigma}$	P, %	№№ п/п	Q, м3/с	$\kappa = -\frac{Q}{\sigma}$	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	96,1	2,53	1,57	23	35,4	0,93	51,1
2	64,1	1,69	3,83	24	35,4	0,93	53,4
3	57,0	1,50	6,08	25	33,4	0,88	55,6

4	57,0	1,50	8,33	26	32,8	0,86	57,9
5	56,2	1,48	10,6	27	31,5	0,83	60,1
6	52,5	1,38	12,8	28	30,5	0,80	62,4
7	50,9	1,34	15,1	29	30,5	0,80	64,6
8	50,2	1,32	17,3	30	30,2	0,79	66,9
9	49,6	1,30	19,6	31	30,2	0,79	69,1
10	46,4	1,22	21,8	32	30,1	0,79	71,4
11	45,0	1,18	24,1	33	29,6	0,78	73,6
12	43,1	1,13	26,4	34	28,6	0,75	75,9
13	41,5	1,09	28,6	35	28,3	0,74	78,1
14	40,9	1,08	30,8	36	27,0	0,71	80,4
15	40,5	1,06	33,1	37	25,1	0,66	82,6
16	40,4	1,06	35,4	38	25,0	0,66	84,9
17	39,9	1,05	37,6	39	24,7	0,65	87,2
18	38,0	1,00	39,9	40	24,1	0,63	89,4
19	38,0	1,00	42,1	41	22,4	0,59	91,7
20	37,0	0,97	44,4	42	22,1	0,58	93,9
21	35,9	0,94	46,6	43	21,2	0,56	96,2
22	35,7	0,94	48,9	44	18,3	0,48	98,4

Вид кривой обеспеченности представлен на рис. 2.2.

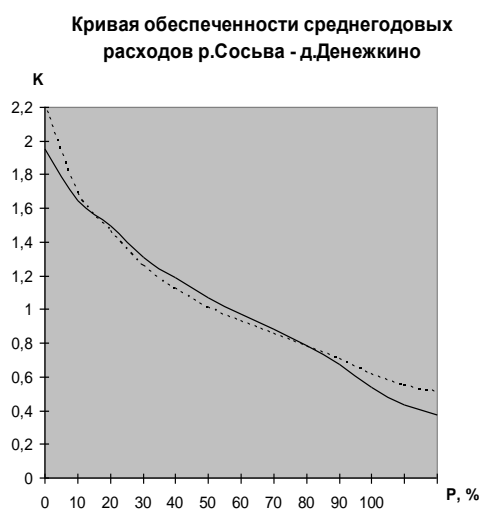


Рис.2.2

1 – теоретическая кривая при $C_s = C_v$; 2 – теоретическая кривая при $C_s = 4 C_v$
; · - экспериментальные точки

Коэффициент вариации методом моментов определен в 1.2.1, как

$$C_v = \sqrt{\sum (K_i - 1)^2 / (n - 1)} = \sqrt{5,7665 / 43} = 0,37.$$

Определение C_V методом наибольшего правдоподобия возможно с $C_V > 0,4$.

Коэффициент C_S определим методом подбора, построив теоретические кривые с различным соотношением C_S / C_V .

Для построения кривых обеспеченности воспользуемся таблицами ординат кривых трехпараметрического гамма-распределения (Приложение 4). Так как в таблицах не даны значения ординаты при $C_V = 0,37$, определим их интерполяцией $K_{0,3} + \frac{K_{0,4} - K_{0,3}}{2}$. Полученные значения сведем в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Ординаты кривой обеспеченности с $C_V=0,37$ и различным коэффициентом асимметрии

P, %	Коэффициент асимметрии				
	C_V	$1,5C_V$	$2C_V$	$3C_V$	$4C_V$
1	1,95	2,00	2,06	2,15	2,22
5	1,65	1,66	1,68	1,69	1,69
10	1,50	1,50	1,50	1,48	1,47
20	1,31	1,30	1,29	1,27	1,26
30	1,19	1,17	1,18	1,13	1,12
40	1,07	1,07	1,04	1,03	1,01
50	0,976	0,964	0,927	0,939	0,93
60	0,882	0,873	0,866	0,857	0,853
70	0,784	0,780	0,779	0,777	0,779
80	0,676	0,679	0,683	0,693	0,703
90	0,537	0,552	0,564	0,591	0,612
95	0,434	0,458	0,483	0,517	0,547
97	0,374	0,404	0,430	0,474	0,510

Построенные кривые обеспеченности (рис. 2.2) при условии, что $C_S = C_V$ (кривая 1) и $C_S = 4 C_V$ (кривая 2), наложенные на экспериментальные точки, показывают, что натурные данные с наибольшей теснотой связи аппроксимируется кривой 2. Отсюда следует, что годовой сток р.Сосьва – д.Денежкино описывается кривой обеспеченности с параметрами: $\bar{Q} = 38,0 \text{ м}^3 / \text{с}$, $C_V = 0,37$, $C_S = 1,48$. Тогда единичная ордината 10 % обеспеченности из таблиц

Крицкого-Менкэля $K = 1,47$, а среднегодовой расход воды 10 % обеспеченности $Q_{10\%} = 1,47 \cdot 38,0 = 55,9 \text{ м}^3 / \text{с}$.

2.3.2. При недостаточном периоде наблюдений

Задача. Определить среднегодовой расход воды 95 % обеспеченности в створе р.Каква – д.Полутовка. Имеющиеся данные по годовому стоку приведены в 1.2.2.

Определим репрезентативность имеющегося ряда, для которого определено, что $C_V = 0,28$, $\sigma_a = 3,79 \text{ м}^3 / \text{с}$, $\bar{Q} = 12,4 \text{ м}^3 / \text{с}$, $n = 10$

$$\sigma_{C_V} = C_V \sqrt{(1 + C_V^2) / 2n} = 0,28 \sqrt{(1 + 0,28^2) / 2 \cdot 10} = 0,071$$

или 25,4 %. Но так как 25,4 % > 10+15 %, ряд является недостаточным. Построим кривую обеспеченности методом аналогии разными способами. Из 1.2.2 известно, что аналогом створа р.Каква – д.Полутовка может быть створ р.Сосьва – д.Денежкино.

Расчет C_V по удлинённому ряду предполагает восстановление ряда по уравнению регрессии

$Q = 0,31Q_a + 1,82$ и далее как в 2.3.1. При этом $C_S = C_S^a$. Удлинённый ряд (ранжированный) представлен в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Расчет обеспеченных расходов воды в створе р.Каква – д.Полутовка

№№ п/п	Q, м ³ /с	$K = Q / \bar{Q}$	P, %	№№ п/п	Q, м ³ /с	$K = Q / \bar{Q}$	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	31,6	2,37	1,57	23	11,77	0,88	51,1
2	20,5	1,54	3,83	24	11,7	0,88	53,4
3	19,5	1,46	6,08	25	11,6	0,87	55,6
4	19,3	1,45	8,33	26	11,5	0,86	57,9
5	18,3	1,37	10,6	27	11,3	0,85	60,1
6	18,0	1,35	12,8	28	11,3	0,85	62,4
7	17,4	1,31	15,1	29	11,2	0,84	64,6
8	17,2	1,29	17,3	30	11,2	0,84	66,9
9	16,4	1,23	19,6	31	11,0	0,83	69,1
10	16,2	1,22	21,8	32	11,0	0,83	71,4
11	15,8	1,19	24,1	33	10,7	0,81	73,6
12	15,2	1,14	26,4	34	10,6	0,79	75,9
13	14,7	1,11	28,6	35	9,98	0,75	78,1
14	14,5	1,09	30,8	36	9,60	0,72	80,4
15	14,3	1,07	33,1	37	9,57	0,72	82,6
16	14,2	1,06	35,4	38	9,48	0,71	84,9
17	13,6	1,02	37,6	39	9,29	0,69	87,2
18	13,6	1,02	39,9	40	9,01	0,68	89,4
19	13,4	1,00	42,1	41	8,76	0,65	91,7
20	13,2	0,99	44,4	42	8,67	0,65	93,9
21	12,8	0,96	46,6	43	8,39	0,63	96,2
22	12,0	0,90	48,9	44	7,49	0,56	98,4

Коэффициент вариации методом моментов определим по формуле

$$C_V = \sqrt{\sum (K_i - 1)^2 / (n - 1)} = \sqrt{4,74 / 43} = 0,333. \quad (2.2)$$

Использование аналитических зависимостей для расчета коэффициента вариации дает следующие значение. Из 1.2.3 известно, что $n = 10$ лет, а $N = 44$ года. Если обозначить значения переменных исследуемой реки индексом "р", а реки-аналога индексом "а", то из 1.2.3:

$\bar{Q}_n^p = 13,2 \text{ м}^3 / \text{с}; \bar{Q}_N^p = 12,6 \text{ м}^3 / \text{с}; \bar{Q}_N^a = 41,0 \text{ м}^3 / \text{с}; \sigma_{Q_n^p} = 12,2 \text{ м}^3 / \text{с}; \sigma_{Q_N^p} = 14,2 \text{ м}^3 / \text{с}$, коэффициент корреляции связи расходов реки и реки-аналога

$r = 0,9993$. Тогда

$$C_{V_N}^p = 3,79 / (12,6 \sqrt{1 - 0,9993^2 (1 - 12,2^2 / 14,2^2)}) = 0,35.$$

Так как коэффициент корреляции годовых расходов расходов в расчетном створе и створе аналоге близок к 1, то есть связь расходов имеет линейный характер, можно использовать графоаналитический способ определения C_V . График связи расходов приведен на рис. 2.3. Из графика $b = 3,12$, а $C_V = b C_{V_N}^a Q^a / Q_0 = 3,12 \cdot 0,37 \cdot 38,0 / 13,3 = 0,33$.

Таким образом, коэффициенты вариации, определенные разными способами, незначительно отличаются друг от друга. Среднее значение $C_V = 0,34$.

Связь теоретической кривой обеспеченности с характеристиками $C_V = 0,34$ и $C_3 = 4C_V$ рассчитанных по уравнению регрессии данных о стоке исследуемой реки приведена на рис. 2.4. Отсюда среднегодовой расход воды года 95% обеспеченности р.Каквы в створе д.Полутовка равен $Q_{95\%} = 0,574 \cdot 12,6 = 7,23, \text{ м}^3/\text{с}$.

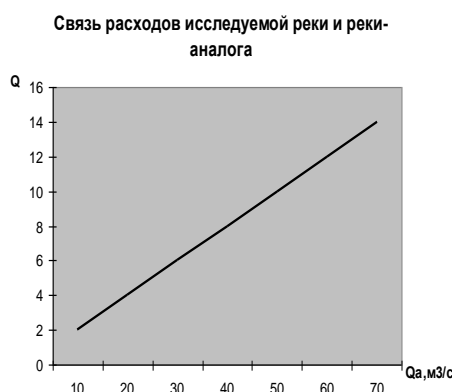


Рис.2.3.

Для расчета обеспеченных расходов по удлиненному ряду можно воспользоваться программой "Обеспеченность", реализованной на микроЭВМ "Электроника ДЗ-28"

2.3.3. При отсутствии наблюдений

Задача. Определить среднегодовой расход воды 50 % обеспеченности в створе р.Полуночная – д.Павлово. Площадь водосбора 125 км², среднемноголетний модуль стока 2,2 л/с*км². Озер в бассейне реки нет.

Определим C_V по формуле М.Э.Шевелева

$$C_V = 0,78 - 0,29 \lg M_0 - 0,063 \lg(F+1) - 0,08 \lg(f_{03}+1) =$$

$$= 0,78 - 0,29 \lg 2,2 - 0,063 \lg(125+1) - 0,08 \lg(0+1) = 0,55 ;$$

$$C_S = C_V.$$

Из таблиц Крицкого-Менкеля (приложение 4) найдем единичную ординату, соответствующую 50 % обеспеченности.

$$K_{50\%} = 0,918 - \frac{0,918 - 0,886}{10} * 5 = 0,902.$$

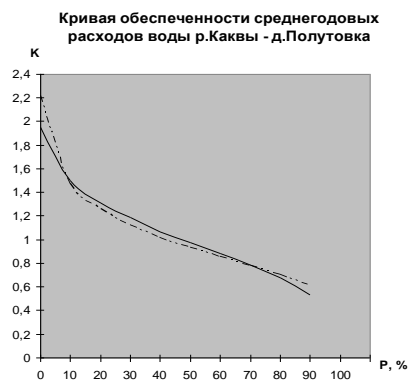


Рис.2.4

1-эмпирическая кривая; 2-теоретическая кривая

Среднегодовой расход реки в створе равен

$$Q_0 = \frac{F * M_0}{1000} = \frac{125 * 2.2}{1000} = 0.275 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тогда, среднегодовой расход воды 50% обеспеченности равен

$$Q_{50\%} = Q_0 K_{50\%} = 0.275 * 0.905 = 0.248 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.4. Задания для самостоятельной работы

Решение варианта, определенного преподавателем, предполагает использование одного из описанных способов построения кривой обеспеченности по аргументированному выбору студента. Отчет по работе должен содержать описание принятого метода расчета, кривую обеспеченности гидрологической характеристики с экспериментальными точками и определение гидрологической характеристики заданных обеспеченностей.

Характеристика створов приведена на рис.1.1. Исходные данные для расчетов приведены в разделе 13 Задания по вариантам приведены в табл.2.6. Обозначения те же, что и в разделе 1.

Таблица 2.6.

Варианты заданий для самостоятельной работы.

Номер варианта	Исходная Гидрологическая характеристика	Номер раздела с исходными данными	% обеспеченности
1	Расход воды	1.3.1	1, 50, 95
2	"-	1.3.2	5, 75, 95
3	"-	1.3.3	10, 50, 95
4	"-	1.3.8	5, 75, 90
5	"-	1.3.9	10, 75, 90
6	"-	1.3.10	1, 20, 75
7	"-	1.3.11	10, 50, 90
8	"-	1.3.12	5, 50, 95
9	"-	1.3.13	1, 20, 80
10	"-	1.3.14	5, 50, 75
11	"-	1.3.15	0,1, 20, 90
12	"-	1.3.16	1, 20, 95

13	-"	1.3.17	5, 50, 99
14	-"	1.3.19	5, 40, 95
15	-"	1.3.20	10, 30, 80
16	-"	1.3.1	1, 20, 75
17	-"	1.3.3	10, 60, 95
18	-"	1.3.8	80, 95, 99
19	-"	1.3.11	1, 20, 50
20	-"	1.3.16	20, 60, 80
21	Слой стока	1.3.4	1, 5, 10
22	-"	1.3.5	0,1, 1, 5
23	-"	1.3.6	1, 5, 10
24	-"	1.3.7	0,1, 1, 5
25	-"	1.3.18	0,1 5, 10
26	-"	1.3.4	5, 10, 25
27	-"	1.3.5	1, 10, 25
28	-"	1.3.6	3, 5, 10
29	-"	1.3.5	1, 10, 25
30	-"	1.3.6	3, 5, 10
31	Модуль стока	1.3.7	0,1, 5, 1
32	-"	1.3.18	0,1, 5, 10
33	-"	1.3.8	1, 3, 10
34	-"	1.3.9	3, 10, 25
35	-"	1.3.11	0,1, 1, 5
36	-"	1.3.19	1, 5, 10
37	-"	1.3.8	5, 10, 20
38	-"	1.3.9	5, 20, 25
39	-"	1.3.11	1, 5, 90
40	-"	1.3.19	5, 10, 70
41	-"	1.3.8	5, 10, 75
42	-"	1.3.9	1, 5, 95

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик /Госстрой СССР. – М. :Стройиздат, 1985. – 36 с.
2. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик /ГГИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 111 с.
3. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 385 с.
4. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981. – 255 с.
5. Вахрамеев И.И., Бабенина Т.П., Часс С.И. Гидротехника в торфяной и горнорудной промышленности. Учебное пособие для вузов.
6. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик (СНиП 435-72) /Госстрой СССР. – Л.:Гидрометеиздат, 1972. – 19 с.

Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения

1. $C_s = C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,32	1,67	2,03	2,40	2,77	3,13	3,48	3,82	4,13	4,42
1	1,24	1,49	1,76	2,03	2,30	2,59	2,88	3,16	3,46	3,75
5	1,17	1,34	1,52	1,70	1,90	2,10	2,30	2,53	2,76	3,02
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,83	2,00	2,16	2,35	2,55
20	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,60	1,70	1,80	1,90
30	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	1,37	1,39	1,40
40	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10	1,10	1,08	1,05	0,995
50	0,998	0,993	0,985	0,972	0,954	0,928	0,891	0,836	0,76	0,665
60	0,973	0,943	0,909	0,870	0,824	0,768	0,698	0,613	0,51	0,406
70	0,946	0,890	0,830	0,764	0,692	0,609	0,515	0,413	0,309	0,22
80	0,915	0,829	0,740	0,648	0,549	0,445	0,338	0,237	0,151	0,09
95	0,838	0,683	0,533	0,392	0,263	0,157	0,081	0,036	0,013	0,00
99	0,775	0,568	0,383	0,229	0,115	0,047	0,015	0,004	0,001	0,00

2. $C_s = 2C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,81
1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60
5	1,17	1,36	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,995	0,916
50	0,997	0,986	0,97	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693
60	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511
70	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357
80	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223
90	0,874	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105
95	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051
99	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010

3. $C_s = 3C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41
1	1,25	1,55	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,41	4,87
5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,70	2,88
10	1,13	1,26	1,40	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15
20	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49
30	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29
40	1,02	1,03	1,03	1,01	1,01	1,00	0,972	0,946	0,915	0,883

50	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699
60	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549
70	0,945	0,884	0,882	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422
80	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306
90	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193
95	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129
99	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058

4. $C_s = 4C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26
1	1,25	1,58	1,94	2,34	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47	4,91
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62	2,78
10	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,90	1,98	2,05
20	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42
30	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10
40	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,976	0,954	0,929	0,902	0,873
50	0,997	0,976	0,95	0,920	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744	0,707
60	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614	0,572
70	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,505	0,457
80	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395	0,351
90	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284	0,243
95	0,846	0,719	0,611	0,519	0,440	0,372	0,312	0,261	0,217	0,180
99	0,790	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132	0,102

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.09 ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Специальность

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

Направленность:

Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов
программа подготовки специалистов среднего звена

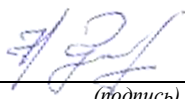
формы обучения: очная
на базе основного общего образования
и на базе среднего общего образования

год набора: 2024

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и водопользования

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

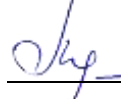
Протокол № от 1 от 07.09. 2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Мочалова Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург
2023

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП.09 ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:
 - выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам (ОК 01);
 - проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе общечеловеческих ценностей, в том числе, с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения (ОК 06).

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ОБОСНОВАНИЕ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

2.1 Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся

Суммарный объем часов на СРО составляет 12 час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	$0,5 \times 4 = 2$	2
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	$0,3 \times 10 = 3$	3
5	Подготовка доклада	1 доклад	2,0	$2,0 \times 1 = 2$	2
6	Подготовка к дискуссии, круглому столу	1 занятие	1,0-4,0	$1,0 \times 1 = 1$	1
8	Подготовка к зачету	1 тест по теме	0,1-0,5	$0,4 \times 10 = 4$	4
	Итого:				12

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, доклад с презентацией, зачет

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, письменному тестированию

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.2. Подготовка к устному опросу

Подготовку к устному опросу по разделу дисциплины нужно начать с ознакомления с содержанием раздела. Тщательное продумывание и изучение вопросов раздела основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Перечень разделов (тем) дисциплины для подготовки к опросу

Тема 6

1. Что такое труд и какова его роль в обществе?
2. Дайте понятие и соотношение технической и общественной организации труда.
3. В чем различие самостоятельного и несамостоятельного

(наемного) труда?

4. Какие общественные отношения составляют предмет трудового права?
5. В чем отличие предмета трудового права от сферы действия трудового права?
6. Чем отличаются трудовые отношения от отношений, непосредственно связанных с трудовыми?
7. В чем заключаются особенности метода трудового права?
8. Какие структурные элементы входят в систему трудового права?
9. Как соотносятся система трудового права и система трудового законодательства?
10. Понятие, значение и система принципов правового регулирования труда.
11. Основные принципы российского трудового права.
12. Понятие источников (формы) трудового права. Соотношение трудового права и трудового законодательства.
13. Классификация источников трудового права.
14. Локальные нормативные правовые акты: понятие, виды, способы разработки и принятия.
15. Принципы действия законодательства о труде по юридической силе, во времени и по кругу лиц.

2.3. Подготовка доклада с презентацией

Методические рекомендации:

1. Подготовка презентации.

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1. Подготовка доклада.
2. Разработка структуры презентации
3. Создание презентации в Power Point
4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

Структура выступления

Выступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

Примерная тематика докладов с презентацией:

1. Предмет и метод российского трудового права.
2. Основные принципы трудового права.
3. Источники трудового права.
4. Система правоотношений в трудовом праве.
5. Трудовое правоотношение: субъекты и содержание.
6. Основания возникновения трудовых правоотношений.
7. Социальное партнерство в сфере труда.
8. Представители работников и работодателей.
9. Участие работников в управлении организацией.
10. Значение коллективно-договорного регулирования социально-трудовых отношений.
11. Коллективный договор в Российской Федерации: понятие, стороны, порядок заключения и действия.
12. Понятие и виды соглашений, их значение и сфера действия.
13. Право на объединение в профессиональные союзы, их защитная функция, права и гарантии деятельности.
14. Понятие занятости и содействие в обеспечении занятости и трудоустройства, правовой статус безработного.
15. Значение и общая характеристика трудового договора: понятие, стороны, содержание, порядок заключения.

16. Срочный трудовой договор и сфера его применения.
17. Переводы по трудовому праву и изменение определенных условий трудового договора.
18. Основания прекращения трудового договора и их классификация.
19. Порядок расторжения трудового договора по инициативе работодателя.
20. Защита персональных данных работников.
21. Право на отдых работников и его гарантии.
22. Право работников на ежегодный оплачиваемый отпуск и порядок его использования.
23. Правовое регулирование рабочего времени: понятие, виды и работа за пределами нормальной продолжительности.
24. Режим и учет рабочего времени.
25. Понятие и методы правового регулирования заработной платы.
26. Право работников на оплату труда и основные государственные гарантии по оплате труда работников.
27. Тарифная система заработной платы и ее элементы.
28. Системы заработной платы и формы материального стимулирования труда.
29. Нормирование труда.
30. Гарантии и компенсации.
31. Гарантийные и компенсационные выплаты.
32. Дисциплина труда и правовое регулирование внутреннего трудового распорядка. Основные обязанности работников и работодателя.
33. Дисциплинарная ответственность работников и ее виды. Порядок привлечения к дисциплинарной ответственности.
34. Материальная ответственность сторон трудового договора.
35. Материальная ответственность работодателя перед работником.
36. Материальная ответственность работника: пределы материальной ответственности, полная материальная ответственность.
37. Определение размера и порядок возмещения ущерба, причиненного имуществу работодателя.
38. Право работника на охрану труда и его гарантии.
39. Особенности регулирования труда женщин и лиц с семейными обязанностями.
40. Особенности регулирования труда работников в возрасте до восемнадцати лет.
41. Особенности регулирования труда руководителя организации в соответствии с новым трудовым законодательством.
42. Особенности регулирования труда работников, работающих у работодателей — физических лиц.
43. Особенности регулирования труда лиц, работающих по совместительству.
44. Особенности регулирования труда отдельных категорий работников (по выбору студентов).
45. Защита трудовых прав работников и ее способы: государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства, профсоюзный контроль и самозащита работниками трудовых прав.
46. Трудовые споры: понятие, виды и причины их возникновения. Общая характеристика порядка рассмотрения индивидуальных трудовых споров в Комиссии по трудовым спорам.
47. Особенности судебного порядка рассмотрения индивидуальных трудовых споров.
48. Коллективные трудовые споры и порядок их разрешения.

2.4. Подготовка к зачету

Зачет по дисциплине проводится в письменной форме по билетам. Билет включает 2 теоретических вопроса.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения профессионального модуля).

Проведение предварительных консультаций.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку «зачтено», «не зачтено».

Зачет проводится по расписанию.

Цель зачета – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Для того чтобы быть уверенным в зачете, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К зачету необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к зачёту следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, законодательством, интернет-ресурсами.

Теоретические вопросы для подготовки к зачету

1. Понятие права.
2. Роль права в жизни общества.
3. Способы и методы правового регулирования общественных отношений.
4. Понятие нормы права.
5. Логическая структура юридической нормы.
6. Источники права.
7. Система права. Отрасли российского права.
8. Понятие и классификация юридических фактов.
9. Понятие правоотношения.
10. Субъекты правоотношений. Понятие правоспособности и дееспособности субъектов.
11. Объекты правоотношений.
12. Содержание правоотношений.
13. Понятие и предмет трудового права. Сфера действия норм трудового права.
14. Метод трудового права и его особенности.
15. Цели, задачи и функции трудового права.
16. Понятие и принципы трудового права.
17. Принципы запрещения дискриминации и принудительного труда (понятие и содержание).
18. Источники трудового права России, их специфика и классификация. Действие актов законодательства о труде по юридической силе и во времени.
19. Локальные нормативные акты: понятие, виды, порядок их разработки и принятия.
20. Работник как субъект трудового права. Правосубъектность работника. Понятие и значение трудоспособности.
21. Основные трудовые права и обязанности работника.
22. Работодатель как субъект трудового права. Виды работодателей. Правосубъектность работодателя.
23. Основные трудовые права и обязанности работодателя.

24. Профсоюз как субъект трудового права. Права профсоюзов (классификация). Полномочия профсоюза по защите прав и законных интересов работников.
25. Трудовое правоотношение: понятие, содержание, особенности.
26. Общая характеристика оснований возникновения, изменения и прекращения трудового правоотношения.
27. Понятие и классификация трудовых договоров.
28. Содержание (условия) трудового договора.
29. Понятие и виды трудовой функции работника, ее значение как одного из обязательных условий трудового договора.
30. Порядок заключения трудового договора. Аннулирование трудового договора. Оформление приема на работу.
31. Документы, предоставляемые работниками при заключении трудового договора. Трудовая книжка и правила ее ведения.
32. Правовое регулирование трудового договора, заключенного на определенный срок.
33. Понятие, порядок установления и юридические последствия испытания при приеме на работу.
34. Изменение трудового договора в связи с изменением организационных или модификацией технологических условий труда. Отстранение от работы.
35. Понятие, виды и правовые нормативы рабочего времени. Сокращенное и неполное рабочее время.
36. Понятие режима рабочего времени и его виды. Учет рабочего времени.
37. Понятие и виды времени отдыха. Правовое регулирование работы в выходные и нерабочие праздничные дни.
38. Понятие, правовые признаки и виды отпусков, их продолжительность.
39. Оплачиваемые социальные (целевые) отпуска. Отпуск без сохранения заработной платы.
40. Коллективный трудовой спор (понятие, стороны, содержание).
41. Порядок разрешения коллективных трудовых споров в примирительной комиссии, с участием посредника и в трудовом арбитраже.
42. Способы защиты трудовых прав (виды, общая характеристика).
43. Совместительство и совмещение. Особенности трудового договора при работе по совместительству
44. Понятие и виды дисциплинарной ответственности
45. Материальная ответственность за трудовые правонарушения

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Ахметьянова, З. А. Основы права : учебник / З.А. Ахметьянова, О.В. Воронцова, Н.Р. Вотчель [и др.] ; под ред. И.А. Тарханова, А.Ю. Епихина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Альфа-М : ИНФРА-М, 2020. - 400 с. - ISBN 978-5-98281-343-5. - Текст : электронный.	Эл. ресурс
2	Волков, А. М. Правовое обеспечение профессиональной деятельности : учебник для среднего профессионального образования / А. М. Волков, Е. А. Лютягина ; под общей редакцией А. М. Волкова. — Москва : Издательство Юрайт, 2019.— 235 с. — (Профессиональное образование).	Эл. ресурс
3	Гуреева, М. А. Правовое обеспечение профессиональной деятельности : учебник / М.А.Гуреева. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 239 с. — (Среднее профессиональное образование).	23

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Малько, А.В. Правоведение : учебник для среднего профессионального образования / А.В. Малько, В.В. Субочев. — М. : Норма : ИНФРА-М, 2019. — 304 с. — (Ab ovo). - ISBN 978-5-91768-919-7. - Текст : электронный.	Эл. ресурс
2	Матвеев, Р.Ф. Правовое обеспечение профессиональной деятельности : краткий курс / Р.Ф. Матвеев. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. - 128 с. -(Профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-063-4. - Текст : электронный.	Эл. ресурс
3	Трудовое право: практикум / отв. ред. Г.Г Пашкова, Л.А. Евстигнеева. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2020. – 180 с.	Эл. ресурс

Базы данных:

1. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации: <http://www.rosmintrud.ru>
2. Российский правовой портал – <http://www.rpp.ru>
3. Фонд социального страхования Российской Федерации. URL: <http://www.fss.ru>
4. Официальный Интернет-портал правовой информации. URL: <http://www.pravo.gov.ru>
5. Государственная автоматизированная система Российской Федерации «Правосудие». URL: <http://www.sudrf.ru>
6. Института государства и права РАН. URL: <http://www.igpran.ru>
7. Юридическая Россия : федеральный правовой портал. Центр трудового права. URL: <http://law.edu.ru/centers/labourlaw>
8. Научная библиотека Томского государственного университета. URL: <http://www.lib.tsu.ru>
9. eLIBRARY : научная электронная библиотека (с полнотекстовыми электронными версиями периодических журналов). URL: eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
10. Архив номеров журнала «Трудовое право». URL: <http://www.top-personal.ru/workinglaws.html>
11. Федерация независимых профсоюзов России. URL: <http://www.fnpr.ru>
12. Современное право электронное издание <https://dlib.eastview.com/browse/publication/79187> Трудовые споры. Журнал
13. E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>

Информационные справочные системы:

Справочная правовая система «КонсультантПлюс»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому
комплексу

УТВЕРЖДАЮ

С.А.Упоров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

ПД.02 ФИЗИКА

Специальность 20.02.01

«Экологическая безопасность природных комплексов»

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

форма обучения: очная

на базе основного общего образования

Автор: Глаголева Ю.В., к.ф.-м.н., Куриченко А.А., к.ф.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры

Физики

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Зайцев Д.В..

(Фамилия И.О.)

Протокол № 16 от 28 сентября 2023 г.

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

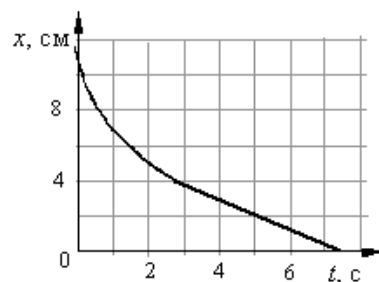
Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург
2023

3) $x = 1,5t^2$ (м); 4) $x = 3t + t^2$ (м)

10. Шарик уронили в воду с некоторой высоты. На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени. Согласно графику,



- 1) шарик все время двигался с постоянным ускорением
- 2) ускорение шарика увеличивалось в течение всего времени движения
- 3) первые 3 с шарик двигался с постоянной скоростью
- 4) после 3 с шарик двигался с постоянной скоростью

11. С горы длиной 50 м санки скатились за 10 с. С каким ускорением двигались санки и какую скорость они приобрели в конце горы? (1 м/с^2 ; 10 м/с).

12. При подходе к светофору скорость автомобиля изменилась от $43,2$ до $28,8 \text{ км/ч}$ в течение 8 с . Определить ускорение автомобиля и длину тормозного пути. ($-0,5 \text{ м/с}^2$; 80 м)

13. Движение двух автомобилей задано уравнениями $x_1 = 15 + t^2$ и $x_2 = 8t$. Опишите движение каждого автомобиля; найдите время и место их встречи. (3 с , 5 с ; 24 м , 40 м)

14. Определить начальную скорость и ускорение автомобиля, если, двигаясь равноускоренно, за первые 3 секунды он прошел 18 м , а за первые 5 секунд – 40 м . (3 м/с ; 2 м/с^2)

15. Зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением $s = 3 + 2t + t^2$ (м). Найдите ускорение тела и среднюю скорость за первую, вторую и третью секунды его движения. (2 м/с^2 ; 3 м/с ; 5 м/с ; 7 м/с)

16. С крыши высотного здания падает сосулька. Какую скорость она приобретет за 1 секунду свободного падения? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

- 1) 1 м/с ; 2) 5 м/с ; 3) 10 м/с ; 4) 15 м/с .

17. Тело свободно падает с некоторой высоты, причем время падения равно t . Через какое время от начала движения тело окажется на высоте, равной $1/4$ первоначальной?

- 1) $\sqrt{3}t$; 2) $\frac{3}{4}t$; 3) $\frac{1}{4}t$; 4) $\frac{\sqrt{3}}{2}t$.

18. Сколько времени падало тело, если за последние две секунды оно прошло 60 м ? (4 с)

19. Камень упал в шахту. Определите глубину шахты, если звук от падения камня был услышан наверху через 6 секунд ? Скорость звука 300 м/с . (150 м)

20. Мячик, брошенный с балкона вертикально вверх, упал на землю через 3 с . Определите начальную скорость мячика, если высота балкона над землей 15 м . Сопротивлением воздуха пренебречь. (10 м/с)

21. Тело бросают вертикально вверх. Наблюдатель заметил, что на высоте 85 м тело побывало дважды с интервалом времени 2 с. Найдите начальную скорость тела. (42,4 м/с)

22. Тело начинает свободно падать с высоты 45 м. В тот же момент из точки, расположенной на высоте 24 м, бросают другое тело вертикально вверх. Оба тела падают на землю одновременно. Определите начальную скорость второго тела. (7 м/с)

23. Тело свободно падает с высоты 90 м. На какой высоте его скорость в 3 раза меньше, чем в момент удара о землю?

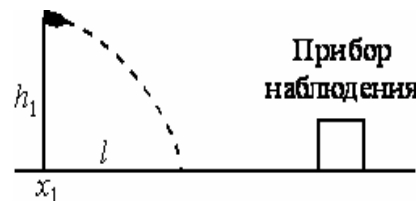
24. Тело с горизонтальной скоростью 5 м/с сброшено с крыши здания высотой 10 м. На каком расстоянии от среза крыши упадет тело? (7,1 м)

25. Дальность полета тела, брошенного со скоростью v_0 в горизонтальном направлении, равна высоте бросания. С какой высоты h брошено тело? ($2v_0^2/g$)

26. Тело брошено с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Найти скорость тела в высшей точке подъема и в точке его падения? ($v_x = 5$ м/с; $v = 10$ м/с)

27. От подножия пологого склона, у которого угол наклона к горизонтали $\beta = 30^\circ$, брошен камень с начальной скоростью 10 м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. На каком расстоянии L от точки броска камень упадет на склон? Ответ округлите до целых чисел. (7 м)

28. Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату x_1 и высоту $h_1 = 1655$ м над Землей (см. рисунок). Через 3 с снаряд упал на Землю и взорвался на расстоянии $l = 1700$ м от места его обнаружения. Чему равнялось время полета снаряда от пушки до места взрыва, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало? Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.



29. Одна точка находится на краю равномерно вращающегося диска на расстоянии $r_1 = R$ от его центра, а вторая – на расстоянии $r_2 = R/2$ от центра. Сравните центростремительные ускорения точек.

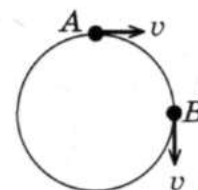
- 1) $a_2 = 2a_1$; 2) $a_2 = a_1/2$;
 3) $a_2 = a_1$; 4) $a_2 = 4a_1$.

30. Пони бежит по кругу радиуса 10 м со скоростью 5 м/с. Каковы его ускорение a и угловая скорость ω ?

- 1) $a = 0$; $\omega = 0,5$ рад/с; 2) $a = 2,5$ м/с²; $\omega = 0,5$ рад/с;
 3) $a = 5$ м/с²; $\omega = 2$ рад/с; 4) $a = 10$ м/с²; $\omega = 2$ рад/с.

31. При равномерном движении по окружности модуль вектора изменения скорости при перемещении из точки А в точку В (см. рисунок) равен

- 1) 0; 2) $v\sqrt{2}$; 3) $2v$; 4) v



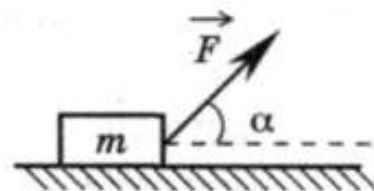
32. Материальная точка движется по окружности радиусом R со скоростью v . Как нужно изменить скорость её движения, чтобы при увеличении радиуса окружности в 2 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним?

- 1) увеличить в 2 раза 2) уменьшить в 2 раза
3) увеличить в $\sqrt{2}$ раза 4) уменьшить в $\sqrt{2}$ раза

33. Найти угловую скорость и частоту вращения барабана лебедки диаметром 16 см при подъеме груза со скоростью 0,4 м/с. (5 рад/с; 0,8 с⁻¹)

34. Пуля, летевшая горизонтально, пробила один за другим два диска, насаженных на один вал и вращавшихся с частотой 10 с⁻¹. Расстояние между дисками 0,3 м. Найдите скорость пули между дисками, если угловое смещение пробоин равно 90° и пробоины оказались расположенными на одинаковом расстоянии от оси вращения. (120 м/с)

35. Брусок массой m движется равноускоренно по горизонтальной поверхности под действием силы, как показано на рисунке. Коэффициент трения скольжения F равен μ . Модуль силы трения равен



- 1) $mg \cos \alpha$; 2) $F \cos \alpha$; 3) $\mu(mg - F \sin \alpha)$; 4) $\mu(mg + F \sin \alpha)$.

36. К невесомой нити подвешен груз массой 1 кг. Если точка подвеса нити движется равноускоренно вертикально вниз с ускорением 4 м/с², то натяжение нити равно:

- 1) 8 Н; 2) 6 Н; 3) 4 Н; 4) 2 Н; 5) 1 Н.

37. На гладком столе лежат два бруска с массами $m_1 = 400$ г и $m_2 = 600$ г, связанные нитью. К одному из них приложена горизонтальная сила $F = 2$ Н. Определите силу натяжения нити, если сила приложена: а) к первому бруску; б) ко второму бруску. (1,2 Н; 0,8 Н)

38. На гладком столе лежит брусок массой 4 кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным концам стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых 1 кг и 2 кг. Найдите ускорение, с которым движется брусок, и силу натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением пренебречь. (1,4 м/с²; 11,4 Н)

39. Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сидение при прохождении среднего положения со скоростью 6 м/с? (940 Н)

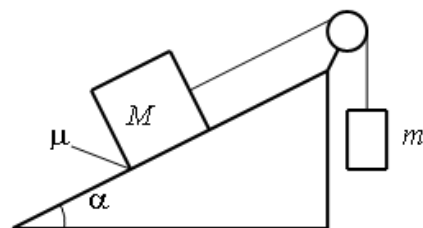
40. Автомобиль массой 2 т поднимается в гору с уклоном 0,2. На участке пути 32 м скорость автомобиля возросла от 21,6 до 36 км/ч. Считая движение автомобиля равноускоренным, определите силу тяги двигателя. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02. (6,39 кН).

41. Мальчик массой 45 кг вращается на «гигантских шагах» с частотой 16 об/мин. Длина канатов 5 м. Какой угол α с вертикалью составляют канаты

«гигантских шагов»? Чему равны сила натяжения канатов и скорость v вращения мальчика? (45°; 632 Н; 6 м/с)

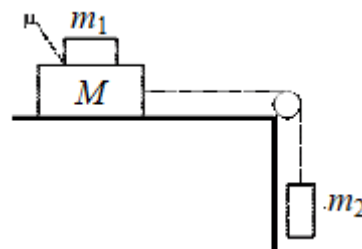
42. На внутренней поверхности полусферы, вращающейся с угловой скоростью 10 рад/с вокруг вертикальной оси, находится в равновесии маленький кубик. Угол между вертикальным радиусом полусферы и радиусом, проведенным к кубику, равен 30°. Коэффициент трения между кубиком и поверхностью полусферы равен 0,1. Определите радиус полусферы. (9 см)

43. Грузы массами $M = 1$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой M находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения $\mu = 0,3$).



Чему равно максимальное значение массы m , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя? Решение поясните схематичным рисунком с указанием сил, действующих на грузы.

44. Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны легкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

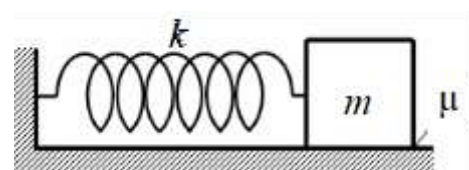


45. Определить жесткость системы двух пружин одинаковой длины при их последовательном и параллельном соединениях. Жесткости пружин: $k_1 = 2 \cdot 10^3$ Н/м; $k_2 = 6 \cdot 10^3$ Н/м. ($k_{\text{пар}} = 8 \cdot 10^3$ Н/м; $k_{\text{посл}} = 1,5 \cdot 10^3$ Н/м).

46. Две пружины равной длины скреплены одними концами и растягиваются за свободные концы руками. Пружина с коэффициентом жесткости 100 Н/м удлиняется на 5 см. Какова жесткость второй пружины, если ее удлинение составляет 1 см? (500 Н/м).

47. В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают опускать вниз с ускорением $a = 1$ м/с². Через какое время t груз оторвется от подставки? Жесткость пружины $k = 100$ Н/м, масса груза $m = 1$ кг. (0,42 с)

48. К одному концу лёгкой пружины жёсткостью $k = 100$ Н/м прикреплен массивный груз, лежащий на горизонтальной плоскости, другой конец пружины закреплен неподвижно (см. рисунок). Коэффициент трения груза по плоскости $\mu = 0,2$. Груз смещают по горизонтали, растягивая пружину, затем отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Груз движется в одном направлении и затем останавливается в положении, в котором пружина уже



сжата. Максимальное растяжение пружины, при котором груз движется таким образом, равно $d = 15$ см. Найдите массу m груза.

49. В лифте находится тело массой 100 кг. Лифт движется вдоль вертикальной оси с ускорением $a = 1$ м/с². Определить вес тела в четырех случаях: 1) лифт движется равномерно; 2) лифт движется вверх с ускорением a ; 3) лифт движется вниз с ускорением a ; 4) лифт движется вниз с ускорением $a = g$. (1000 Н; 1100 Н; 900 Н; 0)

50. Космический корабль движется по круговой орбите на расстоянии, равном двум радиусам Земли от её поверхности. Найдите отношение гравитационной силы, действующей на космонавта внутри корабля, к гравитационной силе, действовавшей на него на Земле:

- 1) 1; 2) $\frac{1}{4}$; 3) $\frac{1}{9}$; 4) $\frac{1}{2}$.

51. Чтобы период T обращения спутника вокруг Земли увеличить в 2 раза, необходимо массу спутника:

- 1) увеличить в 4 раза; 2) увеличить в 2 раза; 3) уменьшить в 2 раза;

52. Во сколько раз скорость искусственного спутника, вращающегося вокруг Земли по круговой орбите радиусом R , больше скорости спутника, вращающегося по орбите с радиусом $2R$?

- 1) 4; 2) 2; 3) $\sqrt{2}$; 4) 1; 5) 0,5.

53. Найти массу и среднюю плотность Луны. Радиус Луны 1740 км, ускорение свободного падения на Луне $1,6$ м/с². ($7,3 \cdot 10^{22}$ кг; 3400 кг/м³).

54. На каком расстоянии от поверхности Земли ускорение свободного падения равно $2,45$ м/с²? Ускорение свободного падения у поверхности Земли равно $9,8$ м/с², радиус Земли составляет $6,4 \cdot 10^6$ м. (6400 км).

55. Определить расстояние от центра Земли до «висящего» спутника, который все время находился бы в одной и той же точке плоскости экватора над земной поверхностью. Радиус Земли $6,4 \cdot 10^6$ м. ($42 \cdot 10^6$ м).

56. Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два груза (см. рисунок теста **6.13**), находится в равновесии. Массу первого груза увеличили в 2 раза. Как нужно изменить плечо d_1 , чтобы равновесие сохранилось?

- 1) уменьшить в 4 раза 2) увеличить в 4 раза
3) уменьшить в 2 раза 4) увеличить в 2 раза

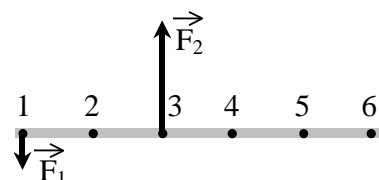
57. Железный стержень массой m лежит на земле. Чтобы приподнять его за один из концов, необходимо приложить к стержню минимальную силу, равную:

- 1) $mg/3$; 2) $mg/2$; 3) mg ; 4) $2mg$.

58. Тело подвешено на двух нитях и находится в равновесии. Угол между нитями равен 90° , а силы натяжения нитей равны 3 Н и 4 Н. Каков вес тела?

- 1) 1 Н; 2) 5 Н; 3) 7 Н; 4) 25 Н.

59. На рисунке изображен тонкий невесомый стержень, к которому в точках 1 и 3 приложены силы $F_1 = 100$ Н и $F_2 = 300$ Н. В какой точке надо расположить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?

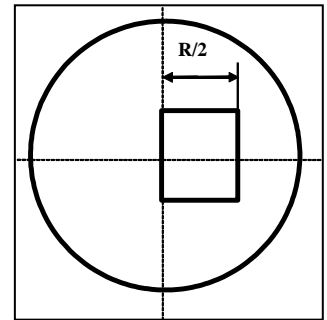


- 1) в точке 2; 2) в точке 6;
3) в точке 4; 4) в точке 5.

60. Стержень длиной 1 м одинакового сечения изготовлен наполовину из свинца, а наполовину из железа. На каком расстоянии от середины стержня находится центр масс этого тела? Плотность свинца равна $11,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; плотность железа $7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. (4,5 см)

61. Определить положение общего центра масс (расстояние от середины стержня), если радиус первого шара 5 см, второго 10 см, длина стержня 40 см. (10 см)

62. На конце стержня длиной 30 см прикреплен шар радиусом 6 см. На каком расстоянии от центра шара находится центр масс этой системы, если массы стержня и шара одинаковы? (10,5 см)



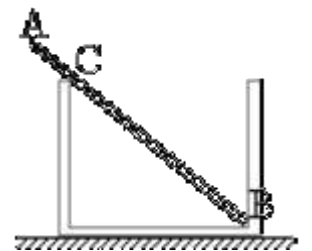
63. На столе лежит однородная цепочка длиной L . Какова максимальная длина L_1 свешивающейся со стола части цепочки, если коэффициент трения между цепочкой и столом равен μ . ($L_1 = \mu L / (1 + \mu)$).

64. Определите положение центра масс однородной круглой пластинки одинаковой толщины, имеющей радиус $R = 11,56 \text{ см}$, из которой вырезан квадрат так, как указано на рисунке. (0,25 см)

65. Фонарь массой 20 кг подвешен на двух одинаковых тросах, угол между которыми равен 120° . Найдите силу натяжения тросов. (200 Н)

66. К гладкой вертикальной стене на нити длиной 4 см подвешен шар массой 300 г. Найдите силу давления шара на стенку, если его радиус 2,5 см. Трением о стену пренебречь. (1,25 Н)

67. Однородный стержень AB массой $m = 100 \text{ г}$ покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом B и опираясь на край банки в точке C (см. рисунок). Модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке C , равен 0,5 Н. Чему равен модуль вертикальной составляющей силы, с которой стержень давит на сосуд в точке B , если модуль горизонтальной составляющей этой силы равен 0,3 Н? Трением пренебречь.



68. Балка весом 8000 Н имеет длину 4 м и подперта на расстоянии 1,9 м от ее левого конца. На каком расстоянии от правого конца должен стать человек массой 80 кг, чтобы балка осталась в равновесии? (3,1 м)

69. Лестница длиной 4 м приставлена к гладкой стене под углом 60° к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом 0,25. На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнет скользить? Массой лестницы пренебречь. (173 см)

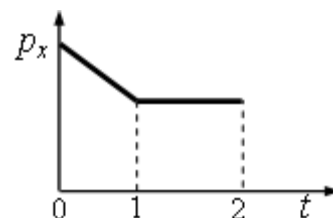
70. Какой максимальный груз можно подвесить к концу балки, закрепленной в стене, если стена выдерживает максимальную силу давления 6 кН? Масса балки 50 кг, ее длина 2,5 м, глубина погружения балки в стену 0,5 м.

(95 кг)

71. Мяч массой m брошен вертикально вверх со скоростью v . Через некоторое время он пролетает вниз через исходную точку с такой же по модулю скоростью v . Чему равен модуль изменения импульса мяча за время от начала движения до возвращения в исходную точку?

- 1) mv ; 2) $-mv$; 3) $2mv$; 4) $-2mv$; 5) 0.

72. На рисунке приведён график зависимости проекции импульса тела на ось Ox , движущегося по прямой, от времени. Как двигалось тело в интервалах времени 0–1 и 1–2?



1) в интервале 0–1 равномерно, в интервале 1–2 не двигалось;

2) в интервале 0–1 равноускоренно, в интервале 1–2 равномерно;

3) в интервалах 0–1 и 1–2 равномерно;

4) в интервалах 0–1 и 1–2 равноускоренно.

7.29. Какую скорость получит неподвижная лодка, имеющая вместе с грузом массу 400 кг, если находящийся в ней человек выстрелит в горизонтальном направлении? Масса пули 10 г, ее скорость 800 м/с?

$$(2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с})$$

73. Определить изменение импульса шарика, имеющего массу 100 г, летящего со скоростью 10 м/с и упруго ударяющегося о стенку под углом 60° к плоскости стенки и отскакивающего от стенки без потери скорости.

$$(1,73 \text{ кг} \cdot \text{м/с})$$

74. Граната, брошенная под углом 60° к горизонту со скоростью $v_0 = 10$ м/с, разрывается в некоторой точке траектории на два осколка одинаковой массы, один из которых начинает двигаться по вертикали, а другой под углом 45° к горизонту. Какова скорость второго осколка? (Соппротивление воздуха не учитывать).

$$(14 \text{ м/с})$$

75. Молот массой $m = 1$ кг падает с высоты $h = 2$ м на наковальню. Длительность удара $t = 0,01$ с. Определите среднее значение силы $\langle F \rangle$ удара.

$$(6,32 \cdot 10^2 \text{ Н})$$

76. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки в направлении её движения. Каково была скорость лодки v_0 до выстрела, если она остановилась после двух сделанных подряд выстрелов? Масса лодки 120 кг, масса охотника 80 кг, масса заряда 25 г. Скорость вылета заряда из ружья 600 м/с.

$$(0,15 \text{ м/с})$$

77. Три сцепленных вагона массами m , $2m$ и $3m$, где $m = 2$ т, движущиеся со скоростью $v = 1,8$ км/ч, столкнулись с неподвижным вагоном, после чего они все стали двигаться со скоростью $v = 0,9$ км/ч. Чему равна масса m_0 неподвижного вагона?

$$(12 \text{ т})$$

78. Вычислите работу, совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой 100 кг на высоту 4 м за время 2 с. Принять $g = 9,8$ м/с².

$$(4,72 \text{ кДж})$$

79. При увеличении скорости тела его кинетическая энергия увеличилась в 4 раза. Как изменился при этом импульс тела?

- 1) увеличился в 4 раза; 3) увеличился в 16 раз;
2) увеличился в 2 раза; 4) не изменился.

80. Укажите формулу для расчета потенциальной энергии упруго-деформированного тела:

- 1) $\frac{kx^2}{2}$; 2) mgh ; 3) $\frac{mv^2}{2}$; 4) $F_{\text{тр}}S$.

81. Импульс тела равен 10 кг·м/с, а кинетическая энергия 25 Дж. Найти массу и скорость тела. (2 кг; 5 м/с)

82. Шар массой $m = 1,8$ кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы M . В результате прямого упругого удара шар потерял $w = 0,36$ своей кинетической энергии $W_{\text{кл}}$. Определите массу большего шара M . (16,2 кг)

83. Два неупругих шара массами 2 кг и 3 кг движутся со скоростями соответственно 8 м/с и 4 м/с. Определите увеличение внутренней энергии шаров при их столкновении в двух случаях: а) меньший шар нагоняет больший; б) шары движутся навстречу друг другу. (9,6 Дж; 86,4 Дж)

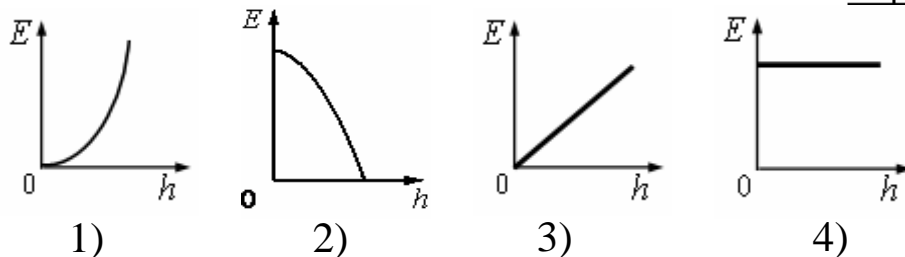
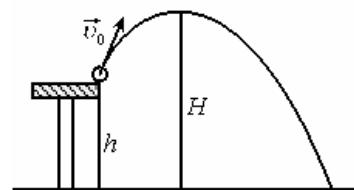
84. Консервативная система – это совокупность тел...

- 1) не взаимодействующих друг с другом;
2) на которые не действуют внешние силы и которые взаимодействуют только друг с другом;
3) на которые не действуют внешние силы и между которыми не действуют силы трения;
4) между которыми не действуют силы трения.

85. Какие из перечисленных ниже сил не являются консервативными (потенциальными) силами?

- 1) упругая сила; 2) сила тяжести;
3) силы трения; 4) силы электростатического поля.

86. Какой из графиков, приведённых на рисунке, показывает зависимость полной энергии E тела, брошенного под углом к горизонту, от его высоты h над Землёй? Сопротивлением воздуха пренебречь.



87. Космический корабль, вращающийся по круговой орбите, переходит на другую круговую орбиту большего радиуса. Как изменяется его потенциальная энергия $W_{\text{П}}$? Его кинетическая энергия $W_{\text{К}}$? Его полная энергия $W_{\text{П}} + W_{\text{К}}$?

- 1) $W_{\text{П}}$ уменьшилась, $W_{\text{К}}$ увеличилась, $W_{\text{П}} + W_{\text{К}}$ не изменилась;
- 2) $W_{\text{П}}$ увеличилась, $W_{\text{К}}$ уменьшилась, $W_{\text{П}} + W_{\text{К}}$ не изменилась;
- 3) $W_{\text{П}}$ увеличилась, $W_{\text{К}}$ уменьшилась, $W_{\text{П}} + W_{\text{К}}$ увеличилась;
- 4) $W_{\text{П}}$ уменьшилась, $W_{\text{К}}$ увеличилась, $W_{\text{П}} + W_{\text{К}}$ увеличилась.

88. Девочка свободно, не раскачиваясь, качается на качелях. Сохраняются ли при этом ее импульс и механическая энергия?

- 1) импульс сохраняется, энергия – нет;
- 2) импульс не сохраняется, энергия сохраняется;
- 3) и импульс, и энергия сохраняются;
- 4) ни импульс, ни энергия не сохраняются.

89. Тело, брошенное под некоторым углом к горизонту, описало параболу и упало на землю. Чему равна работа силы тяжести, если начальная и конечная точки траектории лежат на одной горизонтали?

- 1) mgh ;
- 2) $mgh \cdot \cos \alpha$;
- 3) 0;
- 4) $-mgh$.

90. Чему равны значения потенциальной и кинетической энергии камня массой 1 кг, брошенного вертикально вверх со скоростью 12 м/с через 1 с после бросания. Сопротивление не учитывать. (48 Дж; 2 Дж)

91. В пружинном ружье пружина сжата на $x_1 = 20$ см. При взводе ее сжали еще на $x_2 = 30$ см. С какой скоростью вылетит из ружья стрела массой $m = 50$ г, если жесткость пружины $k = 120$ Н/м. (22,4 м/с)

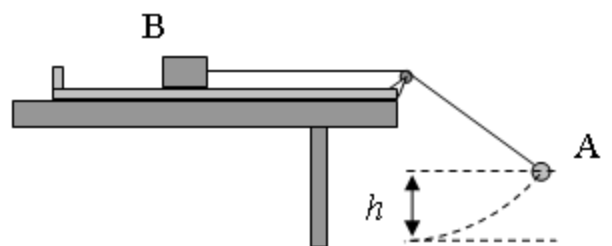
92. Из пружинного пистолета выстрелили вертикально вниз в мишень, находящуюся на расстоянии 2 м от него. Совершив работу 0,12 Дж, пуля застряла в мишени. Какова масса пули, если пружина была сжата перед выстрелом на 2 см, а ее жесткость 100 Н/м?

93. Шайба массой m начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). $BD = 4$ м. Найдите массу шайбы m . Сопротивлением воздуха пренебречь.



из-

94. В установке, изображенной на рисунке, грузик A соединён перекинутой через блок нитью с бруском B , лежащим на горизонтальной поверхности трибометра, закреплённого на столе. Грузик отводят в сторону, приподнимая его на высоту h , и отпускают. Длина свисающей части нити равна L . Какую величину должна превзойти масса



грузика, чтобы брусок сдвинулся с места в момент прохождения грузиком нижней точки траектории? Масса бруска M , коэффициент трения между бруском и поверхностью μ . Трением в блоке, а также размерами блока пренебречь.

95. Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны $v_{пл} = 15$ м/с и $v_{бр} = 5$ м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом $\mu = 0,17$. На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30 %?

96. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 500 м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка. Первый упал на землю вблизи точки выстрела, имея скорость в 2 раза больше начальной скорости снаряда, а второй в этом же месте – через 100 с после разрыва. Чему равно отношение массы первого осколка к массе второго осколка? Сопротивлением воздуха пренебречь.

97. На краю стола высотой $h = 1,25$ м лежит пластилиновый шарик массой $m = 100$ г. На него со стороны стола налетает по горизонтали другой пластилиновый шарик, имеющий скорость $v = 0,9$ м/с. Какой должна быть масса второго шарика, чтобы точка приземления шариков на пол была дальше от стола, чем заданное расстояние $L = 0,3$ м? (Удар считать центральным.)

98. С помощью рычага длиной 150 см подняли груз массой 100 кг на высоту 5 см. Какую работу совершили при этом, если КПД устройства 95%? (53

Дж)

99. Баба копра массой 400 кг падает на сваю массой 100 кг, вбитую в грунт. Определить среднюю силу сопротивления грунта и КПД копра, если известно, что при каждом ударе свая погружается в грунт на 5 см, а высота поднятия копра 1,5 м. Удар неупругий. ($10,1 \cdot 10^4$)

2. Жидкости и газы

1. В стеклянной трубке, запаянной с одного конца, находятся воздух и столбик ртути, закрывающий воздух в трубке. Какие действия нужно произвести с этой трубкой для измерения давления атмосферного воздуха?

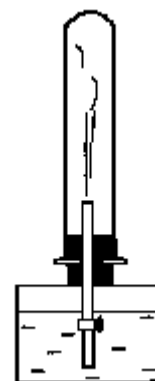
1) измерить длину h столба ртути и длину ℓ воздушного столба при вертикальном положении трубки;

2) измерить длину h столба ртути и длину ℓ воздушного столба при горизонтальном положении трубки;

3) измерить длину h столба ртути и длину ℓ воздушного столба при вертикальном и горизонтальном положениях трубки;

4) опустить открытый конец стеклянной трубки в чашку со ртутью и измерить высоту h ртутного столба в трубке при вертикальном положении.

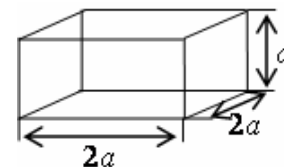
2. Из стеклянной трубки откачали воздух и закрыли кран. Почему при открывании крана в трубке (см.рисунок), из которой откачан воздух, образуется водяной фонтан?



- 1) вода поступает в сосуд потому, что атмосферное давление больше давления разреженного воздуха в сосуде;
- 2) вода обладает свойством расширения и потому заполняет любое пустое пространство;
- 3) пустой сосуд втягивает воду;
- 4) воздух обладает способностью заполнять пустоту. Он стремится в трубку и вталкивает туда находящуюся на его пути воду.

3. Найдите давление воды на стенку цилиндрического сосуда с диаметром основания 20 см на расстоянии 5 см от дна. Объем воды в сосуде 10 л, плотность воды $1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. (2,6 · 10³ Па)

4. Сосуд, изображённый на рисунке, доверху наполнили некоторой жидкостью. Найдите давление жидкости на дно сосуда. Атм. давление не учитывать. Плотность жидкости равна ρ .



- 1) $\rho g a$;
- 2) $2\rho g a$;
- 3) $2\rho g a^2$;
- 4) $2\rho g a^3$.

5. Малый поршень гидравлического пресса опускается за один ход на 25 см, а большой поднимается на 5 мм. Какова сила давления, действующая на большой поршень, если к малому поршню приложена сила 200 Н? Найдите работу, совершаемую за один ход поршня.

(10 кН; 50 Дж)

6. В стакане с водой плавает кусок льда с впаянной внутрь деревянной щепкой. Как изменится уровень воды в стакане, когда лед растает?

- 1) уровень воды увеличится;
- 2) уровень воды уменьшится;
- 3) уровень воды не изменится;
- 4) всякое может быть.

7. При взвешивании груза в воздухе показание динамометра равно 2 Н. При опускании груза в воду показание динамометра уменьшается до 1,5 Н. Выталкивающая сила равна

- 1) 0,5 Н;
- 2) 1,5 Н;
- 3) 2 Н;
- 4) 3,5 Н.

8. В стакане с водой плавает кусок льда со впаянной внутрь свинцовой дробинкой. Как изменится уровень воды в стакане, когда лед растает?

- 1) уровень воды увеличится;
- 2) уровень воды уменьшится;
- 3) уровень воды не изменится;
- 4) всякое может быть.

9. Теплоход переходит из устья Волги в соленое Каспийское море. При этом архимедова сила, действующая на теплоход:

- 1) уменьшается;
- 2) не изменяется;
- 3) увеличивается;
- 3) уменьшается или увеличивается в зависимости от размера теплохода.

10. Алюминиевый и железный шары одинаковой массы уравновешены на рычаге. Нарушится ли равновесие, если шары погрузить в воду?

6. Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведёт себя потенциальная энергия пружины, кинетическая энергия груза, его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

7. Когда наблюдатель воспринимает по звуку, что самолет находится в зените, он видит его под углом 73° к горизонту ($\operatorname{tg} 73^\circ = 3,2709$). С какой скоростью летит самолет? Скорость звука 340 м/с. (100 м/с)

8. Звук взрыва, произведенного в воде вблизи поверхности, приборы, установленные на корабле и принимающие звук по воде, зарегистрировали на 45 с раньше, чем он пришел по воздуху. На каком расстоянии от корабля произошел взрыв? Скорость звука в воде 1400 м/с, в воздухе 340 м/с. (20 км)

9. Молотком по железнодорожному рельсу ударяют на расстоянии 1,068 км от наблюдателя. Приложив ухо к рельсу, наблюдатель услышал звук на 3 с раньше, чем он дошел к нему по воздуху. Найдите скорость звука в стали, если скорость звука в воздухе равна 340 м/с. (7565 м/с)

4. Молекулярная физика и термодинамика

1. Хаотичность теплового движения молекул газа приводит к тому, что

- 1) плотность газа одинакова во всех местах занимаемого им сосуда;
- 2) плотность вещества в газообразном состоянии меньше плотности этого вещества в жидком состоянии;
- 3) газ гораздо легче сжать, чем жидкость;
- 4) при одновременном охлаждении и сжатии газ превращается в жидкость.

2. Какая-либо упорядоченность в расположении частиц вещества отсутствует. Это утверждение соответствует модели строения

- 1) только газа;
- 2) только жидкости;
- 3) только твердого тела;
- 4) газа, жидкости и твердого тела.

3. Одним из подтверждений положения молекулярно-кинетической теории строения вещества о том, что частицы вещества хаотично движутся, может служить

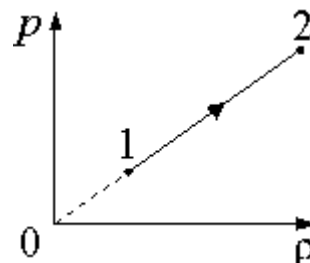
А — возможность испарения жидкости при любой температуре;

$p_2 = 8 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Какое давление установится после открытия крана, если температура останется неизменной?

- 1) 6150 Па; 2) 12300 Па; 3) 3000 Па; 4) 8130 Па.

9. При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление газа пропорционально его плотности. Масса газа в процессе остаётся постоянной. Утверждается, что в этом процессе

- А. происходит изотермическое сжатие газа.
 Б. концентрация молекул газа увеличивается.
 1) верно только А; 2) верно только Б;
 3) оба утверждения верны; 4) оба утверждения неверны.



10. В сосуде находится 3 моль гелия. Что произойдет с давлением газа на стенки сосуда, температурой и объемом газа при его изотермическом расширении?

К каждому элементу левого столбца подберите соответствующий элемент из правого и внесите в строку ответов выбранные цифры под соответствующими буквами.

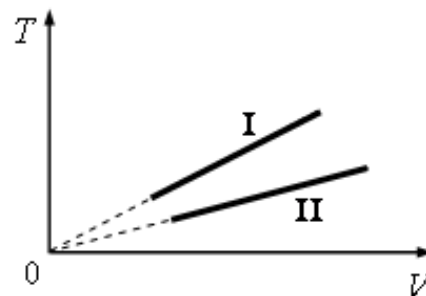
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ

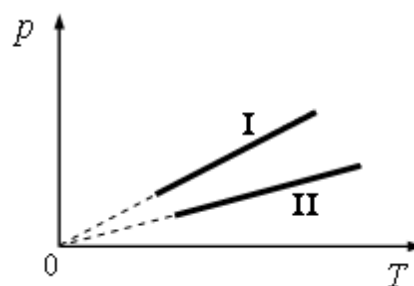
- | | |
|---------------------|------------------|
| А. Давление газа | 1) увеличивается |
| Б. Температура газа | 2) уменьшается |
| В. Объем газа | 3) не изменяется |

А	Б	В

11. В трубке, закрытой с одного конца, столбик воздуха заперт столбиком ртути длиной 19 см. Если трубку повернуть открытым концом вниз, длина столбика воздуха будет 10 см, а если открытым концом вверх, то 6 см. Найдите атмосферное давление (в мм рт. ст.) (760 мм рт. ст.)

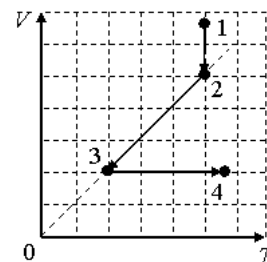


12. На рисунке изображены графики двух процессов, проведенных с идеальным газом при одном и том же давлении. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изобара I лежит выше изобары II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



13. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объема. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

13. На V - T -диаграмме показано, как изменялись объём и температура некоторого постоянного количества разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как изменялось давление газа p на каждом из трёх участков 1–2, 2–3, 3–4: увеличивалось, уменьшалось или же оставалось неизменным? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



14. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния A в состояние C (см. рисунок к тесту 13.9). Масса газа не меняется. Как ведут себя перечисленные ниже величины, описывающие этот газ, в ходе указанного на диаграмме процесса.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление газа	Объём газа	Внутренняя энергия

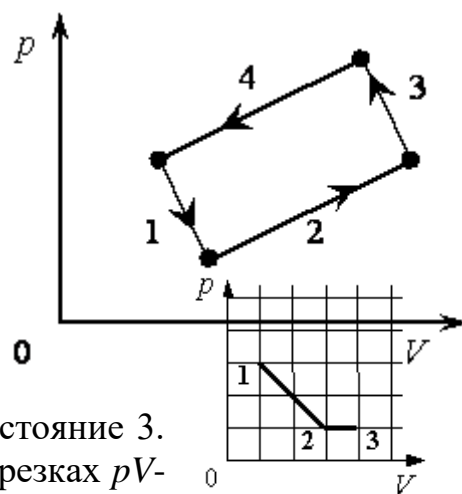
15. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими процесс изотермического сжатия воздуха, перечисленными в первом столбце, и их изменениями во втором столбце.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЯ
А. Давление	1) увеличивается
Б. Температура	2) уменьшается
В. Внутренняя энергия	3) не изменяется

А	Б	В

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

16. На рис. Показан ход изменения состояний 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наименьшим положительным значением работы газа и наибольшим положительным значением работы внешних сил? Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.



А) работа газа положительна и минимальна

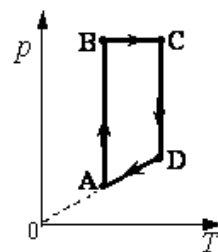
Б) работа внешних сил положительна и максимальна

17. На рисунке показано, как менялось давление идеального газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа A_{12}/A_{23} на этих двух отрезках p - V -диаграммы?

- 1) 6; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

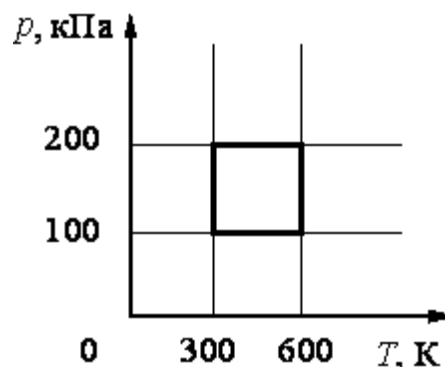
18. На графике изображен цикл с идеальным газом неизменной массы. На каком участке графика работа равна нулю?

- 1) AB ; 2) DA ; 3) CD ; 4) BC .



19. С идеальным газом происходит циклический процесс, pT -диаграмма которого представлена на рисунке. Наименьший объём, который занимает газ в этом процессе, составляет 6 л. Определите количество вещества этого газа.

- 1) 0,36 моль; 2) 0,24 моль;
3) 0,18 моль; 4) 0,12 моль.



20. В калориметр с горячей водой погрузили медный цилиндр, взятый при комнатной температуре. В результате в калориметре установилась температура 60°C . Если вместо медного цилиндра опустить в калориметр алюминиевый цилиндр такой же массы при комнатной температуре, то конечная температура в калориметре будет

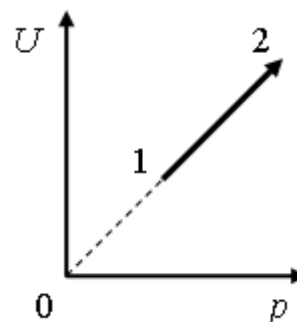
- 1) выше 60°C ; 2) ниже 60°C ; 3) 60°C ; 4) зависеть от отношения.

21. В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ заливают $m = 1$ кг воды с температурой $t_2 = 44^\circ\text{C}$. Какая масса льда Δm расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.

22. Алюминиевый чайник массой 0,4 кг, в котором находится 2 кг воды при 10°C , помещают на газовую горелку с КПД 40%. Какова мощность горелки, если через 10 мин вода закипела, причем 20 г воды выкипело. ($c_{\text{ал}} = 880$ Дж/(кг·К); $c_{\text{в}} = 4,19$ кДж/(кг·К); удельная теплота парообразования 2,3 МДж/кг). (3,5 кВт)

23. Чтобы расплавить на примусе 4 кг льда, взятого при температуре минус 8°C ($c_{\text{л}} = 2,1$ кДж/(кг·К); $\lambda = 334$ кДж/кг), израсходовали 900 г керосина ($q_{\text{к}} = 46$ МДж/кг). Определите КПД примуса. (3,4%)

24. На рисунке показан процесс изменения состояния одного моль одноатомного идеального газа (U – внутренняя энергия газа; p – его давление). Как изменяются в ходе этого процесса объём, абсолютная температура и теплоёмкость газа?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Температура газа	Теплоёмкость газа

25. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1=600$ К и давлении $p_1=4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объёма. Конечное давление газа $p_2=10^5$ Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A=2493$ Дж?

26. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1=600$ К и давлении $p_1=4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объёму. Конечное давление газа $p_2=10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

27. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1=600$ К и давлении $p_1=4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объёма. Конечный объём газа вдвое больше начального. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A = 2493$ Дж?

28. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими адиабатный процесс расширения воздуха, перечисленными в первом столбце, и их изменениями во втором столбце.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- | | |
|-----------------------|------------------|
| А. Давление | 1) увеличивается |
| Б. Объём | 2) уменьшается |
| В. Температура | 3) не изменяется |
| Г. Внутренняя энергия | |

А	Б	В	Г

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

29. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими процесс изотермического сжатия воздуха, перечисленными в первом столбце, и их изменениями во втором столбце.

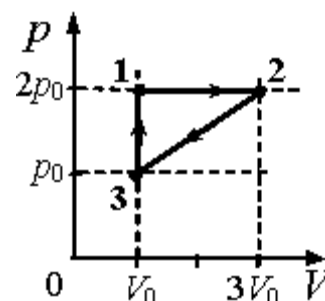
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- | | |
|-----------------------|------------------|
| А. Давление | 1) увеличивается |
| Б. Температура | 2) уменьшается |
| В. Внутренняя энергия | 3) не изменяется |

А	Б	В

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

30. С одноатомным идеальном газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ совершает работу $A_{ц} = 5$ кДж.



Какое количество теплоты газ получает за цикл от нагревателя?

31. Двигатель внутреннего сгорания имеет КПД 28 % при температуре горения топлива 927°C и температуре отходящих газов 447°C . На сколько процентов КПД идеальной машины больше КПД двигателя?

- 1) 12 %; 2) 19 %; 3) 23 %; 4) 56 %.

32. С идеальным газом происходит циклический процесс, pT -диаграмма которого представлена на рисунке. Наименьший объём, который занимает газ в этом процессе, составляет 6 л. Определите количество вещества этого газа.

- 1) 0,12 моль; 2) 0,36 моль; 3) 0,48 моль; 4) 0,56 моль.

33. Определите работу расширения 20 л газа при изобарическом нагревании от 300 К до 393 К. Давление газа 80 кПа. (496 Дж)

34. Температуру холодильника тепловой машины увеличили, оставив температуру нагревателя неизменной. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины, количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

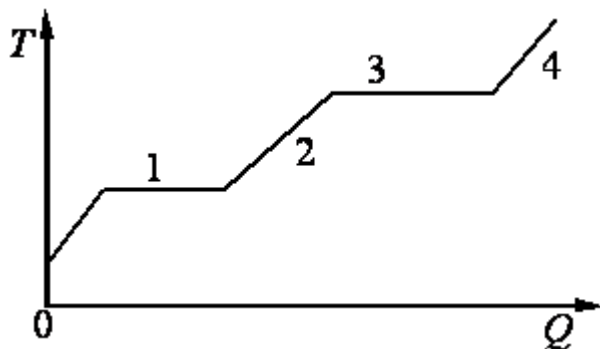
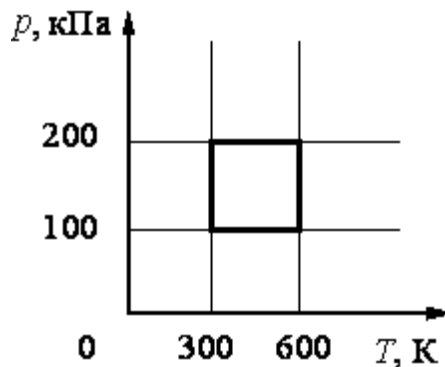
КПД тепловой машины	Количество теплоты отданное газом холодильнику за цикл	Работа газа за цикл

35. Азот массой 280 г был нагрет при постоянном давлении на 100°C . Определите работу расширения. ($8,3 \cdot 10^3$ Дж)

36. Киломоль одноатомного газа нагревается на 100 К при постоянном объеме. Найти количество теплоты, сообщенное газу. (1,24 МДж)

5. Агрегатные состояния вещества

1. В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество. Цилиндр поместили в раскалённую печь. На рисунке показан график изменения температуры T вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Какие участки графика соответствуют нагреванию вещества в газообразном состоянии и кипению жидкости? Установите соответствие между тепловыми процессами и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.



ПРОЦЕССЫ

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) нагревание вещества в газообразном состоянии 1) 2; 2) 2;
 Б) кипение жидкости 3) 3; 4) 4.

2.. По мере понижения температуры от +50 °С до –50 °С вода находилась сначала в жидком состоянии, затем происходил процесс ее затвердевания, и дальнейшее охлаждение твердой воды – льда. Изменялась ли внутренняя энергия воды во время этих трех процессов и если изменялась, то как? Установите соответствие между физическими процессами, перечисленными в первом столбце, и изменениями внутренней энергии воды, перечисленными во втором столбце.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ

- А. Охлаждение жидкой воды 1) остается неизменной
 Б. Отвердевание воды 2) увеличивается
 В. Охлаждение льда 3) уменьшается

А	Б	В

3. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

4. В закрытом сосуде находится 6 г водяного пара под давлением 25 кПа при температуре 100 °С. Объем сосуда уменьшили в 8 раз, без изменения температуры. Найдите массу пара, оставшегося после этого в сосуде.

(3 г)

5.. В сосуде под поршнем – вода и водяной пар. Масса воды в 3 раза больше, чем масса пара. Объем сосуда изотермически увеличивают в 2 раза. Как изменяются при этом масса воды и давление пара?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

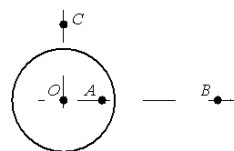
Масса пара	Давление пара

модуль напряжённости электростатического поля кубика в точке *M*

- 1) 0; 2) E_A ; 3) $4E_A$; 4) $16E_A$.

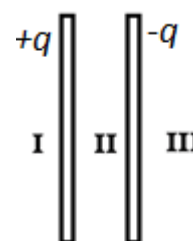
6. Электростатика. Постоянный ток

1. На неподвижном проводящем уединённом шарике радиусом R находится заряд Q . Точка O – центр шарика, $OA = \frac{3}{4}R$, $OB = 3R$, $OC = \frac{3}{2}R$. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и точке B ?



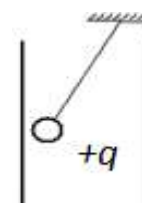
- А) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке A
 Б) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке B
 1) 0; 2) $4E_C$; 3) $E_C/2$; 4) $E_C/4$.

2. Две очень большие квадратные металлические пластины заряжены до зарядов $+q$ и $-q$ (см. рис.). В каких областях пространства напряженность электрического поля, созданного пластинами, равна нулю?



- 1) только в I; 2) только в II;
 3) только в III; 4) в I и III.

3. Маленький шарик с зарядом $q = 4 \cdot 10^{-7}$ Кл и массой 3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,5 мм?



4. Цинковая пластина, имеющая отрицательный заряд $-10e$, при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пластины?

- 1) $+6e$; 2) $-6e$; 3) $+14e$; 4) $-14e$.

5. Точка B находится в середине отрезка AC . Неподвижные точечные заряды $+q$ и $-2q$ расположены в точках A и C



соответственно (см. рисунок). Какой заряд надо

поместить в точку C взамен заряда $-2q$, чтобы

- напряжённость электрического поля в точке B увеличилась в 2 раза?
 1) $-5q$; 2) $-4q$; 3) $4q$; 4) $5q$.

6. Заряженная пылинка находится в однородном электрическом поле напряжённостью $E = 1,3 \cdot 10^5$ В/м, направленном вертикально. Какой заряд она должна иметь, чтобы находиться в равновесии? Масса пылинки

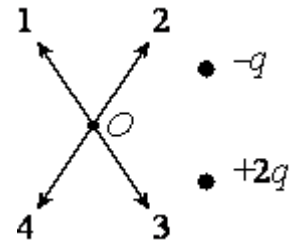
$m = 2 \cdot 10^{-12}$ кг.

($1,5 \cdot 10^{-16}$ Кл)

7. В однородное электрическое поле со скоростью $0,5 \cdot 10^7$ м/с влетает электрон и движется по направлению линий напряжённости поля. Какое расстояние пролетит электрон до полной потери скорости, если модуль напряжённости поля равен 3600 В/м?

- 1) 1 см; 2) 2 см; 3) 5 см; 4) 8 см.

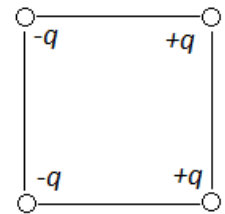
8. По какой из стрелок 1–4 направлен вектор напряжённости электрического поля \vec{E} , созданного двумя разноимёнными неподвижными точечными зарядами в точке O (см. рисунок, $q > 0$)? Точка O равноудалена от зарядов.



9. Как изменится ускорение заряженной пылинки, движущейся в электрическом поле, если напряжённость поля увеличить в 2 раза, а заряд пылинки в 2 раза уменьшить? Силу тяжести не учитывать.

- 1) не изменится; 2) увеличится в 2 раза;
3) уменьшится в 2 раза; 4) увеличится в 4 раза.

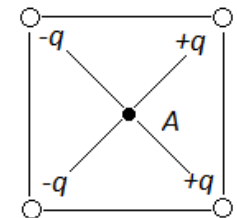
10. Как направлен вектор напряженности электрического поля в центре квадрата, созданного зарядами, которые расположены в его вершинах так, как это представлено на рисунке?



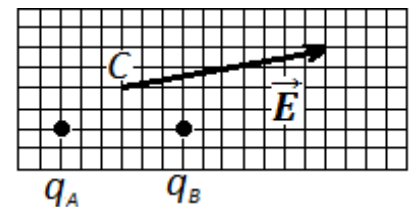
- 1) влево; 2) вправо; 3) вниз; 4) вверх.

11. Каждый из четырех одинаковых по величине и знаку зарядов, расположенных в вершинах квадрата, создают в точке A электрическое поле, напряженность которого равна E (см. рис.). Напряженность поля в точке A равна

- 1) 0; 2) $4E$; 3) $2\sqrt{2}E$; 4) $4\sqrt{2}E$.

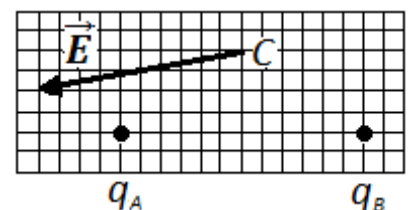


12. На рисунке изображен вектор напряженности \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему примерно равен заряд q_B , если заряд q_A равен 2 мкКл? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл). 1) 1 мкКл; 2) 2 мкКл; 3) 1 мкКл; 4) 2 мкКл.



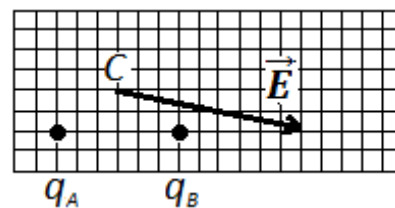
13. На рисунке изображен вектор напряженности \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Каков заряд q_B , если заряд q_A равен 2 мкКл?

- 1) 1 мкКл; 2) 2 мкКл;

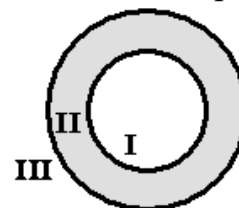


- 3) 1 мкКл; 4) 2 мкКл.

14. На рисунке изображен вектор напряженности \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Каков заряд q_B , если заряд q_A равен 1 мкКл? 1) 1 мкКл; 2) 2 мкКл; 3) 1 мкКл; 4) 2 мкКл.



15. На рисунке изображено сечение уединенного проводящего полого шара. I – область полости, II – область проводника, III – область вне проводника. Шару сообщили отрицательный заряд. В каких областях пространства напряженность электрического поля, создаваемого шаром, отлична от нуля?



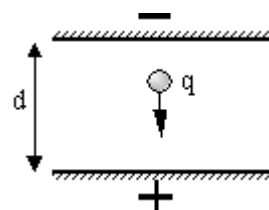
- 1) только в I; 2) только в II; 3) только в III; 4) в I и II.

16. Полый шарик массой $m = 0,4$ г с зарядом $q = 8$ нКл движется в горизонтальном однородном электрическом поле, напряжённость которого $E = 500$ кВ/м. Какой угол α образует с вертикалью траектория шарика, если его начальная скорость равна нулю?

17. Пылинка, имеющая заряд 10^{-11} Кл, влетела в однородное электрическое поле вдоль его силовых линий с начальной скоростью $0,1$ м/с и переместилась на расстояние 4 см. Какова масса пылинки, если её скорость увеличилась на $0,2$ м/с при напряженности поля 10^5 В/м? Ответ выразите в миллиграммах (мг).

18. Пылинка, имеющая массу 10^{-6} кг, влетела в однородное электрическое поле вдоль его силовых линий с начальной скоростью $0,1$ м/с и переместилась на расстояние 4 см. Каков заряд пылинки, если её скорость увеличилась на $0,2$ м/с при напряженности поля $E = 10^5$ В/м? Ответ выразите в пикокулонах (пКл).

19. Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 1$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг. При каком значении заряда q капли ее скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь. Ответ выразите в пикокулонах (10^{-12} Кл).



20. Два одинаковых воздушных конденсатора ёмкостью по 100 пФ каждый соединены последовательно и подключены к источнику напряжения 10 В.

Найти изменение заряда на конденсаторах, если в один из них вставить диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$, не отключая от источника. (0,17 нКл)

21. Разность потенциалов между пластинами одного из двух одинаковых конденсаторов емкостью C равна U , а другого нулю. Конденсаторы соединяют параллельно. Найдите изменение энергии системы после соединения конденсаторов. (Уменьшилась на $CU^2/4$)

22. Первый конденсатор емкостью $3C$ подключен к источнику тока с ЭДС ϵ , а второй – емкостью C подключен к источнику с ЭДС 3ϵ . Отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого равно 1)1; 2)13; 3)3; 4)9.

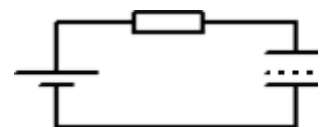
23. Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения. Как изменятся при увеличении зазора между обкладками конденсатора три величины: емкость конденсатора, величина заряда на его обкладках, разность потенциалов между ними? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1)увеличится; 2)уменьшится; 3)не изменится.

А) Емкость конденсатора.

Б) Величина заряда на обкладках конденсатора.

В) Разность потенциалов между обкладками конденсатора.

24. Источник постоянного напряжения с ЭДС 100 В подключён через резистор к конденсатору переменной ёмкости, расстояние между пластинами которого можно изменять (см. рисунок). Пластины медленно раздвинули. Какая работа была совершена против сил притяжения пластин, если за время движения пластин на резисторе выделилось количество теплоты 10 мкДж и заряд конденсатора изменился на 1 мкКл?



25. Если напряжение между концами проводника и его длину увеличить в 3 раза, то сила тока, идущего через проводник:

- 1) уменьшится в 3 раза; 2) не изменится;
3) увеличится в 3 раза; 4) уменьшится в 9 раз.

26. Участок цепи состоит из четырех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$, $3r$ и $4r$. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

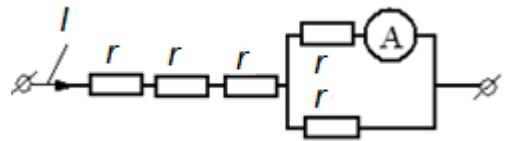
- 1) $10r$; 2) $20r$; 3) $30r$; 4) $40r$.

27. Медная проволока имеет электрическое сопротивление 6 Ом . Какое электрическое сопротивление имеет медная проволока, у которой в 2 раза больше длина и в 3 раза больше площадь поперечного сечения?

- 1) 36 Ом ; 2) 9 Ом ; 3) 4 Ом ; 4) 1 Ом .

28. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$ и $3r$. Сопротивление участка уменьшится в 1,5 раза, если убрать из него

- 1) первый резистор; 2) второй резистор;
3) третий резистор; 4) первый и второй резисторы.

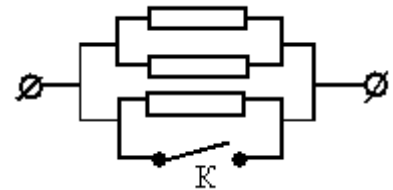


29. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 4 \text{ А}$. Что показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

- 1) 1 А ; 2) 2 А ; 3) 3 А ; 4) $1,5 \text{ А}$.

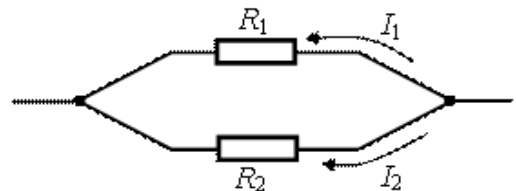
30. Каким будет сопротивление участка цепи (см. рисунок), если ключ K замкнуть? (Каждый из резисторов имеет сопротивление R).

- 1) $2R$; 2) 0 ; 3) $3R$; 4) R .



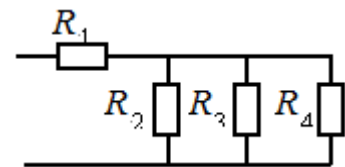
31. Два резистора включены в электрическую цепь параллельно, как показано на рисунке. Значения силы тока в резисторах $I_1 = 0,8 \text{ А}$, $I_2 = 0,2 \text{ А}$. Для сопротивлений резисторов справедливо соотношение

- 1) $R_1 = 14R_2$; 2) $R_1 = 4R_2$;
3) $R_1 = 12R_2$; 4) $R_1 = 2R_2$.

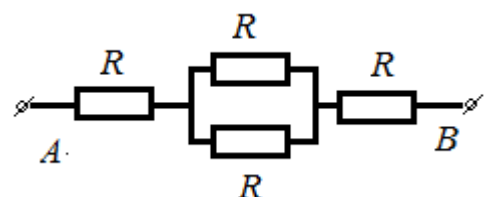


32. Определите общее сопротивление электрической цепи, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = R_3 = R_4 = 3 \text{ Ом}$.

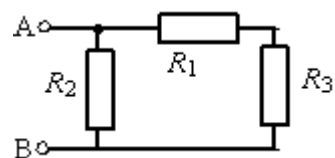
- 1) 11 Ом ; 2) 3 Ом ; 3) $1,5 \text{ Ом}$; 4) $19/9 \text{ Ом}$.



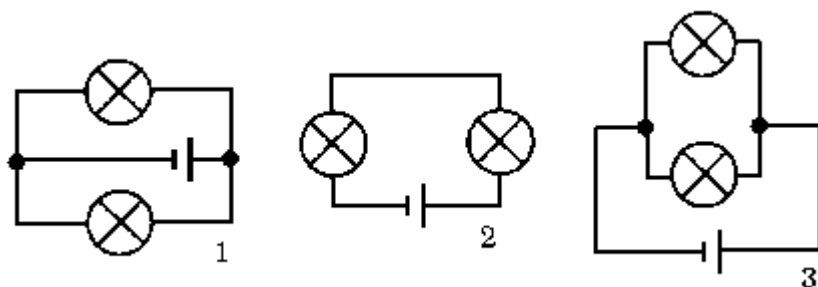
33. электрической цепи, представленной на рисунке, равно 1) $4R$; 2) $3R$; 3) $2,5R$; 4) $2,25R$.



34. Определите общее сопротивление R участка цепи между клеммами A и B , если $R_1=R_2=2\text{Ом}$, $R_3=4\text{Ом}$. 1) 8 Ом; 2) 5 Ом; 3) 1,5 Ом; 4) 0,5 Ом

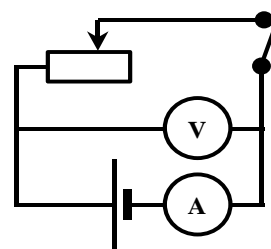


35. Какая из схем, изображенных на рисунке, соответствует последовательному включению ламп?



- 1) только 1; 2) только 2; 3) только 3; 4) 1 и 2;
5) 1 и 3; 6) 2 и 3; 7) 1, 2 и 3.

36. В электрической цепи, изображенной на рисунке, ползунок реостата переместили вправо. Как изменились при этом показания вольтметра и амперметра?



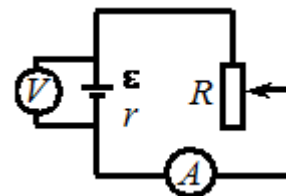
- 1) показания обоих приборов увеличились;
2) показания обоих приборов уменьшились;
3) показания амперметра увеличились, вольтметра уменьшились;
4) показания амперметра уменьшились, вольтметра увеличились.

37. Обмотка амперметра, предназначенного для измерения силы тока, имеет сопротивление 0,9 Ом. Определите сопротивление шунта, который нужно подключить к амперметру, чтобы можно было измерять токи, в 10 раз большие. (0,1 Ом)

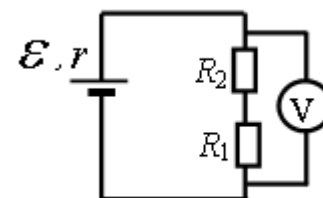
38. К миллиамперметру, рассчитанному на максимальный ток 100 мА, присоединили добавочное сопротивление, чтобы получить вольтметр, которым можно измерять напряжение до 220 В. Какой должна быть величина этого добавочного сопротивления, если известно, что при шунтировании миллиамперметра сопротивлением 0,2 Ом цена его деления возрастает в 10 раз? (2198 Ом)

39. В каждую из сторон правильного шестиугольника включено сопротивление 5 Ом. Кроме того, каждая из вершин соединена с центром шестиугольника таким же сопротивлением. Чему равно сопротивление получившейся системы при подключении противоположными вершинами?
(4 Ом)

40. При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр – 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.
1) 0,5 Ом; 2) 1 Ом; 3) 1,5 Ом; 4) 2 Ом.



41. К однородному медному цилиндрическому проводнику на 15 с приложили разность потенциалов 1 В. Какова длина проводника, если его температура при этом повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь (удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м).



42. В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока равна 5 В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, а сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 2$ Ом. Какое напряжение показывает вольтметр?
1) 1 В; 2) 2 В; 3) 3 В; 4) 4 В.

43. На одной лампочке написано «220 В, 60 Вт», на другой – «110 В, 30 Вт». Сопротивление какой лампочки больше?

- 1) сопротивление первой больше; 2) сопротивление второй больше;
3) сопротивления одинаковы; 4) среди ответов нет правильного.

44. Как изменится мощность, потребляемая электрической лампой, если, не изменяя её электрическое сопротивление, уменьшить напряжение на ней в 3 раза?

- 1) уменьшится в 3 раза; 2) уменьшится в 9 раз;
3) не изменится; 4) увеличится в 9 раз.

45. Как изменятся тепловые потери в линии электропередачи, если будет использоваться напряжение 110 кВ вместо 11 кВ при условии передачи одинаковой мощности?

- 1) увеличатся в 10 раз; 2) уменьшатся в 10 раз;
3) увеличатся в 100 раз; 4) уменьшатся в 100 раз;
5) не изменятся.

46. Два резистора, имеющие сопротивления $R_1 = 3$ Ом и $R_2 = 6$ Ом, включены последовательно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение Q_1/Q_2 количеств теплоты, выделяющихся на этих резисторах за одинаковое время?

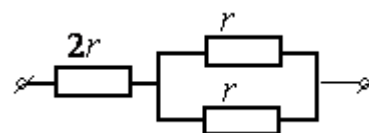
- 1) $\frac{1}{2}$; 2) 2; 3) 4; 4) $\frac{1}{4}$.

47. Два нагревателя подключаются к источнику питания сначала последовательно, затем – параллельно. В каком случае к.п.д. больше?

- 1) в первом; 2) в обоих случаях одинаково;
3) во втором; 4) среди ответов нет правильного.

48. При питании лампочки от элемента с ЭДС 1,5 В сила тока в цепи равна 0,2 А. Найдите работу сторонних сил в элементе за 1 мин. (18 Дж)

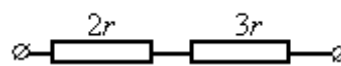
49. При подключении электромагнита к источнику с ЭДС 30 В и внутренним сопротивлением 2 Ом напряжение на зажимах источника стало 28 В. Найдите силу тока в цепи. Какую работу совершают сторонние силы источника за 5 мин? Какова работа тока во внешней и внутренней частях цепи за то же время? (1 А; 9 кДж; 8,4 кДж; 0,6 кДж)



50. На рисунке показан участок цепи, по которому течет постоянный ток. Отношение тепловой мощности, выделяющейся на левом резисторе, к мощности, выделяющейся на одном из двух правых, равно

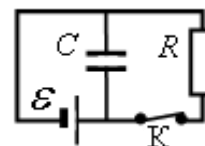
- 1) 18; 2) 2; 3) 14; 4) 8.

51. На рисунке показан участок цепи, по которому течет постоянный ток. Отношение тепловой мощности, выделяющейся на левом резисторе, к мощности, выделяющейся на правом, равно



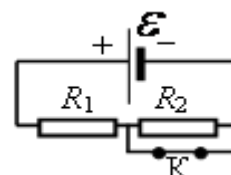
- 1) 3/2; 2) 2/3; 3) 9/4; 4) 4/9.

52. Конденсатор ёмкостью $C = 2$ мкФ присоединён к батарее с ЭДС $\varepsilon = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом. В начальный момент времени ключ К был замкнут (см. рисунок). Какой станет энергия конденсатора через длительное время (не менее 1 с) после размыкания ключа К, если сопротивление резистора $R = 10$ Ом?



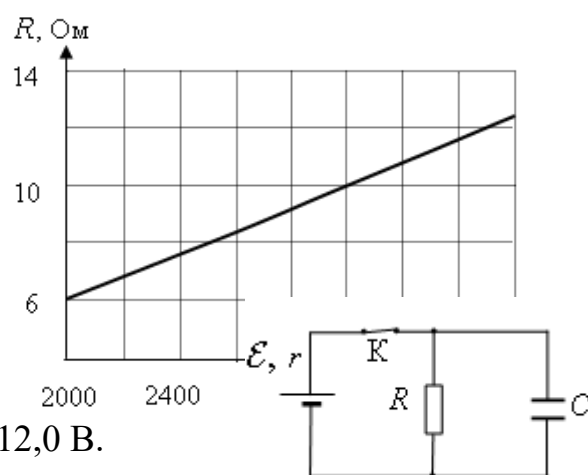
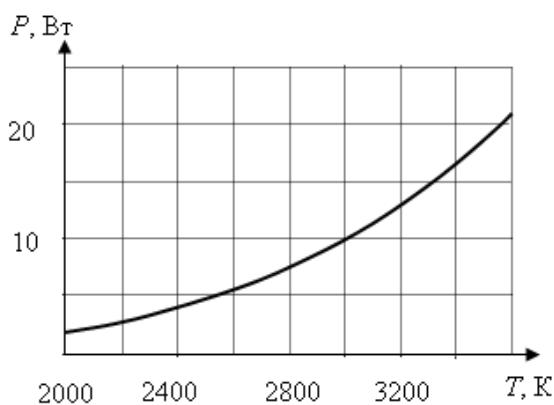
- 1) 100 нДж; 2) 200 нДж; 3) 100 мкДж; 4) 200 мкДж.

53. На рисунке показана цепь постоянного тока. Сопротивления обоих резисторов одинаковы и равны R .

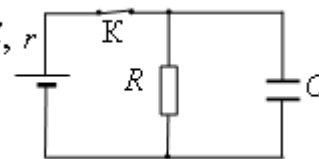


Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ε – ЭДС источника тока). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

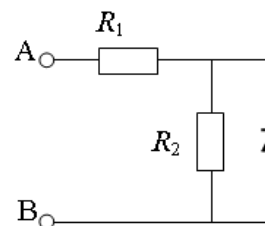
54. При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунке изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы $P=P(T)$ и сопротивления спирали $R=R(T)$ от температуры. При помощи этих графиков определите напряжение, приложенное к спирали, при температуре $T=2500\text{K}$.



- 1) 5,0 В; 2) 6,3 В; 3) 10,3 В; 4) 12,0 В.



55. В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном – многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке A – положительного, а к точке B – отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением, потребляемая мощность равна 4,8 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 14,4 Вт. Укажите условия протекания тока через диод и резисторы в обоих случаях и определите сопротивление резисторов в этой цепи.



56. Вольтметр, подключенный к лампочке, показывает напряжение $U = 4$ В, а амперметр – ток $I = 2$ А. Чему равно внутреннее сопротивление r источника тока, к которому эта лампочка присоединена, если ЭДС источника $\varepsilon = 5$ В?
(0,5 Ом)

57. Источник тока, замкнутый на сопротивление $R_1 = 2$ Ом, дает ток $I_1 = 1,6$ А. Тот же источник тока, замкнутый на сопротивление $R_2 = 1$ Ом, дает

ток $I_2 = 2$ А. Найдите мощность, теряемую внутри батареи, во втором случае.
(12 Вт)

58. $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 20$ Ом, подключены к источнику тока с напряжением 120 В. Чему равна мощность, выделяемая в резисторе с сопротивлением R_2 ?
(320 Вт)

59. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора, если при токе 5 А он отдает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 7 А – мощность 12,6 Вт.
($\varepsilon = 25$ В; $r = 0,05$ Ом)

60. Для нагревания 4,5 л воды от 23°C до кипения нагреватель потребляет 0,5 кВт·ч электрической энергии. Чему равен КПД нагревателя? Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³; $c_{\text{в}} = 4,2$ кДж/(кг·К).
(81 %)

Когда к тем же зажимам подключили резистор, вольтметр стал показывать 3 В. Что покажет вольтметр, если вместо одного подключить два таких же резистора, соединенных последовательно? параллельно?
(2 В; 4 В)

61. Лампочки, сопротивления которых 3 и 12 Ом, поочередно подключенные к некоторому источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найти внутреннее сопротивление источника и КПД цепи в каждом случае.(6 Ом; 33 %; 67 %)

62. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?
(15 Вт)

63. При коротком замыкании выводов гальванической батареи сила тока в цепи 0,45 А. При подключении к выводам батареи электрической лампы сила тока в цепи 0,225 А, а напряжение на лампе 4,5 В. Найдите ЭДС гальванической батареи.

64. Линия электропередачи, имеющая сопротивление 250 Ом, подключена к генератору постоянного тока мощностью 25 кВт. При каком напряжении на зажимах генератора потери в линии составят 4 % от мощности генератора?
($1,25 \cdot 10^4$ В)

65. Два резистора, имеющие сопротивления $R_1 = 3$ Ом и $R_2 = 6$ Ом, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение мощностей P_1/P_2 электрического тока, выделившихся в этих резисторах?

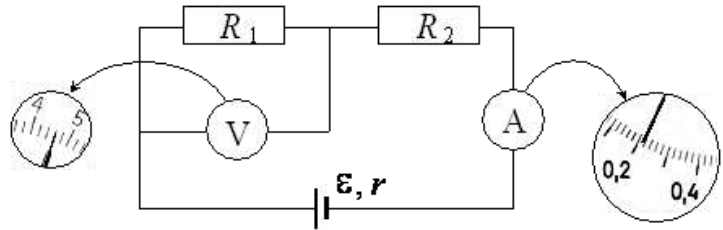
1) 1 : 1

2) 1 : 2

3) 2 : 1

4) 4 : 1

66. При проведении лабораторной работы ученик собрал электрическую цепь по схеме на рисунке.



Сопротивления R_1 и R_2 равны

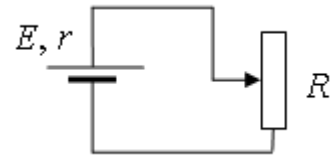
20 Ом и 150 Ом соответственно. Сопротивление вольтметра равно 10 кОм, а амперметра – 0,4 Ом. ЭДС источника равна 36 В, а его внутреннее сопротивление – 1 Ом. На рисунке показаны шкалы приборов с показаниями, которые получил ученик. Исправны ли приборы или же какой-то из них даёт неверные показания?

67. Электрическая цепь состоит из источника тока с конечным внутренним сопротивлением и реостата. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Максимальная мощность тока P_{\max} , выделяющаяся на реостате, равна 4,5 Вт и достигается при сопротивлении реостата $R = 2$ Ом. Какова ЭДС источника?

68. Паяльник, рассчитанный на напряжение $U_1 = 220$ В, подключили в сеть с напряжением $U_2 = 110$ В. Как изменилась мощность, потребляемая паяльником? Сопротивление спирали паяльника считать постоянным.

- 1) уменьшилась в 4 раза; 2) увеличилась в 2 раза;
3) уменьшилась в 2 раза; 4) увеличилась в 4 раза.

69. Реостат R подключен к источнику тока с ЭДС E и внутренним сопротивлением r (см. рисунок).



Зависимость силы тока в цепи от сопротивления

реостата представлена на графике.

Найдите сопротивление реостата, при котором мощность тока, выделяемая на внутреннем сопротивлении источника, равна 8 Вт.

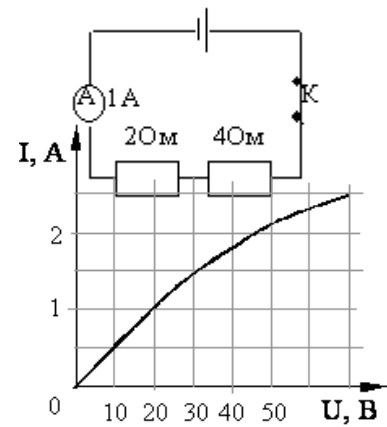


70. При лечении электростатическим душем к электродам электрической машины прикладывается разность потенциалов 10 кВ. Какой заряд проходит между электродами за время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу, равную 3,6 кДж?

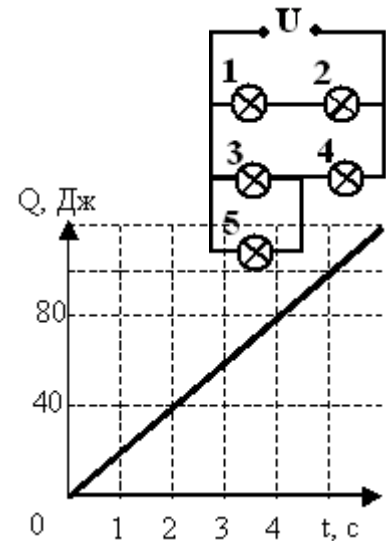
1) 36 мКл; 2) 0,36 Кл; 3) 36 МКл; 4) $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

71. Изучая закономерности соединения резисторов, ученик собрал электрическую цепь, изображенную на рисунке. Какая энергия выделится во

внешней части цепи при протекании тока в течение 10 минут? Необходимые данные указаны на схеме. Амперметр считать идеальным.



72. Какая лампа (см. рис.) горит ярче других (все лампы имеют одинаковое сопротивление)?
 1) 5; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



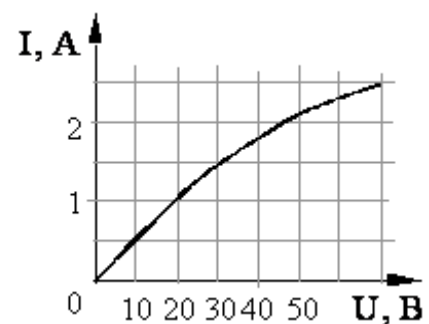
73. По резистору течет постоянный ток. На рисунке приведен график зависимости количества теплоты, выделяемого в резисторе, от времени. Сопротивление резистора 5 Ом. Чему равна сила тока в резисторе?

74. Две проволоки одинаковой длины из одного и того же материала включены последовательно в электрическую цепь. Сечение первой проволоки в 3 раза больше сечения второй. Количество теплоты, выделяемое в единицу времени в первой проволоке,

- 1) в 3 раза больше, чем во второй;
- 2) в 3 раза меньше, чем во второй;
- 3) в 9 раз больше, чем во второй;
- 4) в $\sqrt{3}$ раз меньше, чем во второй.

75. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При напряжении 30 В мощность тока в лампе равна

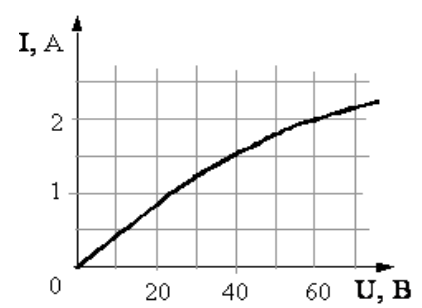
- 1) 135 Вт; 2) 67,5 Вт; 3) 45 Вт; 4) 20 Вт.



76. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 1,5 А мощность тока в лампе равна

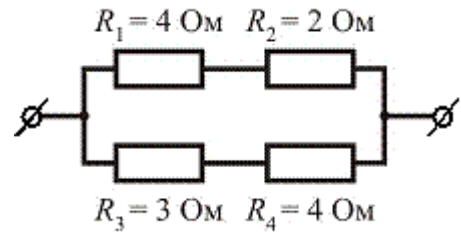
- 1) 135 Вт; 2) 67,5 Вт; 3) 45 Вт; 4) 20 Вт.

77. силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 2 А ток в лампе за 3 с совершает работу



- 1) 90 Дж; 2) 10,8 кДж; 3) 270 Дж; 4) 360 Дж.

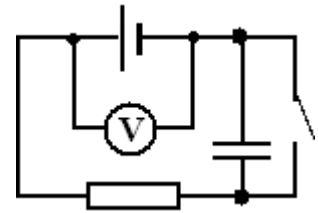
78. На рисунке представлен участок электрической цепи. Каково отношение количеств теплоты Q_2/Q_3 , выделившихся на резисторах R_2 и R_3 за одно и то же время?



- 1) 0,44; 2) 0,67; 3) 0,9; 4) 1,5.

79. На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 10 А. Подаваемое в цепь напряжение равно 110 В. Какое максимальное число электрических чайников, мощность каждого из которых равна 400 Вт, можно одновременно включить в квартире?

- 1) 2,7; 2) 2; 3) 3; 4) 2,8.



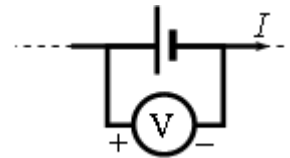
80. Схема электрической цепи показана на рисунке.

Когда цепь разомкнута, вольтметр показывает 8 В. При замкнутой цепи вольтметр показывает 7 В. Сопротивление внешней цепи равно 3,5 Ом. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?

81. На цоколе автомобильной лампочки обозначены два числа: 12 В, 20 Вт. Какую работу совершает электрический ток за 10 мин свечения лампы при ее работе в сети напряжением 12 В?

- 1) 12000 Дж; 2) 2400 Дж; 3) 240 Дж; 4) 20 Дж.

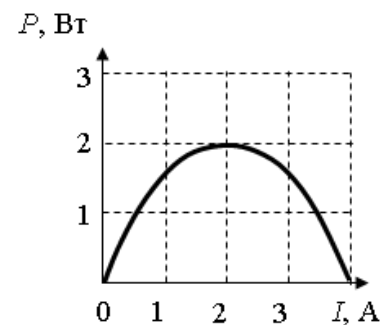
82. Вольтметр подключён к клеммам источника тока с ЭДС $\varepsilon = 3$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, через который течёт ток $I = 2$ А (см. рисунок).



Вольтметр показывает 5 В. Какое количество теплоты выделяется внутри источника за 1 с?

- 1) 5 Дж; 2) 4 Дж; 3) 3 Дж; 4) 1 Дж.

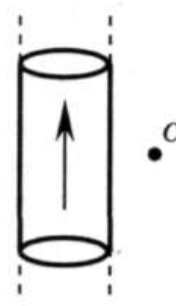
83. Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС ε и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R . При изменении сопротивления нагрузки изменяется сила тока в цепи и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график изменения мощности, выделяющейся на нагрузке, в зависимости от силы тока в цепи. Используя известные физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от силы тока является параболой. Чему равно ЭДС батареи?



7. Магнитное поле

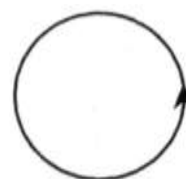
1. На рисунке изображен цилиндрический проводник, по которому идет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке C ?

- 1) в плоскости чертежа вверх;
- 2) в плоскости чертежа вниз;
- 3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа;
- 4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа.



2. На рисунке изображен проволочный виток, по которому идет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) к нам перпендикулярно плоскости чертежа;
- 2) от нас перпендикулярно плоскости чертежа;
- 3) вправо \rightarrow ;
- 4) влево \leftarrow .



3. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) от нас перпендикулярно плоскости чертежа;
- 2) к нам перпендикулярно плоскости чертежа;
- 3) влево \leftarrow ;
- 4) вправо \rightarrow .



4. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

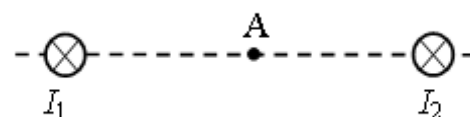
- 1) вертикально вверх \uparrow ;
- 2) горизонтально влево \leftarrow ;
- 3) горизонтально вправо \rightarrow ;
- 4) вертикально вниз \downarrow .



5. Магнитное поле создано в точке A двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке A направлены в плоскости чертежа следующим образом:

- 1) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вниз;
- 2) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вверх;

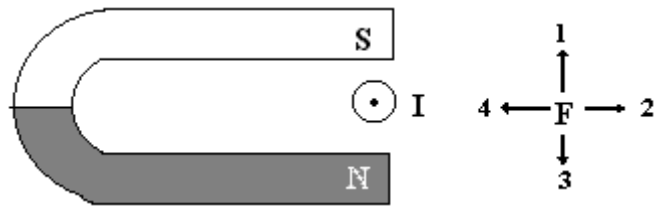
- 3) \vec{B}_1 –



2) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вверх;

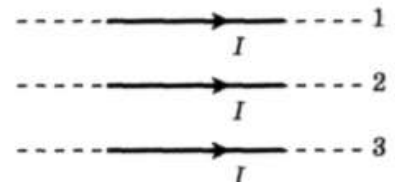
4) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вниз.

6. Ток в проводнике помещенному в магнитное поле, направлен так, как показано на рисунке. Укажите направление силы Ампера, действующей на этот проводник.



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

7. На проводник 2 со стороны двух других проводников действует сила Ампера (см. рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы, I — сила тока. Сила Ампера в этом случае



- 1) направлена вверх \uparrow ; 3) направлена от нас;
2) направлена вниз \downarrow ; 4) равна нулю.

8. На проводник 3 со стороны двух других проводников действует сила Ампера (см. рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы, I — сила тока. Сила Ампера в этом случае

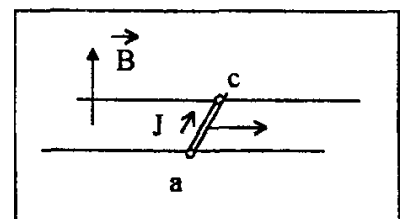


- 1) направлена вверх \uparrow ; 2) направлена к нам;
3) направлена вниз \downarrow ; 4) равна нулю.

9. Участок проводника длиной 20 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл. Сила электрического тока, идущего по проводнику, равна 5 А. Какое перемещение совершит проводник в направлении действия силы Ампера, если работа этой силы равна 0,005 Дж? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.

- 1) 0,0001 м; 2) 0,1 м; 3) 0,01 м; 4) 10 м.

10. Электромагнитный ускоритель представляет собой два провода, расположенные в горизонтальной плоскости на расстоянии 20 см друг от друга, по которым может скользить без трения металлическая перемычка ac массой 2 кг (см. рисунок). Магнитное поле индукцией $B = 1$ Тл перпендикулярно плоскости движения перемычки. Какой ток следует пропустить по перемычке, чтобы она, пройдя путь 2 м, приобрела скорость 10 м/с?



- 1) 10 А; 2) 50 А;

- 3) 100 А; 4) 250 А.

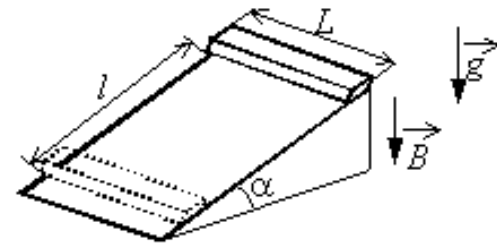
11. На сколько отличаются наибольшее и наименьшее значения модуля силы, действующей на прямой провод длиной 20 см с током 10 А, при различных положениях провода в однородном магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл?

- 1) 200 Н; 2) 2 Н; 3) 1 Н; 4) 20Н.

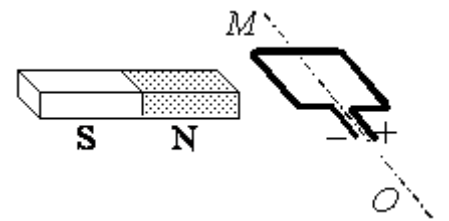
12. Прямолинейный проводник подвешен горизонтально на двух нитях в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Вектор магнитной индукции горизонтален и перпендикулярен проводнику. Во сколько раз изменится сила натяжения нитей при изменении направления тока на противоположное? Масса единицы длины проводника 0,01 кг/м, сила тока в проводнике 5 А.

- 1) 1,5 раза; 2) 2 раза; 3) 2,5 раза; 4) 3 раза.

13. Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину $L = 0,5$ м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле индукцией $B = 0,1$ Тл (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$. Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. Найдите величину ЭДС индукции на концах бруска в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние $l = 1,6$ м.



14. Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.



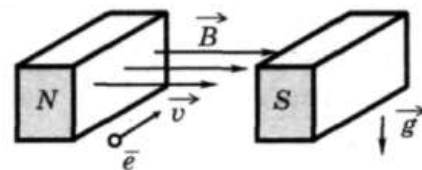
15. Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции на расстоянии L друг от друга с одинаковыми скоростями v . Отношение модулей сил, действующих на них со стороны магнитного поля в этот момент времени

- 1) 0; 2) 1; 3) 2000; 4) 1/2000.

16. Радиусы окружностей R_α и R_p , по которым движутся α -частица и протон ($m_\alpha = 4m_p$; $q_\alpha = 2q_p$), влетевшие в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одинаковыми скоростями, соотносятся как

- 1) $R_{\dot{\alpha}} = 2R$; 2) $R_{\dot{\alpha}} = 0,5R_p$; 3) $R_{\dot{\alpha}} = 4R_p$; 4) $R_{\dot{\alpha}} = 0,25R_p$.

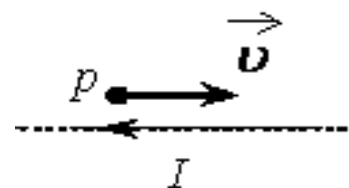
17. Электрон e , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость v , перпендикулярную вектору индукции магнитного поля (см. рисунок). Куда направлена действующая на него сила Лоренца F ?



- 1) вертикально вниз; 2) горизонтально влево; 3) вертикально вверх; 4) горизонтально вправо.

18. Протон p имеет скорость v , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца?

- 1) вертикально вверх в плоскости рисунка \uparrow ;
2) вертикально вниз в плоскости рисунка \downarrow ;
3) горизонтально влево в плоскости рисунка \leftarrow ;
4) перпендикулярно плоскости рисунка от нас \otimes .



19. Две частицы, имеющие отношение зарядов $q_1/q_2 = 2$ и отношение масс $m_1/m_2 = 1$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции и движутся по окружностям. Определите отношение периодов обращения этих частиц.

20. Электрон движется в однородном магнитном поле индукцией B по круговой орбите радиусом $R = 6 \cdot 10^{-4}$ м. Значение импульса электрона равно $p = 4,8 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с. Чему равна индукция B магнитного поля?

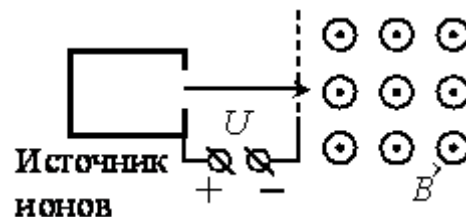
21. В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции влетают электрон и протон ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг). Их кинетические энергии одинаковы. Как соотносятся радиусы кривизны их траекторий?

22. С какой скоростью вылетает α -частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле индукцией $B = 2$ Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиусом $R = 1$ м (α -частица — ядро атома гелия, молярная масса гелия $\mu = 0,004$ кг/моль)?

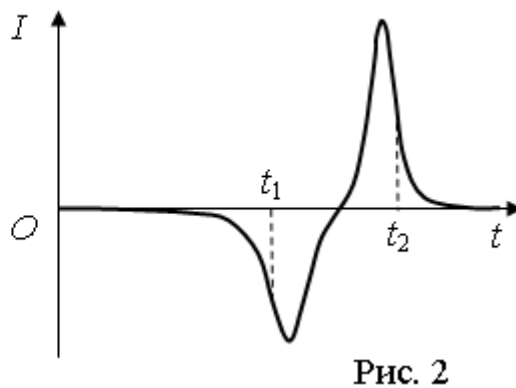
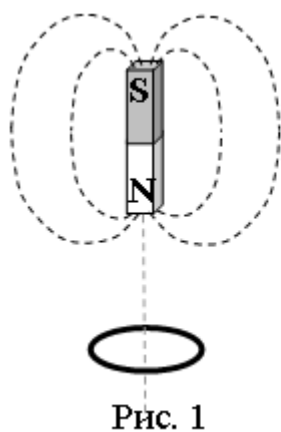
23. Как изменится радиус окружности, по которой заряженная частица движется в однородном магнитном поле при увеличении ее кинетической энергии в 4 раза? Масса частицы не изменяется.

24. перпендикулярно линиям магнитной индукции, которая равна 1 Тл. Какова должна быть минимальная протяженность поля в направлении движения протона, чтобы направление его движения сменилось на противоположное?

25. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, модуль индукции магнитного поля равен 0,5 Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду m/q . Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



26. Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. Пролетая сквозь закреплённое проволочное кольцо, стержень создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.



Почему в моменты времени t_1 и t_2 ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

27. Зависимость от времени магнитного потока Φ , пронизывающего виток, показана на рисунке 10. Чему равен ток в витке в интервале В-Г, если его сопротивление равно $0,05 \text{ Ом}$?

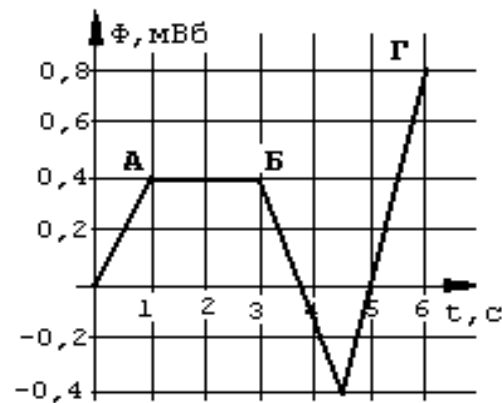


Рис 10

28. Закон электромагнитной индукции заключается в следующем: ЭДС индукции в контуре со знаком минус равна скорости изменения

- 1) силы тока в нем;
- 2) магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром;
- 3) магнитной индукции;
- 4) электромагнитной индукции.

29. За 5 с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, увеличился от 3 до 8 Вб. Чему равно при этом значение ЭДС индукции в рамке?

- 1) 0,6 В;
- 2) 1 В;
- 3) 1,6 В;
- 4) 25 В.

30. Проволочное кольцо покоится в магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости кольца. В первый промежуток времени проекция вектора магнитной индукции на некоторую фиксированную ось линейно растет от B_0 до $5B_0$, во второй — за то же время уменьшается от $5B_0$ до 0, затем за третий такой же промежуток времени уменьшается от 0 до $-5B_0$. На каких отрезках времени совпадают направления тока в кольце?

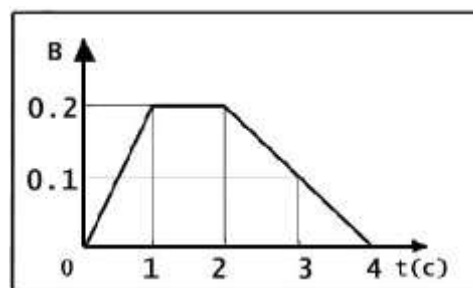
31. Радиусы двух замкнутых круговых контуров, лежащих в одной плоскости, в которых при одинаковой скорости изменения индукции магнитного поля, пронизывающего эти контуры, возникают ЭДС индукции соответственно 0,16 В и 0,04 В, связаны между собой соотношением

- 1) $R_1 = 8R_2$;
- 2) $R_1 = 4R_2$;
- 3) $R_1 = 2R_2$;
- 4) $2R_1 = R_2$.

32. Проволочная рамка, имеющая форму равностороннего треугольника, помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,06 \text{ Тл}$, направление линий которой составляет угол $\alpha=30^\circ$ с перпендикуляром к плоскости рамки. Если при равномерном уменьшении индукции до нуля за время $\Delta t=0,03 \text{ с}$ в рамке, индуцируется Э.Д.С. 30мВ, то длина стороны рамки равна

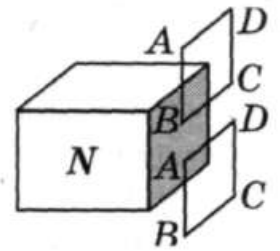
- 1) 0,1м;
- 2) 0,2м;
- 3) 5см;
- 4) 15 см.

33. Проволочная рамка площадью 100 см^2 помещена в однородное магнитное поле, зависимость индукции которого от времени показана на графике.



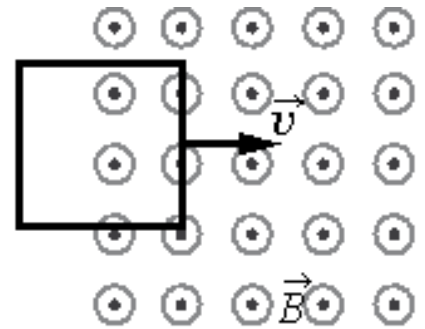
Плоскость рамки составляет угол в 30° с направлением линий магнитной индукции. Чему равна ЭДС индукции, которая действует в рамке в момент времени $t = 3\text{ с}$?

34. Вблизи северного полюса магнита падает медная рамка $ABCD$ (рисунок). При прохождении верхнего и нижнего положений рамки, показанных на рисунке, индукционный ток в стороне AB рамки



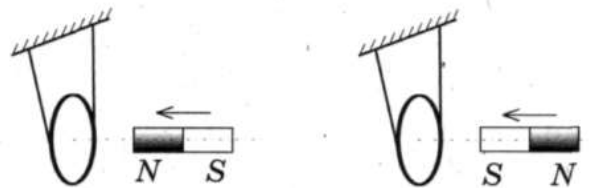
- 1) равен нулю в обоих положениях;
- 2) направлен вверх в обоих положениях;
- 3) направлен вниз в обоих положениях;
- 4) направлен вверх и вниз соответственно.

35. Около полосы медной фольги с большой частотой меняют магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно пластине. В пластине возникает ток,



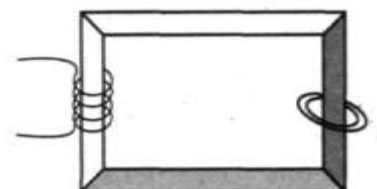
- 1) направленный вдоль полосы;
- 2) направленный поперек полосы;
- 3) идущий по окружности в одном направлении;
- 4) идущий по окружности и периодически меняющий направление.

36. Постоянный магнит вводят в замкнутое алюминиевое кольцо на тонком длинном подвесе (рисунок). Первый раз — северным полюсом, второй раз южным полюсом. При этом

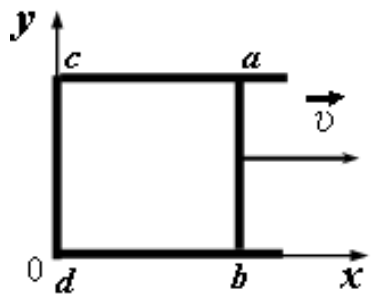


- 1) в первом опыте кольцо притягивается к магниту, во втором — кольцо отталкивается от магнита;
- 2) в первом опыте кольцо отталкивается от магнита, во втором — кольцо притягивается к магниту;
- 3) в обоих опытах кольцо притягивается к магниту;
- 4) в обоих опытах кольцо отталкивается от магнита.

37. В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью \vec{v} , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна \mathcal{E} . Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью $v/4$?



38. На сердечник в виде сплошной массивной рамки из стали квадратного сечения (рисунок) намотана катушка из изолированного проводника и надето кольцо. Вихревое электрическое поле при пропускании по катушке периодически меняющегося тока возникает



- 1) только вдоль стержней сердечника;
- 2) только внутри стержней сердечника поперек его сечения;
- 3) только в кольце по его периметру;
- 4) в кольце по периметру и в сердечнике поперек его сечения.

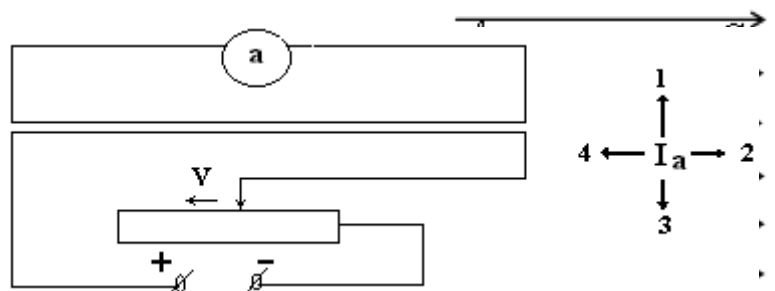
39. На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит жёсткая рамка массой m из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата $ACDE$ со стороной a . Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции перпендикулярен сторонам AE и CD и равен по модулю B . По рамке течёт ток в направлении, указанном стрелками. При какой минимальной силе тока рамка начнет поворачиваться вокруг стороны CD ?

40. По П-образному проводнику $acdb$ постоянного сечения скользит со скоростью \vec{v} медная перемычка ab длиной l из того же материала и такого же сечения. Проводники, образующие контур, помещены в постоянное однородное магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости проводников (см. рисунок). Какова индукция магнитного поля B , если в тот момент, когда $ab = ac$, разность потенциалов между точками a и b равна U ? Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало, а сопротивление проводов велико.

41. В проводнике индуктивностью 50 мГн сила тока в течение $0,1$ с равномерно возрастает с 5 А до некоторого конечного значения. При этом в проводнике возбуждается ЭДС самоиндукции, равная 5 В. Определите конечное значение силы тока в проводнике.

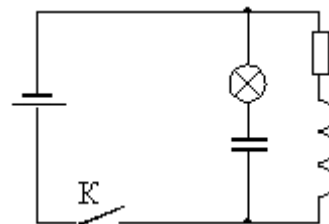
- 1) 5 А;
- 2) 10 А;
- 2) 3) 15 А;
- 4) 20 А.

42. Ползунок реостата движется так как показано на рисунке. Укажите как, при этом, будет направлен ток в цепи на участке (а).

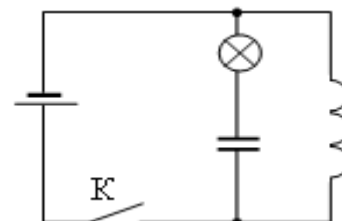


43. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков. Чему равна энергия магнитного поля, если при токе $2,5$ А магнитный поток в железе $0,6$ мВб?

44. В катушке индуктивностью $0,6 \text{ Гн}$ сила тока равна 20 А . Какова энергия магнитного поля катушки? Как изменится энергия, если сила тока уменьшится вдвое?



45. На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен в крайнее верхнее положение и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вниз. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с ε .



46. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 12 В ; емкость конденсатора 2 мФ ; индуктивность катушки 5 мГн , сопротивление лампы 5 Ом и сопротивление резистора 3 Ом . В начальный момент времени ключ $К$ замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.

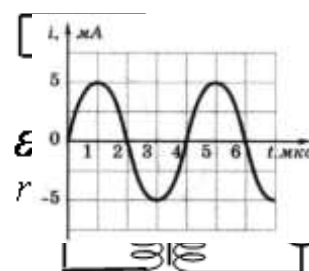
47. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 9 В ; емкость конденсатора 10 мФ ; индуктивность катушки 20 мГн и сопротивление резистора 3 Ом . В начальный момент времени ключ $К$ замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.

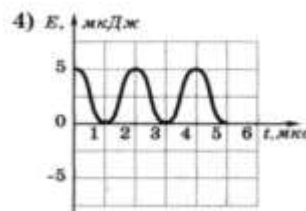
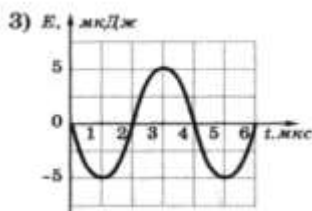
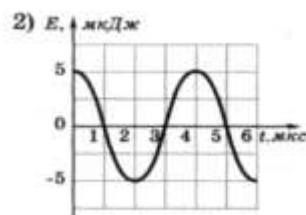
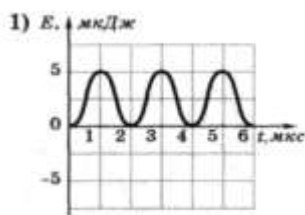
8. Электромагнитные колебания и волны.

1. Как изменится период собственных колебаний контура, если его индуктивность увеличить в 20 раз, а емкость уменьшить в 5 раз?

- 1) увеличится в 2 раза; 3) уменьшится в 2 раза;
2) увеличится в 4 раза; 4) уменьшится в 4 раза.

2. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии электрического поля конденсатора?

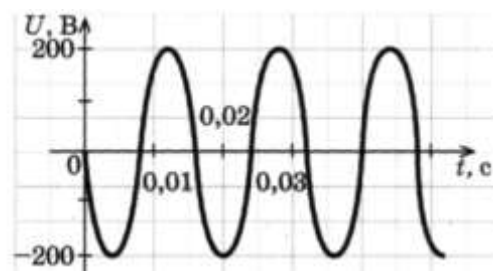




3. Колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью C и катушки индуктивностью L . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроемкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?

- 1) увеличится в 3 раза; 3) уменьшится в 3 раза;
 2) не изменится; 4) увеличится в 9 раз.

4. На рисунке показан график изменения напряжения на выходе генератора с течением времени. Чему равен период колебаний напряжения?



- 1) 50 с; 2) 0,017 с; 3) 60 с; 4) 0,02 с.

5. Изменения электрического заряда конденсатора в колебательном контуре происходят по закону $q = 0,01 \cos 20t$. Чему равен период колебаний заряда (в секундах)?

6. В таблице показано, как менялся ток в катушке идеального колебательного контура при свободных колебаниях. Вычислите по этим данным максимальный заряд конденсатора.

$t \cdot 10^{-6}, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I \cdot 10^{-3}, \text{ А}$	4	2,83	0	-2,83	-4	-2,83	0	2,83	4	2,83

- 1) $7,9 \cdot 10^{-8}$ Кл; 2) $1,3 \cdot 10^{-8}$ Кл; 3) $9,4 \cdot 10^{-9}$ Кл; 4) $5,1 \cdot 10^{-9}$ Кл.

7. В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, амплитуда силы тока $I_m = 50$ мА. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени.

$t \cdot 10^{-6}, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$U, \text{ В}$	0	2,8	4	2,8	0	-2,8	-4	-2,8	0
----------------	---	-----	---	-----	---	------	----	------	---

Найдите значение электроёмкости конденсатора.

8. В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Максимальное значение заряда конденсатора во втором контуре равно 6 мкКл. Амплитуда колебаний силы тока в первом контуре в 2 раза меньше, а период его колебаний в 3 раза меньше, чем во втором контуре. Определите максимальное значение заряда конденсатора в первом контуре.

9. Заряженный конденсатор емкостью 2 мкФ подключен к катушке с индуктивностью 80 мГн. Через какое время от момента подключения энергия электрического поля станет равной энергии магнитного поля?

10. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и двух одинаковых конденсаторов, соединенных параллельно. Период собственных колебаний контура 0,02 с. Чему будет равен период, если конденсаторы включить последовательно?

11. Амплитуда напряжения на конденсаторе колебательного контура 220 В, а амплитуда силы тока в катушке 2 мА. Чему равны сила тока и напряжения в тот момент, когда энергия электрического поля конденсатора равна энергии магнитного поля катушки?

12. В основе работы электрогенератора на ГЭС лежит

- 1) действие магнитного поля на проводник с электрическим током;
- 2) явление электромагнитной индукции;
- 3) явление самоиндукции;
- 4) действие электрического поля на электрический заряд.

13. В основе работы электродвигателя лежит

- 1) действие магнитного поля на проводник с электрическим током;
- 2) электростатическое взаимодействие зарядов;
- 3) явление самоиндукции;
- 4) действие электрического поля на электрический заряд.

14. Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220 до 660 В. Сколько витков содержится во вторичной обмотке?

- 1) 2520; 2) 840; 3) 280; 4) 1680.

15. Максимальное напряжение в колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью 5 мГн и конденсатора емкостью 13330 пФ, равно

1,2 В. Определить действующее значение силы тока в контуре и максимальное значение магнитного потока, если число витков равно 28.

16. Сопротивление 200 Ом и конденсатор подключены параллельно к источнику переменного тока с циклической частотой 2500 рад/с. Найдите емкость конденсатора, если амплитудное значение силы тока через сопротивление 1 А, а через конденсатор 2А.

17. В цепь переменного тока включены последовательно активное сопротивление 15 Ом, индуктивное сопротивление 30 Ом и емкостное сопротивление 22 Ом. Каково полное сопротивление цепи?

18. Амплитудное значение синусоидальной ЭДС с частотой 50 Гц равно 100 В. Начальная фаза равна нулю. Найти величину ЭДС в момент времени 1/300 с.

19. Напряжение на концах участка цепи, по которому течет переменный ток, изменяется с течением времени по закону $U = U_0 \sin(\omega t + \pi/6)$ В. В момент времени $t = T/12$ мгновенное напряжение равно 10 В. Определить амплитуду напряжения.

20. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А. Напряжение на ее концах составляет 220 В. Сила тока во вторичной обмотке 11 А, напряжение на ее концах 9,5 В. Определить КПД трансформатора.

21. Генератор переменного тока с ЭДС $e(t) = E_0 \cos \omega t$ ($E_0 = 304$ В) и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением соединен проводами поперечного сечения $S = 1$ см² с потребителем сопротивлением $R = 5$ Ом, находящимся на расстоянии $L = 1$ км. Какая средняя мощность P передается потребителю по линии электропередачи, сделанной из проводника с удельным сопротивлением $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Ответ выразите в киловаттах и округлите до целых.

22. В радиоволне, распространяющейся в вакууме со скоростью v , происходят колебания векторов напряженности электрического поля E и индукции магнитного поля B . При этих колебаниях векторы E , B , v имеют следующую взаимную ориентацию

1) $\vec{E} \perp \vec{B}$, $\vec{E} \parallel \vec{v}$, $\vec{B} \parallel \vec{v}$

2) $\vec{E} \perp \vec{B}$, $\vec{E} \perp \vec{v}$, $\vec{B} \perp \vec{v}$

3) $\vec{E} \parallel \vec{B}$, $\vec{E} \perp \vec{v}$, $\vec{B} \perp \vec{v}$

4) $\vec{E} \parallel \vec{B}$, $\vec{E} \parallel \vec{v}$, $\vec{B} \parallel \vec{v}$

23. Заряженная частица не излучает электромагнитные волны в вакууме при

1) равномерном прямолинейном движении;

- 2) равномерном движении по окружности;
- 3) колебательном движении;
- 4) любом движении с ускорением.

24. Скорость распространения рентгеновского излучения в вакууме

- 1) $3 \cdot 10^8$ м/с; 3) зависит от частоты;
- 2) $3 \cdot 10^2$ м/с; 4) зависит от энергии.

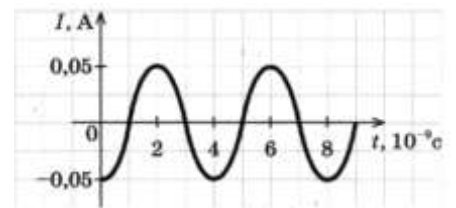
25. Согласно теории Максвелла электромагнитные волны излучаются

- 1) только при равноускоренном движении по прямой;
- 2) только при гармонических колебаниях заряженных частиц;
- 3) только при равномерном движении заряженных частиц по окружности;
- 4) при любом движении заряженных частиц с ускорением.

26. Длина электромагнитной волны в воздухе равна $6 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равна частота колебаний вектора напряженности электрического поля в этой волне?

- 1) 10^{14} Гц; 2) $5 \cdot 10^{14}$ Гц; 3) 10^{13} Гц; 4) $5 \cdot 10^{13}$ Гц.

27. На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.



28. Радиостанция работает на частоте 60 МГц. Определите длину электромагнитных волн, излучаемых антенной радиостанции.

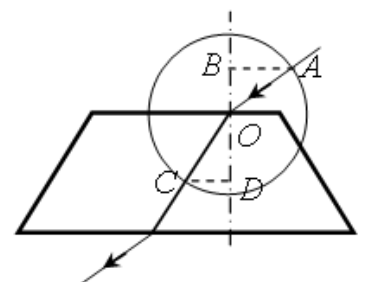
- 1) 0,5; 2) 6 м; 3) 5 м; 4) 10 м.

29. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 888 пФ и катушки с индуктивностью 2 мГн. На какую длину волны настроен контур?

30. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 см^2 каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10 м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

9. Геометрическая и волновая оптика

1. На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе. Если



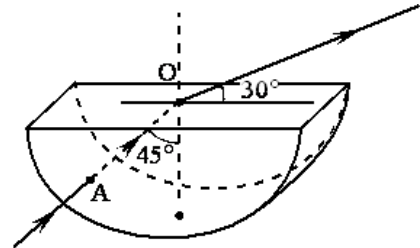
точка O – центр окружности, то показатель преломления стекла n равен

- 1) CD/AB ; 2) OB/OD ; 3) AB/CD ; 4) OD/OB .

2. Свет падает из стеклянной пластинки в воду. Укажите, при каком угле падения свет будет полностью отражаться от стекла. Показатель преломления воды $n_{\text{в}}=1,33$, показатель преломления стекла $n_{\text{ст}}=1,6$.

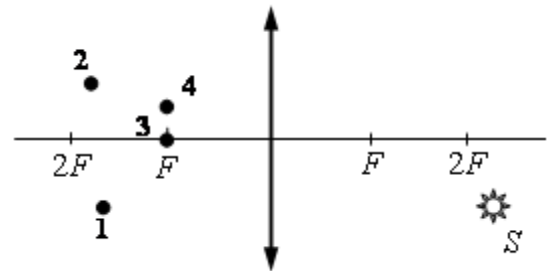
- 1) 48° ($\sin 48^\circ=0,743$); 2) 25° ($\sin 25^\circ=0,422$);
3) 56° ($\sin 56^\circ=0,831$); 4) 21° ($\sin 21^\circ=0,358$).

3. Через дно тонкостенного сосуда, заполненного жидкостью и имеющего форму, показанную на рисунке, пустили луч света (см. рисунок). Каков показатель преломления жидкости?



- 1) 1,22; 2) 1,33; 3) 1,40; 4) 1,48.

4. Изображением точки S (см. рисунок), даваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F , является точка



- 1) 1; 2) 2;
3) 3; 4) 4.

5. Вдоль оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием 5 см расположен стержень так, что его середина находится на расстоянии 8 см от линзы. Чему равна длина стержня, если его продольное увеличение равно 5?

6. Собирающую линзу с фокусным расстоянием 10 см перемещают со скоростью 3 мм/с в направлении точечного источника света, находящегося на ее главной оптической оси. С какой скоростью движется изображение в тот момент, когда расстояние между линзой и источником 12 см?

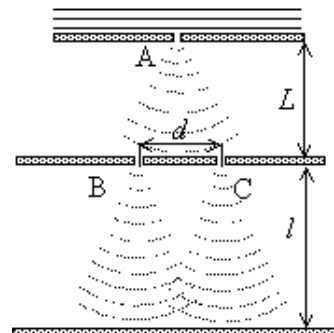
7. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями соответственно 12 и 7 см имеют общую оптическую ось. Расстояние между ними 19 см. Предмет длиной 2 см находится в фокальной плоскости первой линзы. Найдите величину изображения.

8. Расстояние от заднего фокуса тонкой линзы до изображения в 9 раз больше расстояния от переднего фокуса до предмета. Найдите линейное увеличение.

9. Условие усиления когерентных волн при наложении записывается так:

- 1) $\Delta = 2k\lambda$;
- 2) $\Delta = 2\lambda/k$;
- 3) $\Delta = (2k+1)\lambda/2$;
- 4) $\Delta = 2k\lambda/2$.

10. В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света, прошедший через узкое отверстие А, освещает отверстия В и С, за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок).



Если уменьшить L вдвое, то

- 1) интерференционная картина останется неизменной;
- 2) расстояние между интерференционными полосами увеличится;
- 3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится;
- 4) интерференционная картина сместится по экрану, сохранив свой вид.

11. На дифракционную решетку, имеющую период $1,2 \cdot 10^{-3}$ см, нормально падает монохроматическая волна. Определите длину волны, если угол между спектрами второго и третьего порядков $2^\circ 30'$.

12. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию λ_2 в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ($\lambda_1 = 670$ нм) спектра второго порядка?

13. Почему после прохождения стеклянной призмы пучок белого света превращается в разноцветный спектр?

- 1) Призма поглощает белый свет одной частоты, а излучает свет разных частот;
- 2) Призма поглощает белый свет одной длины волны, а излучает свет с разными длинами волн;
- 3) Цвет определяется частотой света. Белый свет представляет собой смесь света разных частот. Коэффициент преломления зависит от частоты, поэтому свет разного цвета после преломления идет по разным направлениям;
- 4) Цвет определяется длиной волны света. В процессе преломления длина волны изменяется, поэтому белый свет превращается в разноцветный спектр.

14. Верно утверждение(-я):

Дисперсией света объясняется физическое явление:

А. фиолетовый цвет мыльной пленки, освещаемой белым светом.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
МДК.02.03 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ**

Специальность

20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе основного общего образования

год набора: 2024

Автор: Лебедева Т.А., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Природообустройства и

водопользования

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023

(Дата)

Екатеринбург

Практическая работа № 1

Тема: «Расчёт выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах»

Цель работы: произвести инвентаризацию выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах.

Задание: рассчитать величину максимального и годового выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах.

Порядок выполнения.

Эксплуатация резервуара с нефтью сопровождается процессами:

- 1) вытеснения её паров;
- 2) входом в резервуар наружного воздуха

при повышении или понижении уровня нефти в резервуаре.

Эти процессы называют «дыханием» резервуара.

Различают:

1) процесс «большого дыхания», который наблюдается во время наполнения или опорожнения резервуара;

2) процесс «малого дыхания», который происходит в результате суточных колебаний температуры нефти, вызывающих изменение её объёма в силу теплового расширения.

Величина выбросов паров нефти из резервуара рассчитывается по формулам:

максимальный выброс (M, г/с)

$$M = 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_t^{\max} \cdot K_p^{\max} \cdot K_B \cdot V_r$$

годовой выброс (G, т/год)

$$G = \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_t^{\max} \cdot K_B + K_t^{\min}) \cdot K_p^{\text{cp}} \cdot K_{06} \cdot B}{10^7 \cdot \rho_H}$$

где: P_{38} - давление насыщенных паров нефти при температуре 38°C, мм.рт. ст.;

μ - молекулярная масса паров нефти, г/моль;

Параметры P_{38} и μ для каждой марки нефти могут быть определены по температуре её кипения (Таблица 1).

K_t^{\min} , K_t^{\max} - опытные коэффициенты (рассчитываются по Таблице 2);

K_p^{cp} , K_p^{\max} - опытные коэффициенты, учитывающие особенности эксплуатации резервуара (рассчитываются по Таблице 3).

K_v - опытный коэффициент (принимается по Таблице 4).

$V_{\text{ч}}^{\max}$ - максимальный объём паровоздушной смеси, вытесняемой из резервуара во время его закачки («большое дыхание»), равный скорости перекачивания нефти, м³/час;

ρ_n - плотность нефти, т/м³;

B - количество нефти, закачиваемое в резервуар в течение года, т/год;

$n_{\text{об}}$ - коэффициент оборачиваемости, значение которого принимается по Таблице 5 в зависимости от кратности оборачиваемости резервуара $n_{\text{об}}$:

$$n_{\text{об}} = \frac{B}{\rho_n \cdot V_p}$$

V_p – объём резервуара.

Как и для всякой жидкости, плотность нефти зависит от температуры. В диапазоне температур, характерных для эксплуатируемых резервуаров, это изменение невелико, для данной задачи плотность нефти будем считать постоянной величиной, равной 875 кг/м³.

Таким образом, максимальный выброс паров нефти наблюдается во время «большого дыхания» резервуара. Эта величина зависит как от максимальной температуры нефти в резервуаре, так и от производительности насоса.

Исходные данные, необходимые для выполнения расчётного задания, приведены по вариантам.

Отчёт о выполнении расчётного задания должен содержать:

- 1) исходные данные своего варианта;
- 2) ход вычислений;

3) результаты расчётов по итоговой таблице 6.

Эксплуатация резервуара с нефтью сопровождается процессами:

1) вытеснения её паров;

2) входом в резервуар наружного воздуха

при повышении или понижении уровня нефти в резервуаре.

Эти процессы называют «дыханием» резервуара.

Различают:

1) процесс **«большого дыхания»**, который наблюдается во время наполнения или опорожнения резервуара;

2) процесс **«малого дыхания»**, который происходит в результате суточных колебаний температуры нефти, вызывающих изменение её объёма в силу теплового расширения.

Величина выбросов паров нефти из резервуара рассчитывается по формулам:

максимальный выброс (M, г/с)

$$M = 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_t^{\max} \cdot K_p^{\max} \cdot K_b \cdot V_r$$

годовой выброс (G, т/год)

$$G = \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_t^{\max} \cdot K_b + K_t^{\min}) \cdot K_p^{\text{cp}} \cdot K_{\text{об}} \cdot B}{10^7 \cdot \rho_n}$$

где: P_{38} - давление насыщенных паров нефти при температуре 38°C, мм.рт. ст.;

μ - молекулярная масса паров нефти, г/моль;

Параметры P_{38} и μ для каждой марки нефти могут быть определены по температуре её кипения (Таблица 1).

K_t^{\min} , K_t^{\max} - опытные коэффициенты (*рассчитываются по Таблице 2*);

K_p^{cp} , K_p^{\max} - опытные коэффициенты, учитывающие особенности эксплуатации резервуара (*рассчитываются по Таблице 3*).

K_b - опытный коэффициент (*принимается по Таблице 4*).

$V_{ч}^{max}$ - максимальный объём паровоздушной смеси, вытесняемой из резервуара во время его закачки («большое дыхание»), равный скорости перекачивания нефти, м³/час;

ρ_n - плотность нефти, т/м³;

B - количество нефти, закачиваемое в резервуар в течение года, т/год;

$K_{об}$ - коэффициент оборачиваемости, значение которого принимается по Таблице 5 в зависимости от кратности оборачиваемости резервуара $n_{об}$:

$$n_{об} = \frac{B}{\rho_n \cdot V_p}$$

V_p – объём резервуара.

Как и для всякой жидкости, плотность нефти зависит от температуры. В диапазоне температур, характерных для эксплуатируемых резервуаров, это изменение невелико, для данной задачи плотность нефти будем считать постоянной величиной, равной 875 кг/м³.

Таким образом, максимальный выброс паров нефти наблюдается во время «большого дыхания» резервуара. Эта величина зависит как от максимальной температуры нефти в резервуаре, так и от производительности насоса.

Отчёт о выполнении расчётного задания должен содержать:

- 1) исходные данные своего варианта;
- 2) ход вычислений;
- 3) результаты расчётов по итоговой таблице 6.

Таблица 1

Значения давления насыщенных паров P_{38} , мм.рт.ст., и молярной массы μ , г/моль, нефти в зависимости от температуры начала кипения $t_{нк}$, °С

$t_{нк}$, °С	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
P_{38} , мм.рт.ст.	489	472	457	441	427	411	397	384	370	350
μ , г/моль	75,6	76,2	76,8	77,4	78,0	78,6	79,2	79,8	80,4	81,0

Таблица 2

Значения коэффициентов K_t от температуры нефти в резервуаре

$t_n, ^\circ\text{C}$	K_t	$t_n, ^\circ\text{C}$	K_t	$t_n, ^\circ\text{C}$	K_t	$t_n, ^\circ\text{C}$	K_t	$t_n, ^\circ\text{C}$	K_t
Нефти и бензины									
-30	0,09	-14	0,173	+2	0,31	18	0,54	34	0,82
-29	0,093	-13	0,18	+3	0,33	19	0,56	35	0,83
-28	0,096	-12	0,185	+4	0,34	20	0,57	36	0,85
-27	0,10	-11	0,193	+5	0,35	21	0,58	37	0,87
-26	0,105	-10	0,2	+6	0,36	22	0,60	38	0,88
-25	0,11	-9	0,21	+7	0,375	23	0,62	39	0,90
-24	0,115	-8	0,215	+8	0,39	24	0,64	40	0,91
-23	0,12	-7	0,225	+9	0,40	25	0,66	41	0,93
-22	0,125	-6	0,235	10	0,42	26	0,68	42	0,94
-21	0,13	-5	0,24	11	0,43	27	0,69	43	0,96
-20	0,135	-4	0,25	12	0,445	28	0,71	44	0,98
-19	0,14	-3	0,26	13	0,46	29	0,73	45	1,00
-18	0,145	-2	0,27	14	0,47	30	0,74	46	1,02
-17	0,153	-1	0,28	15	0,49	31	0,76	47	1,04
-16	0,16	0	0,29	16	0,50	32	0,78	48	1,06
-15	0,165	+1	0,3	17	0,52	33	0,80	49	1,08
								50	1,10

Таблица 3

**Значения опытных коэффициентов K_p^{\max} и $K_p^{\text{ср}}$
в зависимости от типа резервуара**

Категория	Конструкция резервуаров	K_p^{\max} или $K_p^{\text{ср}}$	Объём резервуара, V_p , м ³			
			100 и менее	200-400	700-1000	2000 и более
<i>Средства сокращения выбросов отсутствуют</i>						
А	Наземный вертикальный	K_p^{\max}	0,90	0,87	0,83	0,80
		$K_p^{\text{ср}}$	0,63	0,61	0,58	0,56
	Заглубленный	K_p^{\max}	0,80	0,77	0,73	0,70
		$K_p^{\text{ср}}$	0,56	0,54	0,51	0,50
	Наземный горизонтальный	K_p^{\max}	1,00	0,97	0,93	0,90
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,68	0,65	0,63
Б	Наземный вертикальный	K_p^{\max}	0,95	0,92	0,88	0,85
		$K_p^{\text{ср}}$	0,67	0,64	0,62	0,60
	Заглубленный	K_p^{\max}	0,85	0,82	0,78	0,75
		$K_p^{\text{ср}}$	0,60	0,57	0,55	0,53
	Наземный горизонтальный	K_p^{\max}	1,00	0,98	0,96	0,95
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,69	0,67	0,67
В	Наземный вертикальный	K_p^{\max}	1,00	0,97	0,93	0,90
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,68	0,650	0,63
	Заглубленный	K_p^{\max}	0,90	0,87	0,83	0,80
		$K_p^{\text{ср}}$	0,63	0,61	0,58	0,56
	Наземный горизонтальный	K_p^{\max}	1,00	1,00	1,00	1,00
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,70	0,70	0,70
<i>Средства сокращения выбросов - понтон</i>						
А, Б, В	Наземный вертикальный	K_p^{\max}	0,20	0,19	0,17	0,16
		$K_p^{\text{ср}}$	0,14	0,13	0,12	0,11
<i>Средства сокращения выбросов - плавающая крыша</i>						
А, Б	Наземный вертикальный	K_p^{\max}	0,13	0,13	0,12	0,11
		$K_p^{\text{ср}}$	0,094	0,087	0,080	0,074

Таблица 4

Значения коэффициентов K_B

P_t , мм. рт. ст.	K_B	P_t , мм. рт. ст.	K_B	P_t , мм. рт. ст.	K_B
540 и менее	1,00	620	1,33	700	1,81
550	1,03	630	1,38	710	1,89
560	1,07	640	1,44	720	1,97
570	1,11	650	1,49	730	2,05
580	1,15	660	1,55	740	2,14
590	1,19	670	1,61	750	2,23
600	1,24	680	1,68	759	2,32
610	1,28	690	1,74		

Таблица 5

Значения опытных коэффициентов $K_{об}$ в зависимости от кратности оборачиваемости резервуара

n	100 и более	80	60	40	30	20 и менее
$K_{об}$	1,35	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50

Таблица 6

Результаты инвентаризации выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуаре

Наименование загрязняющего вещества	Величина выброса	
	максимального, г/с	годового, т/год

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Расчёт выбросов паров нефти

№ варианта	Сведения о нефти		Сведения о резервуаре					Скорость перекачивания $V_{ч}$, м ³ /ч	Количество нефти, закачиваемое в резервуар, т/год
			Температура в резервуаре, °С		Тип резервуара	Объем, м ³	Средства сокращения выбросов		
	группа	температура начала кипения, °С	минимальная	максимальная					
1.	В	52	-27	44	Наземный горизонтальный	88	-	16	560
2.	В	53	-16	14	Заглубленный	120	-	31	1 300
3.	А	55	-18	44	Наземный вертикальный	3400	Плавающая крыша	45	27 500
4.	А	51	-28	14	Наземный вертикальный	1900	-	25	7 700
5.	В	53	-16	37	Наземный горизонтальный	120	-	15	1 040
6.	В	56	-15	10	Заглубленный	65	-	17	1 100
7.	А	51	-33	30	Наземный вертикальный	300	Понтон	28	4 600
8.	В	54	-10	11	Заглубленный	54	-	22	770
9.	А	57	-21	40	Наземный вертикальный	1200	Плавающая крыша	45	8 800
10.	А	53	-24	16	Наземный вертикальный	550	-	28	1 750

11.	В	58	-16	41	Наземный горизонтальный	90	-	21	1 900
12.	В	53	-8	17	Заглубленный	28	-	10	830
13.	А	59	-23	40	Наземный вертикальный	1500	Понтон	28	17 050
14.	В	51	-14	17	Заглубленный	110	-	26	1 200
15.	А	52	-17	27	Наземный вертикальный	1300	Плава- ющая крыша	40	15 600
16.	А	60	-4	48	Наземный вертикальный	3000	-	33	10 020
17.	В	53	-28	30	Наземный горизонтальный	95	-	21	1 760
18.	В	52	-4	13	Заглубленный	80	-	20	590
19.	А	54	-17	28	Наземный вертикальный	640	Понтон	35	13 200
20.	В	54	-9	14	Заглубленный	39	-	16	980
21.	А	51	-16	24	Наземный вертикальный	150	Плава- ющая крыша	22	2 300
22.	А	58	-24	22	Наземный вертикальный	2010	-	33	20 000
23.	В	52	-20	31	Наземный горизонтальный	115	-	25	880
24.	В	57	-20	31	Заглубленный	83	-	19	1 430

Пример расчёта выбросов паров нефти

Пусть исходные данные для расчёта имеют следующий вид:

№ варианта	Сведения о нефти		Сведения о резервуаре					Скорость перекачивания $V_{\text{ч}}$, м ³ /ч	Количество нефти, закачиваемое в резервуар, т/год
			Температура в резервуаре, °С		Тип резервуара	Объем, м ³	Средства сокращения выбросов		
	группа	температура начала кипения, °С	минимальная	максимальная					
1.	А	52	-23	26	Наземный вертикальный	2100	Понтон	34	18 00

1. По таблице 1: $t_{\text{нк}} = 52^{\circ}\text{C}$, значит:

$$P_{38} = 472 \text{ мм. рт. ст. и } \mu = 76,2 \text{ г/моль.}$$

2. 1 мм. рт. ст. = 13,6 кгс/м².

3. По таблице 2:

$$T_{\text{max.p.}} = 26^{\circ}\text{C}, \text{ значит: } K_t^{\text{max}} = 0,68;$$

$$T_{\text{min.p.}} = -23^{\circ}\text{C}, \text{ значит: } K_t^{\text{min}} = 0,12.$$

4. По таблице 3: нефть категории (группы) А,

конструкция резервуара – наземный вертикальный,
объём – 2000 и более м³.

Значит, $K_p^{\text{max}} = 0,8$; $K_p^{\text{cp}} = 0,56$.

5. По таблице 4: $P_{38} = 472 \text{ мм. рт. ст.}, \text{ т.е. } < 540$, значит, $K_v = 1,00$.

6. $V_p = 34 \text{ м}^3/\text{час}$ (по условию).

$$1 \text{ час} - 3600 \text{ сек.}, \text{ значит, } V_{\text{ч}} = \frac{34}{3600} (\text{м}^3/\text{сек.})$$

$$7. \rho_{\text{н}} = 875 \text{ кг/м}^3.$$

$$8. B = 18900 \text{ т/год} = 18900 \cdot 1000 \text{ кг/год (по условию).}$$

$$9. n_{\text{об}} = \frac{B}{\rho_{\text{н}} \cdot V_{\text{р}}} = \frac{18900 \cdot 1000}{875 \cdot 2100} = 10,3.$$

По таблице 5: т.к. $n = 20$ и меньше, значит, $K_{\text{об}} = 2,5$.

10. Рассчитаем максимальный выброс паров нефти:

$$\begin{aligned} M &= 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_{\text{т}}^{\text{max}} \cdot K_{\text{р}}^{\text{max}} \cdot K_{\text{в}} \cdot V_{\text{г}} = \\ &= \frac{1,63 \cdot 10^{-5} \cdot 472 \cdot 13,6 \cdot 76,2 \cdot 0,68 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 34}{3600} = \frac{147}{3600} = \mathbf{0,04} \frac{\text{г}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

11. Годовой выброс паров нефти:

$$\begin{aligned} G &= \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_{\text{т}}^{\text{max}} \cdot K_{\text{в}} + K_{\text{т}}^{\text{min}}) \cdot K_{\text{р}}^{\text{ср}} \cdot K_{\text{об}} \cdot B}{10^7 \cdot \rho_{\text{н}}} = \\ &= \frac{0,294 \cdot 472 \cdot 13,6 \cdot 76,2 \cdot (0,68 \cdot 1 + 0,12) \cdot 0,56 \cdot 2,5 \cdot 18900}{10^7 \cdot 875} = \\ &= 0,348 \frac{\text{т}}{\text{год}} = \mathbf{348} \frac{\text{кг}}{\text{год}}. \end{aligned}$$

**Результат инвентаризации выбросов в атмосферу
загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуаре**

Наименование загрязняющего вещества	Величина выброса	
	максимального, г/с	годового, т/год
Пары нефти	0,04 г/с	0,348 т/год

Практическая работа № 2

Тема: «Расчёт выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах (добыча угля)».

Цель работы: произвести инвентаризацию выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах одного или нескольких буровых станков.

Задание: рассчитать выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах одного или нескольких буровых станков в зависимости от их типа.

Порядок выполнения.

Расчёты будут выполняться с использованием Отраслевой методики расчёта количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля.

Проведём расчёт выброса пыли в атмосферу при буровых работах. Известно, что бурение скважин сопровождается выделением пыли, причём мощность пыления зависит от нескольких факторов (типа бурового станка, прочности породы, её влажности и т.д.).

Валовое выделение пыли, т/год, рассчитывается по формуле (1):

$$M_{\text{вп}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot T_{ij} \cdot K \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где m – количество типов буровых станков, работающих в карьере;

i – номер типа буровых станков;

j – порядковый номер станка i -того типа;

n – количество станков i -того типа;

Q_{ij} – объёмная производительность бурения j -го бурового станка i -го типа, м³/ч (для станков СБШ значения Q_{ij} приведены в таблице 1);

K – коэффициент, учитывающий влажность выбуриваемого материала (при определении валовых выбросов учитывается среднее значение влажности материала за год, см. таблицу 2);

q_{ij} – удельный выброс пыли с 1 м³ выбуренной породы станком j -м станком i -го типа в зависимости от крепости пород, кг/м³, приведен в таблице 3;

T_{ij} – «чистое» время работы j -го бурового станка i -го типа в год, ч/год.

Величину массового выделения пыли, г/с, можно рассчитать по формуле (2):

$$M_{\text{мп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot K}{3,6} \quad (2)$$

где m_1 – количество типов одновременно работающих станков;

n_1 – количество одновременно работающих станков i -того типа.

Таблица 1

Средняя объемная производительность Q_{ij} буровых станков типа СБШ

Тип станка	Средняя объемная производительность, м ³ /ч, при крепости породы по шкале М. М. Протождьяконова					
	крепость породы					
	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14
СБШ-200	1,41	1,21	0,98	0,83	0,63	0,44
СБШ-250	2,02	1,80	1,50	1,29	0,98	0,70
СБШ-320	3,61	3,16	2,65	2,29	1,78	1,24

Таблица 2

Коэффициент, учитывающий влажность материала

При переработке материала с влажностью более 20% выбросы пыли в атмосферу отсутствуют

Влажность материала, %	До 0,5	0,6-1,0	1,1-3,0	3,1-5,0	5,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	9,1-10	10,1-11	11-20
Коэффициент K	2,0	1,5	1,3	1,2	1,0	0,7	0,3	0,2	0,1	0,01

Удельный выброс пыли при работе буровых станков q_{ij} , кг/м³

Тип станка	Средства подавления или улавливания пыли	Крепость пород угольных месторождений по шкале М. М. Протоdjяконова					
		2-4	4-6	6-8	8-10	4-6	6-8
СБШ-200	ВВП	0,6	0,9	1,4	2,4	0,9	1,9
	УСП	0,8	1,3	2,0	3,4	1,3	2,6
	БСП	20,0	32,0	49,5	84,5	32,3	64,6
СБШ-250	ВВП	0,5	0,7	1,1	1,9	0,8	1,5
	УСП	0,6	0,9	1,3	2,4	1,0	1,9
	БСП	18,0	23,5	35,5	61,0	24,1	48,3
СБШ-320	ВВП	0,6	0,9	1,4	2,4	0,9	1,9
	УСП	0,7	1,2	1,8	3,1	1,2	2,3
	БСП	15,0	29,0	44,5	77,5	29,3	58,5

Примечание. ВВП — водовоздушное пылеподавление, УСП — сухое пылеподавление, БСП — без средств пылеподавления (недопустимый или аварийный режим работы бурового станка).

Надо отметить, что гигиенический регламент на содержание пыли в атмосферном воздухе зависит от содержания в ней диоксида кремния. По этому показателю неорганические пыли разбиты на три группы.

Остановимся на одном важном моменте. Говоря о загрязнении атмосферного воздуха объектами техносферы, надо ясно понимать различие между понятиями *выделения* и *выброса* в атмосферу загрязняющих веществ. Выделение загрязняющих веществ (при механической обработке это в основном пыль) происходит непосредственно в зоне резания или иной технологической операции. В дальнейшем при помощи аспирационных и вентиляционных систем часть из этих выделяющихся ЗВ улавливается и транспортируется либо на очистку в пылегазоулавливающую установку (ПГУ), либо непосредственно в атмосферу. В процессе перемещения по вентсистеме часть загрязняющих веществ оседает на её стенках, ещё большая их часть улавливается в ПГУ (если таковая имеется).

Величина оставшегося в пылегазовоздушном потоке и поступающего за секунду в атмосферный воздух ЗВ называется *массовым выбросом*. Таким образом, выброс ЗВ всегда меньше (или равен) величине его выделения, поскольку не всё количество выделяющихся загрязняющих веществ поступает в атмосферу. Это хорошо иллюстрирует таблица 3, в которой заметно резкое увеличение удельного выброса пыли в аварийной ситуации отказа пылеочистных установок.

Исходные данные, необходимые для выполнения расчётного задания, приведены по вариантам в отдельном файле.

Отчёт о выполнении расчётного задания должен содержать:

- а) исходные данные своего варианта;
- б) ход вычислений;
- в) результаты расчётов в форме итоговой таблицы 4.

Таблица 4

**Результаты инвентаризации выбросов в атмосферу пыли
при буровых работах в угольной промышленности**

Наименование ЗВ	Величина выброса	
	массового, г/с	валового, т/год

Пример расчёта

Вариант 25

Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах (добыча угля)

Рассчитаем выброс пыли в атмосферу при буровых работах.

Валовое выделение пыли, т/год, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{ВП}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot T_{ij} \cdot K \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Исходные данные для расчёта следующие.

Влажность – 8,1%.

Крепость – 5,9 балла.

Содержание SiO₂ в пыли – 62,1%.

СБШ-200:

– количество – 3 шт.;

– $T_{1j} = 1970$ ч/год («чистое» время работы j -го бурового станка 1-го типа в год);

– тип давления – УСП.

СБШ-250:

– количество – 2 шт.;

– $T_{2j} = 3610$ ч/год («чистое» время работы j -го бурового станка 2-го типа в год);

– тип давления – ВВП.

СБШ-320:

– количество – 7 шт.;

– $T_{3j} = 3100$ ч/год («чистое» время работы j -го бурового станка 3-го типа в год);

– тип давления – УСП.

$m = 3$ (количество типов буровых станков, работающих в карьере);

$n_1 = 3, n_2 = 2, n_3 = 7$ (количество станков i -того типа);

$Q_{1ст} = 0,98; Q_{2ст} = 1,50; Q_{3ст} = 2,65$ (объемная производительность бурения j -го бурового станка i -го типа, м³/ч; для станков СБШ значения Q_{ij} взяты из **таблицы 1**);

$K = 0,3$ (коэффициент, учитывающий влажность выбуриваемого материала; определяется по **таблице 2** с учётом влажности);

$q_{1ст} = 1,3; q_{2ст} = 0,7; q_{3ст} = 1,2$ (удельный выброс пыли с 1 м³ выбуренной породы станком j -м станком i -го типа в зависимости от крепости пород, кг/м³, определяется по таблице 4 с учётом крепости и типа бурового станка).

$$\begin{aligned} M_{вп} &= [3 (1,3 \cdot 0,98 \cdot 1970 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}) + \\ &+ 2 (0,7 \cdot 1,50 \cdot 3610 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}) + \\ &+ 7 (1,2 \cdot 2,65 \cdot 3100 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3})] = \\ &= 0,3 \cdot 10^{-3} (7529,34 + 7581 + 69006) = \\ &= 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 84116,34 = 25,23 \text{ т/год} \end{aligned}$$

Величину массового выделения пыли, г/с, можно рассчитать по формуле:

$$M_{мп} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot K}{3,6} \quad (2)$$

где $m_1 = 3$ (количество типов одновременно работающих станков);

$n_1 = 3, n_2 = 2, n_3 = 7$ (количество одновременно работающих станков i -того типа).

$$M_{мп} = \frac{3 \cdot 1,3 \cdot 0,98 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,7 \cdot 1,5 \cdot 0,3 + 7 \cdot 1,2 \cdot 2,65 \cdot 0,3}{3,6} = 2,35 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Результаты расчетов представлены в таблице.

**Результаты инвентаризации выбросов в атмосферу пыли
при буровых работах в угольной промышленности**

Наименование ЗВ	Величина выброса	
	массового, г/с	валового, т/год
Пыль	2,35	25,23

Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Сведения о выбуриваемой породе			Сведения о парке буровых станков								
				СБШ-200			СБШ-250			СБШ-320		
	Крепость, баллы	Влажность, %	Содержание SiO ₂ в пыли, %	Количество, шт.	Чистое время работы, ч/год	Тип пылеподавления	Количество, шт..	Чистое время работы, ч/год	Тип пылеподавления	Количество, шт.	Чистое время работы, ч/год	Тип пылеподавления
1	2,2	7,3	4,2	3	2450	УСП	0	—	—	7	3210	ВВП
2	4,1	5,4	59,4	6	1240	ВВП	3	3540	УСП	5	1810	УСП
3	7,5	5,5	63,1	0	—	—	2	1510	УСП	1	2210	ВВП
4	3,1	6,6	3,7	1	1270	УСП	4	2470	ВВП	2	2330	УСП
5	8,6	4,0	73,8	2	2400	ВВП	4	1250	ВВП	4	2000	УСП
6	4,7	4,8	58,4	7	3100	УСП	3	1400	УСП	5	1930	ВВП
7	5,4	3,7	60,1	3	1920	ВВП	4	2420	ВВП	2	1510	УСП
8	6,9	2,2	57,6	3	1870	ВВП	4	2170	УСП	4	2470	ВВП
9	2,4	5,1	3,9	5	2400	УСП	3	1900	УСП	0	—	—
10	9,1	1,4	78,9	4	1950	ВВП	7	3210	ВВП	1	1880	ВВП
11	6,4	5,1	62,4	2	2010	ВВП	5	1810	УСП	5	1950	ВВП
12	5,3	2,7	61,4	3	1870	ВВП	3	2220	ВВП	1	3100	УСП
13	7,7	4,0	68,3	4	1990	УСП	0	-	-	2	2330	УСП
14	7,3	9,1	60,4	5	2200	УСП	1	1900	ВВП	4	2000	УСП
15	3,0	7,7	4,9	7	2000	ВВП	6	1180	УСП	3	2110	ВВП
16	8,2	2,5	76,5	1	2120	ВВП	5	2970	ВВП	0	-	-
17	5,7	3,3	58,7	0	-	-	4	1770	ВВП	7	2220	УСП
18	8,6	3,1	77,2	2	2330	УСП	0	-	-	6	1240	ВВП
19	2,2	6,5	3,8	4	2000	УСП	5	1750	УСП	6	3250	ВВП
20	4,3	3,6	59,7	1	1880	ВВП	2	2330	УСП	0	-	-
21	5,6	6,2	60,4	5	1950	ВВП	5	2650	ВВП	5	2400	УСП
22	6,4	2,8	59,7	7	3100	УСП	4	2120	УСП	5	2400	УСП
23	8,7	3,4	74,5	2	3000	ВВП	5	3040	ВВП	0	-	-
24	3,4	4,8	4,4	0	-	-	6	1990	УСП	7	3100	УСП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, А. К. Экологическая экспертиза проектов : учебное пособие / А. К. Соколов. — Иваново : ИГЭУ, 2019. — 176 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154588> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Василенко, Т. А. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов : учебное пособие / Т. А. Василенко, С. В. Свергузова. — 2-е изд., испр. и доп. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 264 с. — ISBN 978-5-9729-0260-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/124607> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кравцова, М. В. Экологическая экспертиза : учебное пособие / М. В. Кравцова. — Тольятти : ТГУ, 2020. — 122 с. — ISBN 978-5-8259-1440-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157010> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ефимова, Т. Н. Экологическая экспертиза : учебное пособие / Т. Н. Ефимова, К. А. Копылов. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2020. — 104 с. — ISBN 978-5-8158-2197-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170669> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Лесовская, М. И. Экологическая экспертиза : учебное пособие / М. И. Лесовская. — Красноярск : КрасГАУ, 2020. — 96 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/225161> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Сытник, Н. А. Экологическое проектирование и экспертиза : учебник / Н. А. Сытник. — Керчь : КГМТУ, 2020. — 213 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174789> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
МДК.04.01 ПРОБООТБОРЩИК**

Специальность

**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе основного общего образования

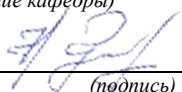
год набора: 2024

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и
водопользования

(название кафедры)

Зав.кафедрой



(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023

(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1. Лабораторная работа №1. Определение морфологического состава отхода производства и потребления гравиметрическим методом.**
 - 1.1. Назначение и область применения
 - 1.2. Средства измерения
 - 1.3. Требования к условиям измерений
 - 1.4. Метод измерений
 - 1.4.1. Порядок выполнения измерений
 - 1.5. Обработка результатов измерений
 - 1.6. Требования Безопасности и охраны труда

- 2. Лабораторное занятие №2. Определение метеорологических показателей при проведении природоохранных мероприятий. Методика наблюдений и обработки результатов.**
 - 2.1. Метеорологические станции
 - 2.2. Атмосферное давление
 - 2.3. Температура и влажность воздуха
 - 2.3.1. Психрометр Августа
 - 2.3.2. Аспирационный психрометр
 - 2.3.3. Гигрометр
 - 2.3.4. Минимальный и максимальный термометры
 - 2.4. Последовательность проведения наблюдений в психрометрической будке
 - 2.5. Ветер
 - 2.6. Атмосферные осадки
 - 2.7. Продолжительность солнечного сияния
 - 2.8. Облачность
 - 2.9. Солнечная радиация
 - 2.10. Порядок проведения работы и её оформление

- 3. Лабораторная работа №3. Отбора и подготовка пробы почвы для физико-химического анализа. Оформление сопроводительного талона. Определение рН водной вытяжки, влагосодержание пробы почвы.**
 3. Методы определения степени засоленности
 - 3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов

- 3.2. Определение степени засоленности кондуктометрическим методом
 - 3.2.1. Аппаратура и реактивы
 - 3.2.2. Проведение анализа
 - 3.2.3. Обработка результатов
 - 3.2.4. Определение константы кондуктометрической ячейки (датчика)
- 3.3. Колориметрическое определение рН
 - 3.3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов
 - 3.3.2. Проведение анализа
 - 3.3.3. Обработка результатов
- 3.4. Определение рН водной вытяжки потенциометрическим методом
 - 3.4.1. Аппаратура и реактивы
 - 3.4.2. Приготовление водной вытяжки
 - 3.4.3. Проведение анализа
- 3.5. Определение влагосодержание пробы почвы
 - 3.5.1. Средства измерения
 - 3.5.2. Требования к условиям измерений
 - 3.5.3. Порядок выполнения измерений
 - 3.5.4. Обработка результатов измерений

4. Требования Безопасности и охраны труда

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.

Цель работы: Ознакомиться с методикой отбора пробы отходов потребления и методикой определения морфологического состава отхода.

1.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Морфологический состав твёрдых отходов производства и потребления - это содержание в них отдельных компонентов, значительно отличающихся между собой по происхождению, химическому составу и свойствам (бумага, картон, пищевые отходы, дерево, металл, текстиль, кости, стекло, кожа и резина, камни, полимерные материалы, прочее (неклассифицируемые материалы) и отсев.

К отходам производства относят остатки сырья, материалов, веществ, полуфабрикатов, изделий и иных продуктов, образовавшихся в процессе производства продукции, выработки энергии или выполнения работ (услуг) и утративших полностью или частично исходные потребительские свойства; бракованная продукция; вмещающие и вскрышные породы, образующиеся при добыче полезных ископаемых; побочные и попутные продукты; улавливаемые при очистке отходящих технологических газов и сточных вод твердые вещества; сельскохозяйственные отходы.

К отходам потребления относят все образующиеся в результате потребления и/или эксплуатации готовой продукции виды отходов, включая твердые коммунальные (бытовые) отходы, медицинские и биологические отходы, упаковочные отходы, а также отходы, образующиеся при функционировании культурно-бытовых, учебных учреждений, организаций и предприятий торговли и общественного питания и других предприятий и организаций общественного назначения; остатки веществ, материалов, предметов, изделий, частично или полностью утратившие свои первоначальные потребительские свойства в результате физического или морального износа в процессах потребления и (или) эксплуатации, а также получившие несовместимые с их дальнейшим использованием повреждения в результате нештатных ситуаций.

Морфологический состав характеризует соотношение отдельных составляющих твердых отходов производства и потребления (однородных групп отходов), выраженное в процентах к общей массе.

1.2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

- Весы лабораторные (II) класс точности
- Емкость для пробы
- Щипцы
- Пластиковый лоток для взвешивания компонентов анализируемого отхода

1.3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5)° С
- атмосферное давление (84-106) кПа
- относительная влажность не более 80 % при 25°С

1.4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ

Метод измерения - гравиметрический, основанный на точном измерении массы каждой составной части отхода с дальнейшим определением процентного содержания в общей массе отхода.

1.4.1 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ Пробу твердых отходов, доставленную в лабораторию, взвешивают для определения общей массы ($M_{\text{пробы}}$), и при необходимости распределяют на лотке ровным слоем и оставляют на воздухе при комнатной температуре до постоянной массы для достижения воздушно-сухого состояния ($M_{\text{пробы}}^{\text{воз. сух}}$)

Затем пробу разбирают щипцами в предварительно подготовленные емкости (или лотки) по составу (бумага, картон, текстиль, стекло, пластмасса, пищевые отходы, камни, кости, резина, кожа, древесина, металлический лом цветной и черный, уличный смет и прочие, не поддающиеся классификации). Отдельные составляющие компоненты взвешивают, определяя их процентное соотношение к общей массе отхода, взятого на анализ.

1.5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Содержание каждой составной части отхода $X_{\text{комп}}$ % определяют в весовых процентах по отношению к общему весу отхода по формуле:

$$X_{\text{комп}} = M_{\text{комп}} / M_{\text{пробы}}^{\text{воз. сух}} * 100\%$$

где $M_{\text{комп}}$ - масса отдельного компонента отхода, г;

$M_{\text{пробы}}^{\text{воз. сух}}$ - общая масса отхода, г.

1.6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1. К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

1.6.2. Разбирать отходы необходимо исключительно в спецодежде (халате), перчатках и марлевых повязках. После окончания работы халаты, повязки, перчатки передать на обработку дезинфицирующими растворами.

1.6.3. После окончания проведения лабораторной работы необходимо прибрать рабочее место.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №2.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Цель работы: ознакомление с приборами и методикой метеорологических наблюдений при проведении природоохранных мероприятий.

2.1. Метеорологические станции

Основными задачами метеорологической службы являются: проведение наблюдений, обработка полученных данных, накопление и обобщение данных о метеорологическом режиме, обеспечение предприятий сведениями о погоде, а также предупреждение об опасных для производства метеорологических явлениях.

Метеорологическая станция оборудуется на специальной площадке. Она должна быть расположена на ровной открытой поверхности вдали от крупных сооружений и водоёмов и удалена от небольших препятствий (отдельные дома, деревья и т. д.) на расстояние не менее 10-тикратной высоты этих препятствий; а от значительных (лес, большие группы построек и пр.) на расстояние 20-тикратной высоты.

Метеорологическая площадка делается квадратной формы (20 x 20 м), одна из её сторон обращена с севера на юг. Площадка засыпается песком толщиной не менее 10 см и ограждается металлической сеткой высотой около 150 см.

На метеорологической площадке устанавливаются (рис. 1.1):

- психрометрическая будка;
- будка для самописцев БС-1;
- флюгеры ФВЛ и ФВТ;
- осадкомер Третьякова 0-1;
- компенсационный испаритель системы Топольницкого Н.М.;
- снегомерные рейки, мерзлотомер;
- барометр ртутный (устанавливается в помещении метеостанции).

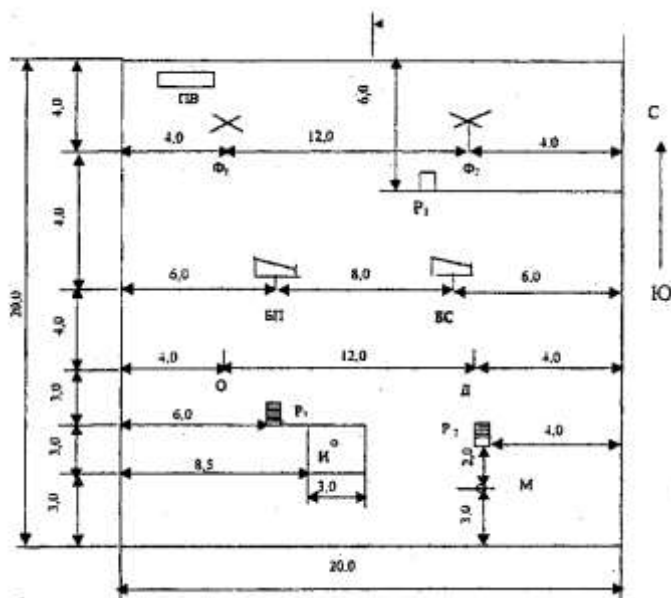


Рис1.1 Метеорологическая площадка:

Ф1 - флюгер с легкой доской; Ф2 - флюгер с тяжелой доской; БП - будка психрометрическая; БС - будка для самописцев; О - осадкомер Третьякова, И- испаритель Топольницкого; P₁, P₂, P₃ - снегомерные рейки; мерзлотомер, ПВ - павильон для приборов.

В отдельных случаях организуется метеорологический пост. Метеорологический пост оборудуется на такой же площадке, что и метеостанция. На площадке устанавливаются:

- психрометрическая будка БП - 1;
- флюгеры ФВЛ и ФВТ;
- осадкомер Третьякова или дождемер Давитая;
- испаритель Топольницкого Н.М.

На производственных участках сельскохозяйственных и торфяных предприятий организуется пункт наблюдения за осадками. Пункт для наблюдения за осадками оборудуется осадкомером или дождемером Давитая. Осадкомер (или дождемер) устанавливается в непосредственной близости от полевого гаража.

2.2. Атмосферное давление

Атмосферное давление представляет собой гидростатическое давление столба атмосферы, обусловленное весом всех вышележащих слоев воздуха. На метеостанциях давление измеряется ртутным чашечным барометром и anerоидом. Непрерывная

регистрация атмосферного давления производится с помощью барографа. Наблюдения по барометру производятся в следующем порядке:

1. берем отсчет по термометру с точностью до 0,1 °;
2. после легкого постукивания по оправе барометра, устанавливают нулевую отметку по вершине мениска;

3. производится отсчет по шкале барометра и нониусу с точностью до 0,1 мб (мм).

В полученный отсчет вводятся следующие поправки:

- инструментальная поправка (+1,32 мбар);
- поправка для проведения показаний барометра к ускорению силы тяжести (поправка вычисляется по широте станции и высоте барометра над уровнем моря), (-0,02 мбар);
- поправка на приведение показаний барометра, К, 0 °С.

Первая и вторая поправки суммируются и являются постоянными для данной станции. Поправка на температуру принимается по специальным таблицам или вычисляется по формуле:

$$\Delta V_t = V_t \cdot t \cdot 0,000163.$$

Таблица 1.3

Результаты замеров атмосферного давления

Термометр при барометре, °С	Отсчет	Общая поправка на барометр	Исправленная величина
Барометр, мб			

Единицей измерения давления в системе СИ является Паскаль (Па), шкала барометра и лента барографа отградуированы в миллибарах или в мм рт. ст.; (1 мм рт. ст. = 133 Па; 1 бар = 10⁵ Па).

2.3. Температура и влажность воздуха

Температура является одной из основных термодинамических характеристик состояния воздуха. Она измеряется в градусах Цельсия, т. е., по 100-градусной шкале. Так как в приземном слое температура зависит, главным образом, от расстояния до подстилающей поверхности, принято измерять температуру воздуха на высоте 2 м от поверхности земли.

Температура воздуха измеряется сухим термометром психрометра, максимальным ртутным и минимальным спиртовым термометрами. Непрерывная запись изменения

температуры воздуха за сутки или неделю производится с помощью самописца - термографа.

Влажность воздуха измеряется психрометром и волосяным гигрометром; вычисления производятся по специальным таблицам или формулам.

Непрерывная запись измерений относительной влажности воздуха за сутки или неделю производится с помощью самописца - гигрографа.

Психрометр, волосной гигрометр, ртутный максимальный и спиртовой минимальный термометры устанавливаются в психрометрическую будку, которая защищает их от осадков и сильных порывов ветра, а также исключает влияние солнечной радиации на показания приборов. Самописцы устанавливаются в будку для самописцев. Принцип действия и устройство самописцев приведены в инструкции к ним.

2.3.1. Психрометр Августа

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров (сухого и смоченного), установленных вертикально в психрометрической будке. Резервуар правого (смоченного) термометра обертывается батистом, конец которого опущен в психрометрический стаканчик с дистиллированной водой. Психрометрический стаканчик должен быть всегда наполнен водой.

Для получения достоверных данных о влажности необходим тщательный уход за батистом на смоченном термометре. Батист должен быть всегда чистым, мягким и влажным, если он загрязнится, станет жестким и недостаточно смачивается, его необходимо сменить.

Осенью при температуре ниже 0°C , психрометрический стаканчик переносится из будки в помещение станции. При этом, на смоченном термометре батист обрезается на 2 - 3 мм ниже резервуара и туго затягивается ниткой под резервуаром. В таком виде батистовая повязка должна сохраняться в течение всего зимнего периода наблюдений.

За полчаса до начала наблюдений в зимний период в стаканчик с водой комнатной температуры погружается резервуар смоченного термометра и выдерживается до тех пор, пока температура термометра не станет выше 0°C . Если температура смоченного термометра была положительной, то за 10 мин до снятия показаний производится дополнительное смачивание батиста. После этого термометр устанавливается на свое место и в срок наблюдения берется отсчет.

2.3.2. Аспирационный психрометр

Аспирационный психрометр можно использовать для определения влажности и температуры воздуха в помещении и на открытом воздухе. Психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров, закрепленных в специальной оправе имеющей

заводной механизм с вентилятором, протягивающий воздух около резервуаров термометров. Благодаря протеканию потока воздуха вокруг резервуаров, сухой термометр будет показывать температуру потока воздуха, а показания смоченного термометра будут меньше, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности батиста, облегчающего его резервуар. Влажность воздуха определяется по показаниям сухого и смоченного термометров по специальным психрометрическим таблицам или психрометрическому графику, а температура воздуха - по показаниям сухого термометра.

2.3.3. Гигрометр

Гигрометр предназначен для определения относительной влажности воздуха при температуре его ниже минус 10°C. Принцип действия его основан на том, что при уменьшении относительной влажности воздуха волос укорачивается и стрелка перемещается в соответствующую сторону, при увеличении - волос удлиняется и стрелка перемещается в противоположную сторону.

2.3.4. Минимальный и максимальный термометры

Для определения минимальной температуры воздуха за период времени установленными сроками наблюдений применяется спиртовой минимальный термометр, установленный в психрометрической будке горизонтально. В капилляре термометра в столбике спирта находится стеклянный штифт с головками на концах, по положению которого и определяется минимальная температура.

Для приведения минимального термометра в рабочее состояние следует поднять его резервуаром вверх, пока головка штифта не войдет в соприкосновение с поверхностью спирта в капилляре. При понижении температуры столбик спирта уменьшается и, благодаря поверхностному натяжению пленки, увлекает штифт, который перемещается по шкале в сторону понижения температуры. Когда же температура повышается, столбик спирта увеличивается, а штифт остается на месте. Конец штифта, находящийся ближе к поверхности столбика спирта, покажет самую низкую температуру.

Для определения максимальной температуры воздуха за период времени между сроками наблюдений применяется ртутный максимальный термометр. В дно резервуара впаян узкий стеклянный штифт, конец которого входит в капилляр, затрудняя свободное проникновение ртути. При повышении температуры ртуть вытесняется в капилляр; при понижении - она не опускается снова в резервуар, так как недостаточные силы внутреннего сцепления. Таким образом, деление, до которого поднялся столбик ртути, указывает на максимальную температуру. Для подготовки термометра к следующему наблюдению его надо встряхнуть, чтобы ртуть переместилась в резервуар. Термометр располагается в будке горизонтально, выше минимального термометра, резервуаром на

восток и с небольшим наклоном.

2.4. Последовательность проведения наблюдений в психрометрической будке

Отсчитывают и записывают показания сухого и смоченного термометров, гигрометра, спиртового минимального термометра по концу столбика спирта ("спирт") и по концу штифта ("штифт"), максимального термометра.

Встряхивают максимальный термометр и отсчитывают его показания после встряхивания.

Подводят штифт минимального термометра к поверхности спирта в капилляре.

Повторно отсчитывают показания сухого термометра. Результаты измерений заносят в таблицу 1.4.

Таблица 1.4.

Результаты измерений температуры и относительной влажности воздуха

Число		Время (московское декретное данного пояса)		
		9		
Наименование прибора		отсчет	поправка	исправленная величина
Сухой термометр			-0,2	
Смоченный термометр			-0,1	
Минимальный термометр	спирт		0,0	
	штифт		0,0	
Максимальный термометр	отсчет		-0,1	
	после встряхивания		+0,1	
Гигрометр				
Психрометр	смоченный		---	
	сухой		---	
Показания выписанные с психометрических таблиц				
Абсолютная влажность, мбар			---	
Относительная влажность, %			---	
Недостаток насыщения, мбар			---	

После записи результатов измерений к показаниям термометров вводятся поправки. Поправки суммируются с показаниями термометров и записываются в графу

"исправленная величина".

2.5. Ветер

Ветер представляет собой горизонтальное движение воздуха над земной поверхностью и характеризуется скоростью и направлением перемещения.

Под скоростью ветра понимают расстояние, на которое перемещаются частицы воздуха за единицу времени; скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м / с).

Направление ветра, т. е., откуда перемещается воздух, определяется углом между географическим меридианом и направлением на точку горизонта откуда дует ветер. Направление измеряется в градусах от геометрического севера по ходу часовой стрелки (от 0 до 360 °) или в румбах. На метеорологических станциях направление ветра определяется по 16 румбам. Наблюдения за ветром включают измерение средней скорости ветра и его максимального значения (при порывах) за промежуток времени 2 мин., а также определение среднего направления ветра за то же время.

Скорость и направление ветра измеряют анеморумбометром (анеморум-бографами) или при помощи флюгеров. На метеорологических станциях торфяной промышленности устанавливают флюгер с легкой доской (ФВЛ).

Направление ветра определяется при помощи флюгарки с противовесом и горизонтально расположенного сектора с 8-ю штифтами. Один из данных штифтов обозначен буквой С (север).



Рис. 1.2. Сектор для определения скорости ветра

Скорость ветра определяется по положению доски - пластинки на вертикальном секторе с 8-ю штифтами (рис. 1.2), в соответствии с данными табл. 1.5.

Определение скорости ветра

Положение легкой доски флюгера	Штифты													
	0	0-1	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	6	6-7
Скорость ветра, м/с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17

Флюгер устанавливают на высоте 10 - 12 м и ориентируют таким образом, чтобы

направление штифта "С" совпадало с направлением на географический север, т. е. соответствовало направлению полуденной линии.

2.6. Атмосферные осадки

Наблюдения за осадками включают определение вида осадков (жидкие, смешанные, твердые), их интенсивности, времени выпадения и количества.

Количество осадков определяется высотой слоя воды в мм, образовавшегося на горизонтальной поверхности при отсутствии стока, просачивания и испарения. С достаточной точностью можно принять, что 1 мм соответствует 1 кг воды на 1 м².

Количество осадков измеряют при помощи осадкомера Третьякова или полевого дождемера Давитая.

Комплект осадкомера состоит из двух цилиндрических ведер с крышкой, тагана для установки ведер, ветровой защиты, двух измерительных стаканов и крепежных деталей.

Площадь приемной части ведра 200 см². Измерительный стакан осадкомера имеет 100 делений с ценой каждого деления 2 см³. Такая цена деления соответствует 0,1 мм высоты слоя воды в ведре.

Осадкомер устанавливают на специальной подставке так, чтобы приемная поверхность прибора находилась на высоте 2 м от Земли и была строго горизонтальна.

Измерение количества осадков проводят в следующей последовательности. Накрывают крышкой ведро, находящееся в осадкомере, вынимают его из гнезда, на его место ставят другое (пустое) ведро. Количество жидких осадков измеряют сразу же после прихода в помещение. Для этого переливают воду из ведра в измерительный стакан до тех пор, пока из ведра не перестанет капать. Измерительный стакан ставят на горизонтальную поверхность так, чтобы уровни воды и глаз совпадали. Отсчет производят по нижнему краю мениска. К каждому измеренному количеству осадков прибавляют поправку на смачивание ведра. Для жидких осадков она равна 0,2 мм, если уровень воды в измерительном стакане на середине первого деления или выше; если уровень воды ниже середины первого деления, то вводится поправка 0,1 мм.

Например, после слива осадков в стакан, уровень воды находился на 40 делении. Следовательно, осадки составили $40 \times 0,1 + 0,2 = 4,2$ мм.

При выпадении твердых осадков ведро переносят в теплое помещение, чтобы снег, град, крупа растаяли. Далее измерения идут в обычном порядке.

В ряде пунктов вместо осадкомеров устанавливают полевой дождемер Давитая, представляющий собой стеклянную цилиндрическую мензурку с делениями, отградуированными по величине осадков в мм. В этом случае измерения сводятся к

отсчету по нанесенной на стенке мензурки шкале.

Интенсивность осадков определяется по показаниям пювниографа. Пювниограф представляет собой металлический цилиндр для сбора осадков с приемной поверхностью 500 см^2 . Из цилиндра вода попадает в поплавковую камеру. К поплавку присоединено перо самописца. На ленте регистрирующего устройства отмечается количество осадков и время их выпадения. Зная эти величины, можно вычислить интенсивность осадков.

2.7. Продолжительность солнечного сияния

Продолжительность солнечного сияния определяется в часах за сутки (месяц, год). Для его определения применяется гелиограф универсальной модели. Принцип действия гелиографа основан на свойстве стеклянного шара собирать в фокусе падающие на него солнечные лучи и прожигать расположенную за шаром картонную ленту. По длине прожженной части ленты судят о продолжительности солнечного сияния.

2.8. Облачность

Облачность - это степень покрытия небосвода облаками различных форм и ярусов. Облаком называется видимое скопление продуктов конденсации или сублимации водяного пара на некоторой высоте в свободной атмосфере. По составу облака делятся на водяные, ледяные, смешанные. Определение количества облаков ведется по одиннадцати балльной системе (0-10 баллов). При отсутствии облаков или наличии их менее половины балла принимается 0 баллов, при полном покрытии небосвода облаками - 10 баллов. Классификации форм облачности базируется на различиях внешнего вида, высоты основания и толщины слоя облаков. В зависимости от высоты нижней границы облака разделяются на три яруса; верхний выше 6 км, средний (2 - 6 км) и нижний (до 2 км). Во время наблюдений определяется общая облачность в баллах, а также количество облаков нижнего яруса. Наблюдения - визуальные.

2.9. Солнечная радиация

Солнечная радиация - количество теплоты, поступающее на единицу земной поверхности в единицу времени. Измеряется она в $\text{Вт} / \text{м}^2$.

Для изучения солнечной радиации используются различные приборы. Большинство из них построено на принципе превращения лучистой энергии в тепловую, а тепловой - в термоток, который измеряется чувствительными гальванометрами.

Для измерения прямой солнечной радиации применяется пиргелиометры и актинометры, суммарной и рассеянной - пиранометры, эффективного излучения - пиргеометры, радиационного баланса - балансомеры.

2.10. Порядок проведения работы и её оформление

В процессе проведения работы необходимо ознакомиться с конструкцией метеорологических приборов, принципом их действия, установкой на метеорологической площадке (по схеме или на макете).

Отсчёт по шкале барометра-анероида, введение поправок, запись результатов измерений. Отсчёт по ленте барографа.

Установка приборов в психрометрическую будку, отсчёты по психрометрическим, максимальному и минимальному термометрам, гигрометру; введение поправок, запись результатов измерений в таблицу 1.4.

Снятие показаний по аспирационному психрометру, установленному в крупногабаритной сушильной камере.

Определение по психрометрическим таблицам относительной, абсолютной влажности и недостатка насыщения воздуха по показаниям психрометров.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.
ОТБОРА И ПОДГОТОВКА ПРОБЫ ПОЧВЫ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. ОФОРМЛЕНИЕ СОПРОВОДИТЕЛЬНОГО ТАЛОНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ, ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ ПРОБЫ ПОЧВЫ.

Цель работы: Ознакомиться с приборами применяемые для определения pH водной вытяжки, влагосодержание, потерю массы при прокаливании пробы почвы. Ознакомиться с методикой определения pH водной вытяжки, влагосодержание пробы почвы.

3. Методы определения степени засоленности

3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов

Пробу грунта, высушивают, растирают и просеивают через сито 1 мм. Навеску воздушно-сухого грунта взвешивают на лабораторных весах с точностью до 0.1 г до получения пробы массой 25-30 г. и помещают в коническую колбу затем заливают пятикратным количеством дистиллированной воды (в соотношении 1:5) с использованием мерного цилиндра. Для грунта с содержанием органического вещества более 50 % количество дистиллированной воды увеличивают до соотношения 1:10. Колбу закрывают резиновой пробкой и перемешивают в течение 10 - 15 мин, после чего суспензию фильтруют через сухой складчатый бумажный фильтр (как правило, двойной) в колбу-приемник. Фильтр помещают в воронку так, чтобы он лежал на 0,5 - 1 см ниже края воронки. Мутные фильтраты возвращают на фильтр до тех пор, пока они не станут прозрачными. По окончании фильтрования прозрачные фильтраты перемешивают и используют для анализа.

3.2. Определение степени засоленности кондуктометрическим методом

Настоящий метод распространяется на глинистые, песчаные, крупнообломочные (в части их заполнителя) и органоминеральные грунты и устанавливает кондуктометрический метод определения общей засоленности при хлоридном типе их засоления.

Сущность метода заключается в измерении удельной электрической проводимости водной вытяжки из грунтов с помощью кондуктометра. Метод дает относительное представление об общем количестве водорастворимых солей в водной вытяжке из грунтов.

3.2.1. Аппаратура и реактивы

Кондуктометр с диапазоном измерений от 0.01 до 20 мСм и погрешностью измерений не более 5%.

Термометр лабораторный с диапазоном измерений от 0 °С до 55 °С.

Весы лабораторные 2-го класса точности и 4-го класса точности.

Посуда мерная лабораторная не ниже 2-го класса точности (цилиндры, мензурки).

Секундомер

Шкаф сушильный с терморегулятором

Стеклянная посуда (стаканы, колбы конические, воронки, эксикаторы и др.).

Бумага фильтровальная

Калий хлористый по ГОСТ 4234

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709

3.2.2. Проведение анализа

В фильтрат водной вытяжки, приготовленный погружают датчик кондуктометра и измеряют электрическую проводимость. После каждого измерения датчик тщательно промывают водой и промокают фильтровальной бумагой. Если прибор не имеет температурного компенсатора, измеряют температуру водной вытяжек, находящихся в аналогичных условиях. Результаты определений записывают в журнал.

3.2.3 Обработка результатов

Удельную электрическую проводимость анализируемой водной вытяжки X , мСм/см, вычисляют по формуле

$$X = a \cdot C \cdot K,$$

где a - измеренная электрическая проводимость вытяжки мСм;

C - константа кондуктометрической ячейки (датчика), см⁻¹;

K - коэффициент температурной поправки.

3.2.4. Определение константы кондуктометрической ячейки (датчика)

Датчик кондуктометра погружают в раствор хлористого калия молярной концентрации с $KCl = 0,01$ моль/дм³ и измеряют электрическую проводимость.

Константу датчика C , см⁻¹ вычисляют по формуле

$$C = \frac{1,41}{a \cdot K}$$

где 1,41 — удельная электрическая проводимость раствора хлористого калия молярной концентрации $c(\text{KCl}) = 0,01$ моль/дм³ при температуре 25 °С. мСм/см;

α — измеренная электрическая проводимость раствора хлористого калия молярной концентрации $c(\text{KCl}) = 0,01$ моль/дм³. мСм;

K — коэффициент температурной поправки.

Если прибор имеет температурный компенсатор, коэффициент температурной поправки равен единице. При отсутствии температурного компенсатора измеряют температуру раствора хлористого калия с помощью лабораторного термометра и находят значение коэффициента по таблице Б.1.

**Таблица Б.1 Коэффициент температурной поправки
при различных температурах раствора**

Температура раствора, °С	K
15	1,254
16	1,224
17	1,196
18	1,168
19	1,142
20	1,118
21	1,092
22	1,067
23	1,044
24	1,021
25	1,000
26	0,979
27	0,960
28	0,941
29	0,923
30	0,906

3.3. Колориметрическое определение рН

Колориметрический метод определения рН растворов основан на свойстве кислотно-основных индикаторов изменять свою окраску в зависимости от активности ионов водорода в определенном интервале рН.

Индикаторные бумаги представляют собой полоски хроматографической бумаги, пропитанные индивидуальными или смешанными кислотно-основными индикаторами («универсальные»). Определять рН при помощи индикаторной бумаги возможно только в растворах с не очень высокой концентрацией солей и в отсутствие сильных окислителей.

Индикаторная бумага выпускается в виде книжечек по 100 полосок; она очень чувствительна к свету, влажности и действию паров веществ кислотного или основного характера. При правильном хранении индикаторные бумаги не теряют химических свойств в течение 2-4 лет.

3.3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов

Для анализа используют фильтраты водных вытяжек, приготовленных по пункт 3.1

3.3.2. Проведение анализа

Для определения рН полоску реактивной бумаги на несколько секунд погружают в испытуемый раствор, либо наносят испытуемый раствор на бумагу стеклянной палочкой, либо прикладывают полоску бумаги к влажной пробе.

3.3.3. Обработка результатов

При изменении значения рН в широких пределах происходят заметные на глаз изменения окраски индикаторная бумага. В **таблице 1** и на **рисунке 1** приведены данные об отечественных индикаторных бумагах. Результаты определений записывают в журнал.

Таблица 9.

Индикаторные бумаги

Наименование бумаги	Интервал рН перехода окраски	Окраска индикатора	
		в кислой среде	в щелочной среде
Метиловая оранжевая	3,1 – 4,4	Красная	Жёлтая
Конго красная	3,0 – 5,2	Синяя	Красная
Лакмюидная синяя	4,0 – 6,4	»	»
Лакмусовая красная	6,0 – 8,0	Бледно-розовая	Синяя
Лакмусовая нейтральная	6,0 – 8,0	Красная	»
Лакмусовая синяя	6,0 – 8,0	»	»
Куркумовая	8,0 - 10,2	Жёлтая	Красно-коричневая
Фенолфталеиновая	8,0 – 9,6	Белая	Красная

Или

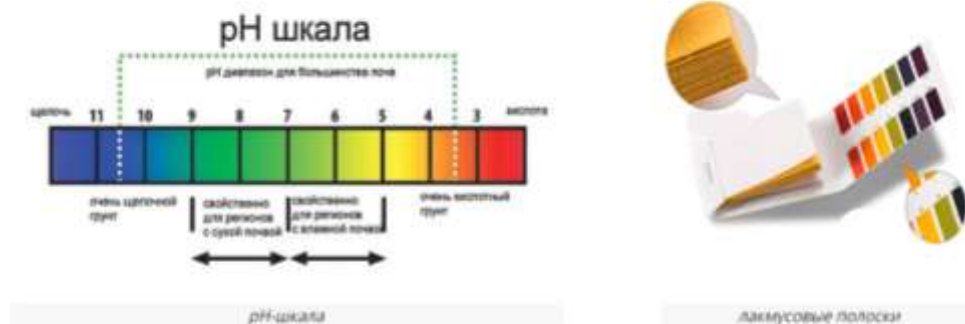


Рис. 1 Шкала изменения цвета лакмусовой бумаги по уровню кислотности водной суспензии

3.4. Определение pH водной вытяжки потенциометрическим методом

Потенциометрия - электрохимический метод анализа, заключающийся в измерении электродного потенциала и нахождении зависимости между его величиной и концентрацией (точнее, активностью) потенциалопределяющего компонента в растворе. Потенциал всякого электрода можно измерить только по отношению к какому-либо постоянному потенциалу другого электрода.

3.4.1. Аппаратура и реактивы

pH-метр или иономер с погрешностью измерений не более 0.05 pH.

Электрод комбинированный.

Калий хлористый по ГОСТ 4568

3.4.2. Приготовление водной вытяжки

Для анализа используют фильтраты водных вытяжек, приготовленных по 3.1.

3.4.3. Проведение анализа

Комбинированный электрод следует закрепить в штативе и подключить к гнезду «ИЗМ.». Термодатчик закрепить в штативе и подключить к гнезду «ТД».

Для включения прибора нажать кнопку включения прибора и удерживать ее в течение 1-2 секунд. При включении на дисплее кратковременно высвечивается номер версии программного обеспечения прибора, например «v1.09», после чего прибор переходит в режим измерений в тех единицах, которые были установлены при предыдущем его выключении. После включения прибора автоматически устанавливается режим «ИЗМЕРЕНИЕ». Следует установить режим измерений «pH» кнопкой ВЫБОР. При этом в правой части дисплея высвечивается символ «pH». Промыть электроды и другие применяемые устройства (например, термодатчик или термометр) дистиллированной водой, осушить их фильтровальной бумагой и погрузить в анализируемый раствор. При использовании термодатчика глубина его погружения в анализируемый раствор должна быть не менее 30 мм. После установления стабильных показаний считать результат измерения с дисплея. Обычно время установления показаний не превышают 3 мин с момента погружения датчиков в анализируемую среду. Однако при измерении pH сильноокислых и сильнощелочных растворов, а также при температурах, близких к 0 °C время установления показаний может достигать 10 мин.

Значение рН снимают с точностью до 0.1 ед. рН. Результаты определений записывают в журнал.

При измерениях рН следует помнить, что характеристики электродной системы зависят от температуры анализируемой среды. Поэтому для учета этой зависимости (автоматической термокомпенсации) прибору необходима информация о температуре раствора. Наилучшим вариантом является автоматическое измерение температуры при помощи термодатчика (в том числе встроенного в электрод).

Обязательным является регистрация в журнале и протоколе, какой рН измерялся: рН фильтрата водной вытяжки или рН суспензии, так как результаты могут отличаться (как правило, рН суспензии выше рН водной вытяжки).

3.5. Определение влагосодержание пробы почвы

Сущность метода заключается в определении потери влаги при высушивании почвы.

Предельное значение суммарной относительной погрешности метода при доверительной вероятности $P = 0,95$ составляет, % от измеряемой величины:

7 — при влажности почвы до 10 %;

5 — при влажности почвы св. 10 %.

3.5.1. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Весы лабораторные 4-го класса точности

Шкаф сушильный с регулятором температуры от 80 до 105 °С с погрешностью регулирования до 2 °С.

Стаканчики весовые алюминиевые с крышками ВС-1.

Щипцы тигельные.

Эксикатор исполнения 2

Шпатель

3.5.2. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$
- атмосферное давление (84-106) кПа
- относительная влажность не более 80 % при 25°С

3.5.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Аналитические почвенные пробы помещают в пронумерованные, высушенные и взвешенные стаканчики и закрывают их крышками. Стаканчики и почву в стаканчиках взвешивают с погрешностью не более 0,1 г. Стаканчики открывают и вместе с крышками помещают в нагретый сушильный шкаф.

Почву высушивают до постоянной массы при температуре:
(105 + 2) °С — все почвы, за исключением загипсованных;
(80 + 2) °С — загипсованные почвы.

Время высушивания до первого взвешивания:
незагипсованных почв: песчаных — 3 ч, других — 5 ч;
загипсованных почв — 8 ч.

Время последующего высушивания:
песчаных почв — 1 ч;
других почв, в том числе загипсованных, — 2 ч.

После каждого высушивания стаканчики с почвой закрывают крышками, охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием и взвешивают с погрешностью не более 0,1 г. Если взвешивание производят не позднее 30 мин после высушивания, можно охлаждать закрытые стаканчики на открытом воздухе без эксикатора. Высушивания и взвешивания прекращают, если разность между повторными взвешиваниями не превышает 0,2 г. Почвы с высоким содержанием органического вещества могут при повторных взвешиваниях иметь большую массу, чем при предыдущих, из-за окисления органического вещества при высушивании.

В таких случаях для расчетов следует брать наименьшую массу.

3.5.4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Массовое отношение влаги в почве W в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100,$$

где m_1 — масса влажной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

m_0 — масса высушенной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

m — масса пустого стаканчика с крышкой, г.

За результат анализа принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений. Вычисления проводят до второго десятичного знака с последующим округлением результата до первого десятичного знака.

Допускаемые относительные отклонения результатов параллельных определений от их среднего арифметического при доверительной вероятности $P = 0,95$ составляют, % от измеряемой величины:

5 — при влажности почвы до 10 %;

3 — при влажности почвы св. 10 %.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

4.1. К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.2. Лабораторные работы необходимо выполнять исключительно в спецодежде (халате), перчатках и марлевых повязках. После окончания работы халаты, повязки, перчатки передать на обработку дезинфицирующими растворами.

4.3. После окончания проведения лабораторной работы необходимо прибрать рабочее место.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
МДК.04.01 ПРОБООТБОРЩИК**

Специальность
**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе основного общего образования

год набора: 2024

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и
водопользования

(название кафедры)

Зав.кафедрой


(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023

(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1. Практико-ориентированное задание №1.** Обзор профессиональной программ «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус. Расчет класса опасности в программе «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус. 4
- Практико-ориентированное задание №2.** Составление сводных характеристик климатических условий для заданного района. 4
- Практико-ориентированное задание №3** Расчет основных среднегодовых гидрологических характеристик стока реки. Построение профиля реки. 9
- Практико-ориентированное задание №4.** Ознакомление с принципами работы и методикой отбора пробоотборных устройств ПУ- 4Э, газоанализатор «Элан», меховой аспиратор АМ- 5Е. Техника безопасности при проведение отбора проб. 9
- Практико-ориентированное задание №5.** Отбор проб атмосферного воздуха на взвешенные вещества; NO_x; CO; SO₂ газоанализатором «Элан» в контрольной точке. Оформление результатов измерения в отчет.
- Практико-ориентированное задание №6.** Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях"

1. Практико-ориентированное задание №1. Обзор профессиональной программ «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус. Расчет класса опасности в программе «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус.

Цель работы: Провести расчет класса опасности в программе «Расчет класса опасности отходов для ОС»

Правовое регулирование в области обращения с отходами

Осуществляется **ФЗ-№89 «Об отходах производства и потребления»**, другими законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

В соответствии со ст. 14. «Требования к обращению с опасными отходами»:

Опасные отходы в зависимости от степени их вредного воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека подразделяются на классы опасности в соответствии с критериями, установленными федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами в соответствии со своей компетенцией.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности в порядке, установленном федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами.

На опасные отходы должен быть составлен паспорт. Паспорт опасных отходов составляется на основании данных о составе и свойствах опасных отходов, оценки их опасности. Порядок паспортизации определяет Правительство Российской Федерации.

В соответствии с **Постановлением от 16 августа 2013 г. № 712 «О порядке проведения паспортизации отходов I – IV классов опасности»** введены Правила проведения паспортизации отходов I–IV классов опасности.

Правила проведения паспортизации отходов I – IV классов опасности

Настоящие Правила определяют порядок проведения паспортизации отходов I — IV классов опасности.

Отношения в области обращения с радиоактивными отходами, биологическими отходами, отходами лечебно-профилактических учреждений, выбросами вредных веществ в атмосферу и со сбросами вредных веществ в водные объекты регулируются соответствующим законодательством Российской Федерации.

Паспорт отходов I — IV классов опасности (далее — паспорт) составляется на основании данных о составе и свойствах этих отходов, а также оценки их опасности в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду.

Паспорт составляется индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, в процессе деятельности которых образуются отходы I — IV классов опасности (далее — индивидуальные предприниматели и юридические лица).

Определение данных о составе и свойствах отходов I — IV классов опасности, включаемых в паспорт, осуществляется с соблюдением установленных законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений требований к измерениям и средствам измерений.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица для составления паспорта подтверждают отнесение отходов к конкретному классу опасности в порядке, установленном Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

На отходы I — IV классов опасности, включенные в федеральный классификационный каталог отходов, индивидуальные предприниматели и юридические лица составляют и утверждают паспорт по форме, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 16 августа 2013 г. № 712.

Копия паспорта, заверенного индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, а также копии документов, подтверждающих отнесение вида

отхода к конкретному классу опасности, направляются в территориальный орган Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по месту осуществления хозяйственной деятельности индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами способом, позволяющим определить факт и дату их получения, или вручаются ими под роспись.

Паспорт действует бессрочно.

Внесение изменений в паспорт не допускается.

На отходы, не включенные в федеральный классификационный каталог отходов, индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны подтвердить отнесение таких отходов к конкретному классу опасности в течение 90 дней со дня их образования в порядке, установленном Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, для их включения в федеральный классификационный каталог отходов.

Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) и база данных отходов (БДО)

ФККО относится к государственному кадастру, по которому в регионах ведется отчетность. Пользуясь документом, предприятия рассчитывают затраты на утилизацию, транспортировку списанных веществ, определяют целесообразность новых технологий, учитывают предусмотренные законодательством нормы. Экологи на производствах обязаны регулярно подавать в кадастр сведения о количестве утильсырья и способах его обезвреживания.

Деятельность по переработке, хранению, перевозке, утилизации побочных продуктов 1-4 категорий токсичности должна осуществляться организацией, имеющей лицензию. Предприятие заключает с лицензированными фирмами договор, а для транспортировки разрабатывает паспорт на опасное вещество. Чтобы правильно оформить его, нужно воспользоваться справочными материалами из ФККО, определив, насколько токсичен утилизируемый продукт. Для 5-й категории такого требования нет, но чтобы правильно выбрать транспорт для вывоза, требуется рассчитывать плотность сырья.

Как организован российский классификатор отходов

ФККО – это справочник, разделяющий опасные продукты по категориям. Для классификации учитываются следующие основные признаки веществ:

- область получения;
- производственная технология, в которой они образуются;
- состав, свойства;
- вредное влияние на биосферу.

Вся информация представлена в кодированной форме.

Код ФККО – это последовательность цифр, каждая из которых соответствует уровню классификации.

Верхний уровень называется блоком и характеризует область возникновения фракции. Он делится на типы, подтипы, группы, которые описывают отрасль получения и процесс производства. Подгруппа разделяет сырье по составным элементам, химической структуре.

БДО — это аббревиатура базы данных, которая систематизирует сведения об утилизируемых продуктах, а также всех предприятиях-источниках образования и методах переработки. Как часть государственного кадастра, она помогает правительству следить за обращением с вредными выбросами на территории страны.

База данных представляет собой электронную таблицу, которая ведется службой природопользования и находится на ее официальном сайте. Если вещество есть в ФККО, база его тоже включает. Она содержит следующую информацию об утилизируемом сырье:

- числовой код;

- наименование;
- физическую форму;
- сферу получения;
- критерий воздействия на среду;
- основание — приказ о включении в ФККО.

Дополнительно из первой графы открываются вкладки: состав — с указанием процентного содержания компонентов, примечание и объекты размещения по регионам с информацией о ближайшем населенном пункте и эксплуатирующей организации.

Код ФККО – это последовательность цифр, каждая из которых соответствует уровню классификации.

Верхний уровень называется блоком и характеризует область возникновения фракции. Он делится на типы, подтипы, группы, которые описывают отрасль получения и процесс производства. Подгруппа разделяет сырье по составным элементам, химической структуре.

Информация об агрегатном состоянии продукта зашифрована в позиции. Последний уровень субпозиции — это разделение по вредному воздействию на природу.

Разделение и классификация утилизируемого сырья происходят на основе нескольких признаков. Различают основные группы, отличающиеся по:

- источнику: строительные, бытовые, промышленные, соответствующие блокам ФККО;
- составу: биологические, химические, минеральные, вторичные (металл, пластик, бумага), инертные (песок, кирпич);
- физической форме, в которой они находятся в природе;
- степени воздействия на среду: опасные и нетоксичные.

Пример: код 3 31 211 71 33 4 по ФККО означает резиновый клей, остающийся от производства автомобильных покрышек. Цифры по порядку определяют:

- 3 — блок обрабатывающей промышленности;
- 3 — изделия из пластмассы и резины;
- 1 — получение на резиновом производстве;
- 211 — характер утилизируемого материала при производстве покрышек, числа 241,272 для других групп соответствуют веществам, оставшимся после очистки оборудования;
- 71 — состав;
- 33 — физическая форма;
- 4 — уровень токсичности.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

Установление значения относительного параметра опасности компонента отхода

Для каждого первичного показателя опасности компонента отхода установлены 4 интервала его значений либо указаны иные 4 характеристики, которые отвечают четырем уровням опасности компонента отхода. Каждому уровню опасности компонента отхода соответствует определенный балл.

Таблица 1

№ п/п	Наименование первичных показателей опасности компонента отхода	Значения, интервалы и характеристики первичных показателей опасности компонента отхода			
1.	ПДКп ³⁾ (ОДК), мг/кг	<1	1-10	10,1-100	>100
2.	Класс опасности в почве	1	2	3	-
3.	ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
4.	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	2	3	4
5.	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	<0,001	0,001-0,01	0,011- 0,1	>0,1
6.	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	1	2	3	4
7.	ПДКс.с. (ПДКм.р.,ОБУВ), мг/м ³	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
8.	Класс опасности в атмосферном воздухе	1	2	3	4
9.	ПДКпп (МДУ,МДС), мг/кг	<0,01	0,01-1	1,1-10	>10
10.	Lg(S,мг/л/ПДКв,мг.л)	>5	5-2	1,9-1	<1
11.	Lg(Снас,мг/м ³ /ПДКр.з)	>5	5-2	1,9-1	<1
12.	Lg(Снас,мг/м ³ /ПДКс.с.или ПДКм.р.)	>7	7-3,9	3,8-1,6	<1,6
13.	Ig Кow(октанол/вода)	>4	4-2	1,9-0	<0
14.	LD ₅₀ ,мг/кг	<15	15-150	151-5000	>5000
15.	LC ₅₀ ,мг/м ³	<500	500-5000	5001-50000	>50000
16.	LC ₅₀ ^{водн.} , мг/л/96ч	<1	1-5	5,1-100	>100
17.	БД= БПК ₅ / ХПК	<0,1	0,1-0,6	0,61-0,9	>0,91
18.	Персистентность (трансформация в окружающей природной среде)	Образование более токсичных продуктов, в т.ч. обладающих отдаленными эффектами или новыми свойствами	Образование продуктов с более выраженным влиянием других критериев опасности	Образование продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходного вещества	Образование менее токсичных продуктов
19.	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	Выраженное накопление во всех звеньях	Накопление в нескольких звеньях	Накопление в одном из звеньев	Нет накопления
	БАЛЛ (степень опасности компонента отхода для ОПС)	1	2	3	4

Значения первичных показателей опасности отдельных компонентов отхода выбираются по справочным данным из научнотехнической официально изданной литературы. Перечень рекомендуемых источников приведен в Приложении 2; допустимо использование и другой официальной информации.

В случае отсутствия ПДК отдельного компонента отхода допустимо использование другой нормативной величины, указанной в скобках.

При нахождении ПДКп выбираются значения подвижной формы. Допустимо использование значений валового содержания при отсутствии

значений подвижной формы, или если имеется обоснование для подобного выбора.

При нахождении ПДКв (ОДУ, ОБУВ) используются значения ПДК для воды хозяйственно-питьевого назначения.

Растворимость компонента отхода (S) находится из справочников как растворимость в воде при температуре 20°С. При отсутствии данных для температуры 20°С допускается использование данных для «холодной воды».

Если $S = \infty$, то $Lg S/ПДКв = \infty$, балл = 1

Если $S = 0$, то $Lg S/ПДКв = -\infty$, балл = 4.

Значения $S_{нас}$ определяются:

а) по таблицам термодинамических данных [32];

б) рассчитываются по уравнению:

$Lg S_{нас} = A - B/T + CT + DLgT$,

коэффициенты которого приведены в [33];

в) рассчитываются по формуле

$S_{нас} = M \cdot P \cdot 1000 / 18,3$, мг/м³,

где: M – молекулярный вес вещества,

P – давление насыщенных паров при 20°С, мм рт. ст.

Если давление насыщенных паров установлено при других температурах, то расчет проводится по формуле:

$S_{нас} = 16 M \cdot P \cdot 1000 / T$ мг/м³,

где T – абсолютная температура в градусах К, при которой производилось определение давления насыщенных паров.

Ниже приведены результаты расчетов насыщающих концентраций в воздухе ($S_{нас}$) для некоторых веществ и элементов при 25°С и нормальном давлении.

Наименование элементов	Символ	$S_{нас}$, мг/м ³
Свинец	Pb	$3,3 \times 10^{-22}$
Оксид свинца	PbO	$5,7 \times 10^{-35}$
Мышьяк	As	$1,5 \times 10^{-36}$
Мышьяк	As ₂	$4,7 \times 10^{-19}$
Мышьяк	As ₄	$3,2 \times 10^{-9}$
Марганец	Mn	$1,3 \times 10^{-33}$
Цинк	Zn	$2,5 \times 10^{-9}$
Медь	Cu	$3,0 \times 10^{-44}$
Хром	Cr	$4,5 \times 10^{-56}$
Ванадий	V	$5,5 \times 10^{-77}$

Оксид ванадия	VO	$3,4 \times 10^{-85}$
Никель	Ni	$1,8 \times 10^{-43}$
Кадмий	Cd	$3,5 \times 10^{-6}$
Сурьма	Sb ₁	$1,1 \times 10^{-32}$
Сурьма	Sb ₂	$1,2 \times 10^{-24}$
Стронций	Sr	$5,4 \times 10^{-17}$
Ртуть	Hg	270

При наличии в источниках информации нескольких значений для показателей LD₅₀ и LC₅₀ (например, для разных видов животных) выбирается величина, соответствующая максимальной опасности, т.е. наименьшее значение LD₅₀ или LC₅₀.

При отсутствии необходимой величины допускается применение ближайшего по смыслу показателя (например: вместо LD₅₀ при пероральном поступлении можно взять аналогичные данные, полученные при внутривенном, внутривенном и т.п. введении ксенобиотика в организм).

Биологическая диссимилиация определяет устойчивость вещества к биодеградации и равна отношению БПК₅ к ХПК. Значения биологического и химического показателей кислорода (БПК₅ и ХПК) определяют экспериментальным путем.

Для видов отходов, размещаемых непосредственно на поверхности земли без соблюдения требований по обустройству объекта, исключающих попадание загрязнений в окружающую природную среду, (воздух, подземные и поверхностные воды, почва) необходимо определять и учитывать в расчетах рН.

Если рН = 3,5 – 5,0 или рН = 9,0 - 10,0 и если эти отходы по «Критериям ...» отнесены к 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 4 (четвертого) класса опасности для ОПС.

Если показатель рН = 2,5 - 3,5 или рН = 10,1 - 11,5 и если эти отходы по «Критериям...» отнесены к 4 или 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 3 (третьего) класса опасности для окружающей природной среды.

Если показатель рН имеет значение менее 2,5 или более 11,5 и если эти отходы по «Критериям ...» отнесены к 3, 4 или 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 2 (второго) класса опасности для окружающей природной среды.

По каждому показателю в соответствии с его значением выставляют балл от 1 до 4, соответствующий уровню опасности компонента отхода. Соответствующий балл выставляют также уровню информационного обеспечения системы показателей (таблица 2).

Таблица 2

ДИАПАЗОНЫ изменения показателя информационного обеспечения (n /N)	БАЛЛ
<0,5 (n < 6)	1
0,5 –0,7 (n = 6 – 8)	2
0,71 – 0,9 (n = 9 – 10)	3
>0,9 (n > 11)	4

Определяют значение относительного параметра опасности компонента отхода (X) путем деления суммы баллов по всем показателям на число этих показателей. Общее число показателей в системе равно количеству первичных показателей опасности компонента отхода плюс 1 (показатель информационного обеспечения).

Определение коэффициента степени экологической опасности компонента отхода

Относительный параметр опасности компонента отхода для i-го компонента отхода (X_i) связан с унифицированным относительным параметром экологической опасности (Z_i) следующим соотношением:

$$Z_i = 4 X_i / 3 - 1/3$$

Зависимость между коэффициентом степени экологической опасности i -го компонента отхода (W_i) с унифицированным относительным параметром экологической опасности (Z_i) устанавливается следующей функцией:

$$\lg W_i = \begin{cases} 4 - 4 / Z_i ; & \text{Для } 1 \leq Z_i < 2 \\ Z_i ; & \text{Для } 2 \leq Z_i < 4 \\ 2 + 4 / (6 - Z_i) ; & \text{Для } 4 \leq Z_i \leq 5 \end{cases}$$

По найденному $\lg W_i$ определяют W

Определение класса опасности отхода

1.4.1. Показатели степени опасности отдельных компонентов отхода рассчитывают по формулам:

$$K_1 = C_1/W_1; K_2 = C_2/W_2 \dots\dots\dots K_n = C_n/W_n$$

где:

W_1, W_2, \dots, W_n - коэффициент степени экологической опасности i -го компонента отхода (мг/кг).

C_1, C_2, \dots, C_n - концентрация i -го компонента в отходе (мг/кг)

Если состав отхода качественно и количественно представлен в виде неорганических соединений (например, $NiO - 5\%$, $CuSO_4 - 5\%$), а значения первичных показателей определены по элементам (Ni, Cu), то концентрация (C) каждого отдельного компонента пересчитывается на опасный элемент.

Показатель степени опасности отхода определяют как сумму показателей степени опасности отдельных компонентов отхода:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_n;$$

где: K - показатель степени опасности отхода,

K_1, K_2, \dots, K_n - показатели степени опасности отдельных компонентов отхода.

Следует обратить внимание на то, что обязательно должно быть соблюдено следующее условие:

$$C_1 + C_2 + \dots + C_n = 10^6 \text{ (мг/кг)}$$

Это условие полного учета всех компонентов, входящих в отход.

Класс опасности отхода определяется на основе значений показателя степени опасности отхода (K) в соответствии с таблицей 3

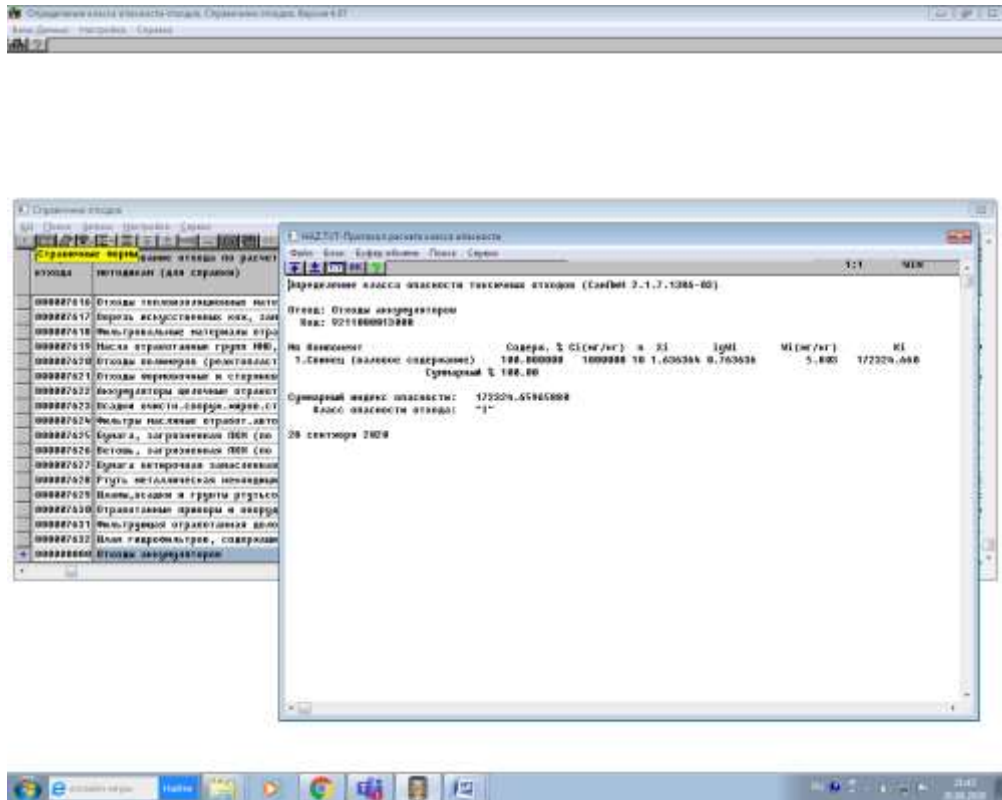
Таблица 3

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОПС (K)
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$
V	$K \leq 10$

Выполнение расчета класса профессиональной программ «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус.

1. Занести в программу наименование и код отхода

5. Сделать расчет по «СанПиН»



6. Оформить скриншоты проведенного расчета в один файл. Прикрепить к заданию.

Используемая литература:

- Приказ Минприроды России от 04.12.2014 N 536 "Об утверждении Критериев отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду"
- СП 2.1.7.1386-03 Санитарные правила установления класса опасности токсических отходов производства и потребления

Практико-ориентированное задание №2. Составление сводных характеристик климатических условий для заданного района.

Цель работы: собрать и проанализировать метеорологическую и климатическую информацию для заданного района.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

Пользуясь литературными данными необходимо составить сводную характеристику климатических условий согласно своему варианту.

Справочная литература:

1. Справочник по климату СССР “Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть I, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

2. Справочник по климату СССР “Температура воздуха и почвы” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть II, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

3. Справочник по климату СССР “Ветер” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть III, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

4. Справочник по климату СССР “Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть IV, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

5. Справочник по климату СССР “Облачность и атмосферные явления” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть V, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ.

2.1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние

2.1.1. Солнечная радиация и радиационный баланс

Данные по солнечной радиации и радиационному балансу приводятся на основе материалов актинометрических наблюдений метеорологических станций.

В комплекс актинометрических наблюдений входят измерения прямой и рассеянной радиации, приходящей к земной (деятельной) поверхности, отраженной радиации от земной поверхности и радиационного баланса земной поверхности. Деятельной поверхностью называют поверхность почвы, воды или растительности, непосредственно поглощающую солнечную и атмосферную радиацию и отдающую излучение в атмосферу.

Солнечная радиация, поступающая на деятельную поверхность в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от диска солнца, называется *прямой солнечной радиацией*.

Часть солнечной радиации, поступающей на земную поверхность со всех точек небесного свода после рассеяния в атмосфере, называется *рассеянной радиацией*. На актинометрических станциях измеряется рассеянная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность.

Общий приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность, состоящий из прямой и рассеянной радиации, называется *суммарной радиацией*.

В каждый момент времени на земной поверхности осуществляется приход и расход лучистой энергии. Алгебраическая сумма приходных и расходных составляющих радиации называется *радиационным балансом*.

В зависимости от соотношения приход и расходных составляющих радиационного баланса бывает положительный (если поверхность земли поглощает больше радиации, чем отдает, поток направлен к земле) и отрицательный (если поверхность земли поглощает радиации меньше, чем отдает, поток направлен от земли).

Радиационный баланс деятельной поверхности является ведущим компонентом теплового баланса, он определяет величину и знак потоков тепла в воздух и почву, суточный ход испарения и конденсации.

Величина радиационного баланса может быть определена либо как сумма составляющих, каждая из которых измерена отдельно, либо непосредственно измерена прибором, как это принято при актинометрических наблюдениях.

Для измерения солнечной радиации используются приборы, приемной частью которых являются термоэлементы. Прямая радиация измеряется термоэлектрическим актинометром; рассеянная, отраженная и суммарная радиация термоэлектрическим альбедометром; радиационный баланс термоэлектрическим балансометром.

Характеристика радиационного баланса

Солнечная радиация является главным источником тепловой энергии для всех природных процессов, развивающихся в атмосфере, гидросфере и в верхних слоях литосферы. Наряду с этим использование солнечной энергии имеет исключительное значение в хозяйственной деятельности человека.

Характеристика радиационного режима, в кратком изложении, имеет целью дать общее представление о закономерностях пространственного и временного распределения солнечной радиации и радиационного баланса.

Приход солнечной радиации определяется прежде всего астрономическим фактором - продолжительностью дня и высотой солнца.

Солнечная радиация, поступающая на земную поверхность, является одним из основных климатообразующих факторов. В свою очередь она в значительной степени зависит от циркуляции атмосферы (проявляется через облачность и прозрачность атмосферы) и особенностей подстилающей поверхности (высоты над уровнем моря, закрытости горизонта, альбедо поверхности).

Суточный ход солнечной радиации и радиационного баланса определяется прежде всего изменением высоты солнца в течение дня. Поэтому максимальную солнечную радиацию, при наличии облачности или при ясном небе, наблюдается в полдень.

Таблица 2.1

Отношение месячных сумм прямой и солнечной радиации на горизонтальную поверхность к суммарной (%). Свердловская область.

станции	С												
		I	II	V		I	II	III	X		I	II	од

Таблица 2.2

Экстремальные суммы солнечной радиации (ккал/см² месяц) на горизонтальную поверхность (1-я строка максимальные, 2-я строка минимальные).

станции	С	исло лет наблюдений											
			I	II	V		I	II	III	X		I	II

Таблица 2.3

Максимальные (1-я строка) и минимальные (2-я строка) суммы радиационного баланса (ккал/см² месяц).

Станции	число лет наблюдений	I					II					III	
		I	II	V			I	II	III	X		I	II

2.1.2 Солнечное сияние

Продолжительность солнечного сияния регистрируется прибором гелиографом, который автоматически отмечает промежутки времени, в продолжение которых светило солнце. В настоящее время на сети метеорологических станций Союза ССР основным прибором для записи солнечного сияния является гелиограф обыкновенной или универсальной модели. Прожоги на ленте по гелиографу универсальной модели начинаются при достижении напряжения радиации 0,3 - 0,4 ккал/см.

Обычно гелиограф устанавливается на высоте 2 м от поверхности земли на открытом месте, в любое время года освещаемом лучами солнца от восхода до захода.

Характеристика солнечного сияния

Большая протяженность территории с севера на юг (от 62 до 52° с. ш.), наличие почти меридионально направленных Уральских гор обуславливают большое разнообразие в распределении солнечного сияния. В общем продолжительность солнечного сияния по мере продвижения с севера на юг возрастает. Зимой продолжительность солнечного сияния с увеличением широты убывает быстрее, чем летом, как из-за уменьшения длительности дня, так и из-за возрастания облачности с широтой.

Наибольшая за год продолжительность солнечного сияния наблюдается в июне, наименьшая - в декабре. В отдельных районах наибольшее число часов солнечного сияния приходится на июль.

Таблица 2.4

Продолжительность солнечного сияния.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город													
Средняя													

2.2. Температура воздуха и почвы

2.2.1. Температура воздуха

Сведения о температуре воздуха приводятся на основе показаний жидких термометров, помещенных в психометрическую будку на высоте 2 м.

Собственная температура различных поверхностей, расположенных открыто, измеренная одновременно в различной степени отличается от температуры, измеренной в будке в тот же момент.

Таблица 2.5

Средняя месячная и годовая температура воздуха.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город												

Таблица 2.6

Средняя минимальная температура воздуха.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город												

2.2.2. Температура почвы

Наблюдение за тепловым состоянием почвы производится от поверхности до глубины 3,2 м.

Средняя месячная максимальная и минимальная температура поверхности почвы

Температура поверхности почвы измеряется жидкостными термометрами: ртутными (срочные и максимальные) и спиртовыми (минимальные).

Таблица 2.7

Средняя месячная максимальная и минимальная температура поверхности почвы.

Температура поверхности почвы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город													
Средн.													
Сред. Мах													
Сред. Мин													

Таблица 2.8

Глубина промерзания почвы (см)

№ Станции	Станция	XI	XII	I	II	III	Из максимальных за зиму		
							Средняя	Наименьшая	Наибольшая

4.3. Ветер

4.3.1. Ветер

Ветровой режим в умеренных широтах СССР формируется под влиянием основных климатических центров действия атмосферы (циклонов и антициклонов), стационарирующих над Северной Атлантикой и над континентом Евразии.

Географическое распределение различных направлений ветра и его скоростей определяется сезонным режимом барических образований. Зимой под влиянием западного отрога азиатского антициклона наблюдается увеличение южных и юго-западных ветров.

Летом режим ветра над территорией Уральского УГМС связан преимущественно с воздействием отрога азорского антициклона. Распределение повторяемости направлений ветра в этот период имеет очень сложный характер. Преобладающими направлениями ветра являются северное, северо-западное и западное, но процент их от числа ветров всех направлений невелик (15—25% случаев). Летом нередко отмечается по два преобладающих направления, либо с севера

и северо-запада, либо с севера и запада.

В целом за год на большей части территории преобладают ветры юго-западного направления, но из-за сложности рельефа и почти меридионального (вдоль 60° в. д.) расположения Уральского хребта нередко преобладающим направлением в отдельных районах является южное или западное.

Средние многолетние значения скорости ветра являются хорошими сравнительными характеристиками. Несмотря на сложность и разнообразие рельефа на территории прослеживается в определенных физико-географических условиях характерная именно для этих условий повторяемость скоростей ветра. Для большей части территории характерны слабые и умеренные ветры (от 0 до 5 м/сек). Повторяемость скоростей ветра 0—5 м/сек составляет 75—90% случаев, причем слабые ветры (0—1 м/сек) составляют 20—35% случаев, а в долинах, расположенных между холмами, слабые ветры составляют 40% случаев. По характеру кривых повторяемостей выделяются группы станций в зависимости от степени защищенности (открытые, полузащищенные и защищенные), а также станции, ветровой режим которых определяется особенностями рельефа местности.

Наибольшая повторяемость слабых и умеренных ветров (до 5 м/сек) приходится на летние месяцы, а скоростей ветра 6—10 м/сек — на холодное время года или переходные сезоны. Скорости ветра >10 м/сек наблюдаются сравнительно редко, и повторяемость большей частью составляет менее 8%.

Таблица 4.9
Средняя месячная и годовая скорость ветра(м/сек).

№ станции	Станция	Высота флюгера (м)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

Таблица 4.10
Повторяемость направления ветра и штилей (%).

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Город									
I									
II									
III									
IV									
V									
VI									
VII									
VIII									
IX									
X									
XI									
XII									
Год									

Примечание: 1. Повторяемость ветра вычислена в процентах от числа случаев ветра. 2. Повторяемость штилей приводится в процентах от общего числа случаев наблюдений.

4.4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров

4.4.1. Влажность воздуха

Влажность воздуха имеет большое значение для многих отраслей народного хозяйства: для сельского хозяйства, различных отраслей промышленности.

Водяной пар является неустойчивой составной частью атмосферы. Содержание его сильно меняется в зависимости от физико-географических условий местности, времени года и циркуляционных особенностей атмосферы, состояния поверхности почвы и т. п. О влажности воздуха можно судить по величине упругости водяного пара, относительной влажности и недостатку насыщения воздуха водяным паром.

Величина упругости водяного пара характеризует влагосодержание воздуха и подвержена значительным изменениям вследствие большой неоднородности рельефа территории, изменения характера и состояния подстилающей поверхности.

Годовой ход упругости водяного пара очень сходен с годовым ходом температуры воздуха. По этой причине упругость водяного пара в общем увеличивается с севера на юг (зональное распределение) почти в течение года, следуя распределению температуры воздуха. Исключение составляют горные районы, где широтные зоны смещаются на юг.

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром, имеет также своеобразное распределение. Влияние циркуляционных особенностей, а также формы рельефа, близости водоемов, лесных массивов, заболоченных почв и т. д. сказывается на величине изменения относительной влажности наиболее отчетливо. В годовом ходе распределение относительной влажности воздуха наибольший интерес представляет в дневное время, когда наблюдается относительная влажность, близкая к минимуму и наиболее интенсивное испарение. В ночные часы относительная влажность обычно высока в течение всего года.

Таблица 4.11

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха (№).

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

Величина недостатка насыщения воздуха водяным паром распределяется в годовом ходе от тех же причин, что и относительная влажность. В соответствии с высокой относительной влажностью воздуха и низкими температурами минимальным недостаток насыщения воздуха водяным паром оказывается в ноябре - январе, когда средняя величина его не превышает 0,5 мб. Максимальные значения недостатка насыщения наблюдается в июне. Средняя величина его в горных районах составляет 6 - 7 мб, а на прилегающих равнинах - 8 - 10 мб, увеличиваясь с севера на юг. Значительный недостаток насыщения отмечается в июле, августе. С сентября с увеличением относительной влажности и понижением температуры воздуха недостаток насыщения уменьшается.

Таблица 4.12

Средний месячный и годовой дефицит насыщения (гПа).

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

4.4.2. Атмосферные осадки

Количество и распределение осадков в течение всего года определяется циклонической деятельностью атмосферы и особенностями рельефа рассматриваемой территории. Меридиональная направленность Уральских гор обуславливает увеличение осадков на западных наветренных склонах и уменьшает их на восточных подветренных.

По степени увлажнения горная часть территории и склоны гор, особенно западная, относятся к зоне избыточного увлажнения. Районы, примыкающие непосредственно к склонам гор, относятся к зоне достаточного увлажнения.

Таблица 4.13

Среднее количество осадков, приведенных к показателям осадкомера (мм).

№ Станции	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

Годовые суммы осадков состоят из твердых, смешанных и жидких. В среднем на долю твердых осадков на рассматриваемой территории приходится 20 - 35 %, на долю жидких - 50 - 75 % и на долю смешанных (мокрый снег, снег с дождем и т.д.) - 10 - 15 % от годовой суммы. Длительность периода с тем или иным видом осадков на территории изменяется сравнительно мало, т.к. вид осадков в основном зависит от общеклиматических факторов.

*Таблица 4.14
Твердые (т), жидкие (ж) и смешанные (с) осадки в процентах от общего количества.*

Вид осадков	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город													
Т													
Ж													
Т													

Годовой ход осадков по всей территории имеет общие черты, свойственные континентальному климату: основное количество осадков выпадает в теплое время года, причем переход от малых зимних осадков к значительным совершается в большинстве районов быстро особенно в Зауралье.

4.4.3. Снежный покров

Зима в пределах рассматриваемой территории - самый продолжительный из всех сезонов года. Из общего количества осадков, выпадающих за год, 20—35% составляют твердые осадки, содержащие основное количество запасов воды. Именно снежный покров создает основной источник для весеннего питания рек. Снежный покров является одним из важнейших факторов, влияющих на формирование климата.

Все физико-географические процессы зимой, в том числе и температурный режим, промерзание почвы, условия перезимовки озимых культур, накопление влаги в почве и т. д., зависят как от высоты, так и от характера залегания снежного покрова.

Характер залегания снежного покрова в сильной степени зависит от скорости ветра и условий открытости или защищенности места.

*Таблица 4.15
Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке (см).*

Участок	IX			X		XI			XII			
	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Город												
В поле												

Продолжение таблицы.

I			II			III			IV		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Город											

Продолжение таблицы.

V		VI		Наибольшая за зиму		
1	2	1	Среднее		Максимальное	Минимальное
Город						

Таблица 4.16

Плотность снежного покрова по снегосъемкам на последний день декады (кг/м³).

Участок	IX		X			XI			XII			I		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Город														
В поле														

Продолжение таблицы.

II			III			IV			V		Средняя при наибольшей декадной высоте
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Город											

4.5. Облачности и атмосферных явлений

Режим облачности и атмосферных явлений (туманы, метели, грозы, град) на рассматриваемой территории в основном обуславливаются особенностями циркуляции атмосферы в отдельные сезоны и влияние рельефа.

Рассматриваемая территория отчетливо подразделяется на зоны с различной степенью увлажнения. Такое разнообразие природных ландшафтов при значительной неоднородности рельефа приводит к большому разнообразию в распределении по территории облачности и атмосферных явлений.

4.5.1. Облачность

Средний многолетний режим облачности под влиянием циркуляционных процессов, определяющих преобладающее направление воздушных масс и их влагосодержание, а также под влиянием воздействия подстилающих поверхностей.

Под влиянием изменения притока солнечной радиации и характера подстилающих поверхности меняются процессы по сезонам, в соответствии с которыми изменяется количество облачности и форма облаков.

В осенние месяцы и в первую половину зимы, когда наиболее развит циклонический тип погоды, сплошная облачность покрывает весь район. В пониженной части Среднего Урала общая облачность уменьшается до 80%. В предгорьях и горных районах облачность заметно возрастает, причем в теплое время больше сказывается влияние высоты места, чем формы рельефа. В Зауралье в течение года наблюдается небольшое число случаев низкой облачности (около 7%), а в январе и феврале не отмечено ни одного случая с такой облачностью.

Образование низкой облачности в сложных орографических условиях в значительной степени зависит от направления ветра.

Таблица 4.17.

Число ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности.

Число дней	Облачность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
		Город												
Ясная	Общая													
	Нижняя													
Пасмурная	Общая													
	Нижняя													

Таблица 4.18.

Повторяемость ясного (0-2), полужасного (3-7) и пасмурного (8-10) состояния неба по общей и нижней облачности (%).

Облачность, баллы (от-до)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Город												
Общая												
0-2												
3-7												
8-10												
Нижняя												
0-2												
3-7												
8-10												

4.5.2. Атмосферные явления

4.5.2.1. Туманы

Распределение туманов на рассматриваемой территории отличается значительной пестротой. Это объясняется большим разнообразием как физико-географических условий территории, так и особенностями атмосферной циркуляции.

Основной причиной образования туманов является выхолаживание воздуха от подстилающей поверхности, обусловленное эффективным излучением. Таким образом, в результате охлаждения земной поверхности путем излучения, а также в следствии континентального климата, на всей территории в основном преобладает радиационный туман.

В условиях крупного города зимой образуется много радиационных туманов. Максимум

числа дней с туманом приходится на январь. Оп связан с тем, что в холодный период при сильных морозах промышленные дымы, копоть играет роль ядер конденсации и при дополнительном поступлении водяного пара существенно способствуют возникновению тумана.

Зимой продолжительность туманов обычно больше, чем летом.

Таблица 4.19.

Среднее число дней с туманом.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	Год
Город														

Таблица 4.20.

Наибольшее число дней с туманом.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Период		Год
												X-III	IV-IX	
Город														

4.5.2.2. Метели

На рассматриваемой территории в зимний период, когда происходит усиление циклонической деятельности, метели - обычное явление. В зависимости от физико-географических и циркуляционных условий и общей защищенности местности в одних районах повторяемость и интенсивность больше, в других повторяемость их меньше и они слабее.

Основная роль в синоптических процессах, вызывающих метели, принадлежит циклонам. При прохождении циклонов усиливается ветер, при котором возникают метели. Они могут возникать при циклонах различного происхождения, но чаще всего бывают связаны с прохождением южных и западных циклонов, которые вызывают кратковременное повышение температуры воздуха, усиление ветра и сильные метели. Особенно сильное развитие метелей происходит при приближении циклона к усиливающемуся антициклону, когда значительно увеличиваются горизонтальные барические градиенты и возрастает скорость ветра. Образование больших барических градиентов впереди циклона обычно приводит к расширению зоны метелей, так как при усилении ветра поземки и низовые метели начинаются еще задолго до прохождения теплого фронта.

Продолжительность метелей, как и число дней с метелью, оказывается наибольшей на открытых склонах, возвышенностях и вершинах гор.

Поземки чаще наблюдаются в области антициклона. Они обычно отмечаются при более низких температурах, когда снег сухой. В этих случаях достаточно небольшого усиления ветра, чтобы возникла поземная метель.

Среднее число дней с поземком меняется в зависимости как от формы рельефа, состояния снежного покрова, так и от общей защищенности местности. Больше всего поземков бывает в степной части территории и на открытых возвышенных местах (более 15 дней в год).

Зимой в условиях преобладания западного отрога азиатского антициклона наблюдается увеличение в Зауралье - юго-западных и западных ветров, при которых чаще всего наблюдаются метели. Очень редко метели отмечаются при северных ветрах.

Скорость ветра при метелях еще в большей степени, чем направление зависит от физико-географических условий и общей защищенности местности. Метели наблюдаются как при малых, так и при больших скоростях ветра.

*Таблица 4.21.
Среднее число дней с метелью.*

IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	Год
Город										

Таблица 4.22.

Среднее число дней с поземкой.

IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	Год
Город									

4.5.2.3. Грозы

Образование гроз связано с прохождением холодных фронтов, с процессами конвенции и мощными восходящими потоками в атмосфере.

Термические внутримассовые грозы бывают редко. Возникновение гроз тесно связано с условиями орографии.

Наиболее часто грозы возникают при наличии малоподвижного арктического антициклона над районом среднего Урала. Эти грозы образуются как при прохождении фронта, так и внутри воздушной массы.

На рассматриваем территории грозы наблюдаются преимущественно с апреля по сентябрь.

Таблица 4.23.

Среднее число дней с грозой.

III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Город								

Таблица 4.24.

Средняя продолжительность гроз (часы).

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год	В день с грозой
Город								

4.5.2.4. Град

Град наблюдается преимущественно в теплый период. Обычно он выпадает пятнами. Редко град выпадает полосами, протяженностью в несколько километров и шириной до 1-1.5 км. Выпадение града обычно сопровождается ливневыми осадками, грозами, иногда шквалистым ветром. Град во время грозы чаще всего выпадает при вторжениях холодных масс воздуха и бывает нередко крупных размеров.

Выпадение града связано с прохождением областей пониженного давления, неустойчивостью воздушных масс и местными орографическими факторами. На увеличение или уменьшение числа случаев выпадения града большое влияние оказывают возвышенности и горы, а также крупные водоемы, лесные массивы. В равнинных условиях даже небольшие возвышенности влияют на увеличение числа случаев выпадения града.

Таблица 4.25.

Среднее число дней с градом.

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Город							

Практико-ориентированное задание №3 Расчет основных среднегодовых гидрологических характеристик стока реки. Построение профиля реки.

Цель работы: Провести расчет основных среднегодовых гидрологических характеристик стока реки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ

Задание 1. По данным таблицы 1 определите основные среднегодовые гидрологические характеристики стока рек.

Таблица 1.

Среднемесячные расходы воды рек (Q).

№ варианта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	18.6	15.3	11.4	18.0	28.2	50.0	34.3	19.2	17.0	16.0	16.2	13.0
2	19.3	16.0	12.1	18.7	28.9	50.7	35.0	19.9	17.7	16.7	16.9	13.7
3	20.0	16.7	12.8	19.4	29.6	51.4	35.7	20.6	18.4	17.4	17.6	14.4
4	18.3	15.0	11.1	17.7	27.9	49.7	34.0	18.9	16.7	15.7	15.9	12.7
5	19.0	15.7	11.8	18.4	28.6	50.4	34.7	19.6	17.4	16.4	16.6	13.4
6	19.7	16.4	12.5	19.1	29.3	51.1	35.4	20.3	18.1	17.1	17.3	14.1
7	19.5	16.2	12.3	18.9	29.1	50.9	35.2	20.1	17.9	16.9	17.1	13.9
8	20.2	16.9	13.0	19.6	29.8	51.6	35.9	20.8	18.6	17.6	17.8	14.6
9	18.1	14.8	10.9	17.5	27.7	49.5	33.8	18.7	16.5	15.5	15.7	12.5
10	18.8	15.5	11.6	18.2	28.4	50.2	34.5	19.4	17.2	16.2	16.4	13.2
$X = 685 \text{ мм}$						$F = 5000 \text{ км}^2$						

Ход решения:

Для количественной оценки стока рек применяются следующие характеристики:

1. **Расход воды (Q), $\text{м}^3/\text{с}$** – количество воды, проходящее через поперечное сечение реки за 1 секунду. Расход воды равен произведению площади водного сечения реки на среднюю для этого сечения скорость течения.

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_{I-XII}}{12} \quad (1)$$

2. **Объем стока (W), м^3 или км^3** – количество воды, проносимое рекой через ее поперечное сечение за промежуток времени T суток.

$$W = 86400 \cdot \bar{Q}T \text{ [м}^3\text{]} = 8,64 \cdot 10^{-5} \bar{Q}T \text{ [км}^3\text{]} \quad (2)$$

где Q – средний расход воды за время T суток, $\text{м}^3/\text{с}$;
86400 – количество секунд в 1 сутках.

3. Модуль стока (M) л/(с·км²) — количество воды, стекающей с единицы площади в единицу времени.

$$M = 10^3 \cdot \frac{Q}{F} \quad (3)$$

где F - водосборная площадь в км².

4. Слой стока (Y), мм – количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади этого водосбора.

$$Y = \frac{86.4 \cdot QT}{F} \quad (4)$$

Слой стока за год в миллиметрах:

$$Y = 31.54 M \quad (5)$$

5. Коэффициент стока (k) - отношение слоя стока к слою выпавших на площадь водосборного бассейна осадков, обуславливающих формирование данной величины стока.

$$k = \frac{Y}{X} \quad (6)$$

где X – слой выпавших на площадь водосборного бассейна осадков, мм.
Коэффициент стока - величина безразмерная, изменяется от 0 до 1.

Задание 2. По данным таблицы 2 определите основные характеристики поперечного профиля рек. Постройте профиль реки на миллиметровой бумаге (вертикальный и горизонтальный масштаб выбрать самостоятельно).

К основным характеристикам поперечного профиля реки относятся (рис. 1):

1. Ширина потока (B , м) - кратчайшее расстояние между урезами воды на берегах:

$$B_{\text{общ}} = L_{\text{УПБ}} - L_{\text{УЛБ}} = \sum b_i; \quad b_1 = l_1 - L_{\text{УЛБ}}; \quad b_2 = l_2 - l_1 \quad (7)$$

Таблица 2.

Характеристики поперечного профиля рек

вариант	показатель	номер промерной вертикали												
		УЛБ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	УПБ
1	расстояние от ПН, м	11	12.2	12.6	13.0	13.8	15.0	15.5	16.3	17.0	17.5	17.8	18.6	19
	глубина, м	0	0.10	0.21	0.32	0.54	0.60	0.84	1.00	0.90	1.00	1.20	0.9	0
2	расстояние от ПН, м	11.7	12.9	13.3	13.7	14.5	15.7	16.2	17.0	17.7	18.2	18.5	19.3	19.7
	глубина, м	0	0.30	0.41	0.52	0.74	0.80	1.04	1.20	1.10	1.20	1.40	1.10	0
3	расстояние от ПН, м	12.4	13.6	14.0	14.4	15.2	16.4	16.9	17.7	18.4	18.9	19.2	20	20.4
	глубина, м	0	0.25	0.36	0.47	0.69	0.75	0.99	1.15	1.05	1.15	1.35	1.05	0
4	расстояние от ПН, м	13.1	14.3	14.7	15.1	15.9	17.1	17.6	18.4	19.1	19.6	19.9	20.7	21.1
	глубина, м	0	0.45	0.56	0.67	0.89	0.95	1.19	1.35	1.25	1.35	1.55	1.25	0
5	расстояние от ПН, м	10.7	11.9	12.3	12.7	13.5	14.7	15.2	16.0	16.7	17.2	17.5	18.3	18.7
	глубина, м	0	0.35	0.46	0.57	0.79	0.85	1.09	1.25	1.15	1.25	1.45	1.15	0
6	расстояние от ПН, м	11.4	12.6	13.0	13.4	14.2	15.4	15.9	16.7	17.4	17.9	18.2	19.0	19.4
	глубина, м	0	0.55	0.66	0.77	0.99	1.05	1.29	1.45	1.35	1.45	1.65	1.35	0
7	расстояние от ПН, м	12.1	13.3	13.7	14.1	14.9	16.1	16.6	17.4	18.1	18.6	18.9	19.7	20.1
	глубина, м	0	0.17	0.28	0.39	0.61	0.67	0.91	1.07	0.97	1.07	1.27	0.97	0
8	расстояние от ПН, м	12.0	13.2	13.6	14.0	14.8	16.0	16.5	17.3	18	18.5	18.8	19.6	20
	глубина, м	0	0.12	0.23	0.34	0.56	0.62	0.86	1.02	0.92	1.02	1.22	0.92	0
9	расстояние от ПН, м	12.7	13.9	14.3	14.7	15.5	16.7	17.2	18.0	18.7	19.2	19.5	20.3	20.7
	глубина, м	0	0.60	0.71	0.82	1.04	1.10	1.34	1.50	1.40	0.70	0.90	0.60	0
10	расстояние от ПН, м	13.4	14.6	15.0	15.4	16.2	17.4	17.9	18.7	19.4	19.9	20.2	21.0	21.4
	глубина, м	0	0.15	0.26	0.37	0.59	0.65	0.89	1.05	0.95	1.05	1.25	0.95	0

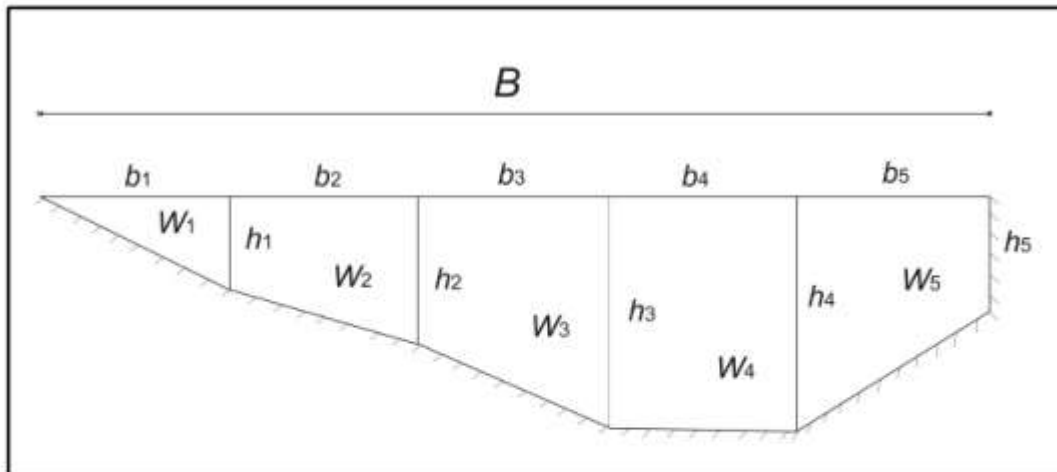


Рис. 1. Схема поперечного профиля реки

2. Площадь водного сечения потока (W , м²) - сечение русла реки вертикальной плоскостью перпендикулярной направлению течения:

$$W_1 = \frac{1}{2}(b_1 \cdot h_1); W_2 = \frac{h_1+h_2}{2} \cdot b_2; W_{\text{общ}} = \sum W_i \quad (8)$$

3. Смоченный периметр (P , м) – длина линии дна между урезами воды на поперечном профиле речного русла, для крупных рек $P \approx B$. Рассчитывается по схеме поперечного профиля реки. Приближенно можно вычислить по формулам:

$$P_1 = \sqrt{b_1^2 + h_1^2}; P_2 = \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2}; P_{\text{общ}} = \sum P_i \quad (9)$$

4. Гидравлический радиус (R , м) – отношение площади водного сечения к смоченному периметру:

$$R_1 = \frac{W_{\text{общ}}}{P_{\text{общ}}} \quad (10)$$

5. Средняя глубина потока ($h_{\text{ср}}$, м) – отношение площади водного сечения к ширине реки:

$$h_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{общ}}}{B_{\text{общ}}} \quad (11)$$

Используемая литература:

- Королькова, С. В. Учение о гидросфере : учебно-методическое пособие / С. В. Королькова, С. А. Панихидников. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2020. — 43 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180023>

Практико-ориентированное задание №4. Ознакомление с принципами работы и методикой отбора пробоотборных устройств ПУ- 4Э, газоанализатор «Элан», меховой аспиратор АМ- 5Е. Техника безопасности при проведении отбора проб.

Цель работы: Ознакомить с принципами работы и методикой отбора используемых приборов применяемых при экологическом контроле окружающей среды. Ознакомить с правилами техники безопасности при проведении отбора проб.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Используемая литература:

- РД 34.03.278-93 ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ ЛАБОРАНТА ПО АНАЛИЗУ ГАЗОВ И ПЫЛИ.

- Приказ Госкомэкологии РФ от 16 марта 1999 г. № 103 "Об утверждении "Методических указаний по охране труда при осуществлении контроля загрязнения атмосферного воздуха для системы Госкомэкологии России"

- Руководство по эксплуатации применяемых приборов.

Практико-ориентированное задание №5. Отбор проб атмосферного воздуха на взвешенные вещества; NO_x; CO; SO₂ газоанализатором «Элан» в контрольной точке. Оформление результатов измерения в отчет.

Цель работы: Освоить методику проведения экологического контроля на границе санитарно-защитной зоны.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Используемая литература:

- РД 52.04.186-89 РУКОВОДСТВО ПО КОНТРОЛЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ.

- Руководство по эксплуатации применяемых приборов.

Практико-ориентированное задание №6. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях"

Цель работы: Ознакомление с методикой проведения замеров уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Используемая литература:

- Методические указания МУК 4.3.3722-21 "Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях"
- Руководство по эксплуатации применяемых приборов.

Литература для определения первичных показателей опасности компонентов отхода

1. ПДКп (ОДК), мг/кг (Предельно-допустимая концентрация вещества в почве)

- ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
- Методика исчисления размера ущерба, вызываемого захламлением, М. 1999, №801
- Методические указания по оценке класса токсичности промтоходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест, М., 1999 г.
- Перечень ПДК и ОДК химических веществ в почве ГН 6229-91
- ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения
- САНпин 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы
- ГН 1.2.3111-13. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах ОС (перечень)

2. Класс опасности в почве

- ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения
- МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест, М., 1999 г.
- САНпин 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы
- Методика исчисления размера ущерба, вызываемого захламлением, М. 1999, №801
- Перечень ПДК и ОДК химических веществ в почве ГН 6229-91
- Рабинович. В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник, 3-е изд., СПб, Химия, 1991 г.

3. ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л Предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ориентировочно-допустимый уровень, ориентировочно безопасный уровень воздействия)

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- ГН 2.1.5.2307-07. ОДУ химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Методические указания по оценке класса токсичности промтоходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.

4. Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- ГН 2.1.5.2307-07. ОДУ химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

5. ПДК р.х. (ОБУВ), мг/л (Предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения)

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.
- Росрыболовство №20 18-01-2010. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

6. Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- Росрыболовство №20 18-01-2010. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

7. ПДК с.с. (ПДКм.р., ОБУВ), мг/м³ (Предельно-допустимая концентрация вещества среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест)

- ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.1.6.2309-07. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- ГН 2.2.5.2308-07. ОБУВ вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух, СПб, 2010 г., 2012 г.
- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.

8. Класс опасности в атмосферном воздухе

- ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух, СПб, 2010 г., 2012 г.

9. ПДКпп (МДУ, МДС), мг/кг (Предельно-допустимая концентрация вещества (максимально допустимый уровень, максимально допустимое содержание))

- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А.Филова (2 тома)
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов
- ГН 1.2.3111-13. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах ОС (перечень)
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде. Справочник, Л., Химия, 1985 г.
- ГН 2.3.3.972-00. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами
- МРПТХВ Дибром №66
- МРПТХВ Кадмий №69
- МРПТХВ 2,4-Д, №70
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.
- Экологические аспекты экспертизы изобретений. Справочник, ч.1., М. 1989 г.

10. Lg(S, мг/л/ПДКв, мг.л)З (Логарифм растворимости компонента отхода (вещества) в воде при 20 С)

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХИБВ 1997-1998

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- ГН 2.1.5.2307-07. ОДУ химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарорганических соединений. СПб, 2002 г.
- Краткая химическая энциклопедия т. 1-5. Под ред. И.Л. Кнунянца, М., «Советская энциклопедия», 1961-1967 гг.
- Справочник химика, том 2. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1971 г.
- Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Л., Химия, 1981 г.

11. Lg(Снас,мг/м3/ПДКр.з) (Логарифм насыщающей концентрации вещества в воздухе при 20 С и нормальном давлении)

- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Краткая химическая энциклопедия т. 1-5. Под ред. И.Л. Кнунянца М., «Советская энциклопедия», 1961-1967 гг.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Н.Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей
- Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарорганических соединений. СПб, 2002 г.
- Справочник. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения, ред. А. Н. Баратова, М., 1990 г.
- Справочник химика, том 1. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1966 г.
- Справочник химика, том 2. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1971 г.
- А.Н. Несмеянов «Давление пара химических элементов», М., 1991 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.
- Термодинамические свойства индивидуальных веществ, ред. В.П. Глушко. Справочник, т.2, М., 1979 г.

12. Lg(Снас,мг/м3/ПДКс.с.или ПДКм.р.) (Логарифм насыщающей концентрации вещества в воздухе при 20 С и нормальном давлении или предельно-допустимой концентрации)

- ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.1.6.2309-07. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Краткая химическая энциклопедия т. 1-5. Под ред. И.Л. Кнунянца М. «Советская энциклопедия» 1961-1967 гг.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Н.Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей
- Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарорганических соединений. СПб, 2002 г.
- Справочник. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения, ред. А. Н. Баратова, М., 1990 г.
- Справочник химика, том 1. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1966 г.
- Справочник химика, том 2. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1971 г.
- А.Н. Несмеянов «Давление пара химических элементов», М., 1991 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.

- Термодинамические свойства индивидуальных веществ, ред. В.П. Глушко. Справочник, т.2, М., 1979 г.

13. Ig Kow(октанол/вода) (Логарифм коэффициента распределения в системе октанол/вода при 20 С)

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998

- МРПТХВ Аналин №53 М 1984

14. LD50,мг/кг (Средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях)

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998

- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977

- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.

- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.

- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)

- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.

- Г.П.Беспамятнов, Ю.А.Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.

- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу л. 1988.

- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.

- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.

- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.

- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.

- Методические указания по оценке класса токсичности промтоходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.

- МРПТХВ aldrin and dieldrin № 129

- МРПТХВ Анилин № 53 м. 1984

- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983

- МРПТХВ Ванадий и его соединения № 67 м. 1984

- МРПТХВ Кадмий №69

- МРПТХВ Кальций и его соединения №98

- МРПТХВ Кобальт и его соединения № 100. М .1986

- МРПТХВ Медь и ее неорганические соединения №120

- МРПТХВ Нитробензол №51

- МРПТХВ Нитрозамины №47

- МРПТХВ Пентахлорфенол №75 м. 1984.

- МРПТХВ 2,4-Д №70

- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.

- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.

15. LC50,мг/м3 (Средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях)

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998
- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977
- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Методические указания по оценке класса токсичности промучходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- МРПТХВ aldrin and dieldrin № 129
- МРПТХВ Ацетальдегид № 111, м, 1989 г.
- МРПТХВ Бензол №90 м . 1995,
- МРПТХВ Ванадий и его соединения № 67 м. 1984
- МРПТХВ Нитробензол №51
- МРПТХВ Нитрозамины №47
- МРПТХВ Пентахлорфенол №75 м. 1984.
- МРПТХВ Тетраэтилсвинец №121
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

16. LC50водн., мг/л/96ч (Средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при поступлении через воду в унифицированных условиях)

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998
- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Методические указания по оценке класса токсичности промучходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983
- МРПТХВ Кобальт и его соединения № 100. М .1986
- МРПТХВ 2,4-Д №70
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

17. БД= БПК5/ХПК*100% (Биологическая диссимилиация)

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998
- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.

18. Персистентность (трансформация в ОПС)

- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.
- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983
- МРПТХВ Базудин № 65 м. 1984
- МРПТХВ Бенз(а)а\пирен №43 м. 1983
- МРПТХВ Бензол №90 м. 1085
- МРПТХВ Дибром №66
- МРПТХВ Капролактам №35
- МРПТХВ Стирол №49
- МРПТХВ 2,4-Д №70
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

19. Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)

- Вредные химические вещества: Справочник в 11 т. / Под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1988–1994.
- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977
- Экологическая токсикология. Н.В.Иваненко. Учебное пособие. Владивосток. Изд. ВГУЭС, 2006 г.
- Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах. 3 части, ред. Васильева О.Ф., Новосибирск, 1989 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1988 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.

- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.
- МРПТХВ aldrin and dieldrin № 129
- МРПТХВ Алюминий и его соединения № 127
- МРПТХВ Анилин № 53 м. 1984
- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983
- МРПТХВ Ацетальдегид №111 м. 1989 г.
- МРПТХВ Базудин № \65 м. 1984
- МРПТХВ Бенз(а)\пирен №43 м. 1983
- МРПТХВ Бензол №90 м. 1085
- МРПТХВ Ванадий и его соединения № 67 м. 1984
- МРПТХВ Дибром №66
- МРПТХВ Кадмий №69
- МРПТХВ Капролактам №35
- МРПТХВ Кобальт и его соединения № 100. М .1986
- МРПТХВ Ксилол №52
- МРПТХВ Никель и его соединения №58 м. 1984
- МРПТХВ Нитрозамины №47
- МРПТХВ Стирол №49
- МРПТХВ Судьма и ее соединения №71
- МРПТХВ Пентахлорфенол №75 м. 1984.
- МРПТХВ 2,4-Д №70
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студент допущенный до практическим занятиям по контролю загрязнения атмосферного воздуха, должен пройти инструктаж по технике безопасности проводимых работ.

Проводятся следующие виды инструктажа по безопасности труда:

Общий инструктаж - проводят с началом проведения практических работ. Инструктаж содержит общие требования техники безопасности при нахождении в учебной лаборатории и работы с электрическими приборами, стеклянной посудой и др.

Целевой инструктаж проводят при выполнении работ определенных практическом задании. Инструктаж содержит требования техники безопасности с тем оборудованием которое используется на данной практической работе.

О проведении всех видов инструктажа преподаватель делает запись в журнале регистрации инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА И ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

3.2. Необходимо знать и соблюдать межотраслевые инструкции и правила, где изложены основные требования техники безопасности работ, связанных с электрическими установками, сосудами, находящимися под давлением, химическими веществами.

3.4. Работы по контролю атмосферного воздуха проводятся по путевке, согласованной с руководством обследуемого предприятия.

Запрещается проводить обследование объектов без сопровождения должностного лица предприятия, специально назначенного для этого распоряжением руководства обследуемого предприятия.

3.5. Перед началом работ следует ознакомиться с правилами внутреннего трудового распорядка предприятия, с инструкцией по технике безопасности для обследуемого предприятия, правилами эксплуатации технологического оборудования, с перечнем вредных веществ данного технологического цикла.

3.7. Перед началом работы необходимо ознакомиться с характером предстоящего обследования, состоянием рабочего места и подходов к нему, а также изучить правила пользования предохранительными приспособлениями.

3.12. Подниматься (спускаться) на площадку (крышу) следует осторожно и медленно.

3.14. При проведении работ по осуществлению контроля загрязнения атмосферного воздуха работник должен

быть в аккуратно подогнанной спецодежде (отсутствие развевающихся концов одежды, концов пояса, обуви на низком каблуке) в соответствии с климатическими условиями.

3.25. Запрещается самостоятельно включать или выключать какое-либо оборудование, открывать или закрывать люки, дверцы, монтажные проемы и т.п.

3.26. Подключение электроприборов производить только с ведома и разрешения должностного лица предприятия.

4. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТБОРЕ ПРОБ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ И АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

4.3. Запрещается производить отбор проб без представителя предприятия.

4.5. В зависимости от целей исследования следует заранее определить место отбора проб

и их количество.

4.9. При складывании инструментов, аппаратуры на рабочей площадке следует принять меры против их падения (скольжения, сдувания ветром, проскакивания сквозь щели в настиле и т.д.). При этом также не следует

загромождать рабочие места, проходы, выходы деталями оборудования, материалами и другими посторонними предметами, чтобы сохранить возможность быстрой эвакуации в аварийных ситуациях.

4.13. При эксплуатации приборов и аппаратов необходимо строго руководствоваться правилами,

изложенными в техническом паспорте. Перед началом работ с электрифицированным оборудованием необходимо

проверить его исправность и целостность изоляции.

При проведении контрольных замеров запрещается использовать приборы, оборудование и инвентарь, не

соответствующие нормам и правилам безопасности.

4.15. Запрещается работать с незаземленным электроаспиратором, а также при включенном

электроаспираторе производить ремонт, снимать и устанавливать фильтры, включать электроаспиратор без

фильтра в фильтродержателе.

4.20. Отбор проб следует проводить в соответствии с методикой выполнения измерений концентраций

загрязняющих веществ в промышленных выбросах и атмосферном воздухе, соблюдая требования техники

безопасности проведения отбора проб, изложенные в каждой конкретной методике.

4.21. При выполнении анализов проб промышленных выбросов и атмосферного воздуха необходимо

соблюдать требования техники безопасности, предъявляемые к работе с химическими веществами и работе в

химической лаборатории в соответствии с действующими нормативными документами.

4.22. При замерах вблизи автомагистралей, железных дорог, стоянок автотранспорта, гаражей, на

перекрестках следует выбирать места для отбора, полностью исключая наезд автомобильного и

железнодорожного транспорта.

5.4. В действующем производстве запрещается проведение работ любого характера, включая даже внешний

осмотр газоочистной системы, без разрешения и допуска со стороны персонала, обслуживающего оборудование.

5.10. Запрещается самостоятельный осмотр внутренних частей аппаратов установок очистки газа без

привлечения и личного участия лица, ответственного за эксплуатацию этого аппарата.

6. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕРКАХ

ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

6.1. Проверка автомобилей на содержание токсичных веществ в отработавших газах осуществляется в

соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.2.03-87. "Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения

содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями.

6.2. На месте проведения контрольных измерений передвижных источников должны

находиться только те

работники, которые имеют непосредственное отношение к работе.

6.3. Технологический процесс по проверке автомобильных двигателей на токсичность и дымность должен отвечать общим требованиям безопасности труда в соответствии с действующими нормативными документами.

6.4. Для проверки содержания токсичности веществ и дымности в отработавших газах автомобилей и двигателей должны применяться приборы, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов.

6.5. При работе с газоанализаторами и дымомерами инспектора руководствуются специальными правилами техники безопасности, которые предусмотрены инструкциями по эксплуатации этих приборов. Запрещается производить техническое обслуживание прибора без отключения его от сети.

6.6. Все проверки проводятся только на неподвижно стоящем транспортном средстве. Для этого необходимо провести подготовительные операции, исключающие самопроизвольное движение транспорта: установить автомобиль, поставить рычаг переключения передач (избиратель скорости для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение, затормозить автомобиль стояночным тормозом, подложить упоры (башмаки) под колеса ведущих мостов.

6.9. В случае отсутствия рабочего места (поста) проведения измерений, выбор места для этих целей должен исключить возможность случайного наезда автомобилей на лиц, проводящих замеры. Водителей проверяемых автомобилей предупредить об отъезде с места проверки (или подъезде к нему) только по сигналу инспектора, проводящего замеры. Очередной автомобиль должен останавливаться для проведения измерений не ближе 2 м от автомобиля, находящегося на проверке.

7. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

7.5. При работе с химическими реактивами необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани, а с веществами, выделяющими ядовитую пыль или газы и пары, а также при работе с едкими жидкостями применяются резиновые фартуки, резиновые перчатки, респираторы, защитные очки, противогазы.

8. ПРАВИЛА ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ ОТ НЕСЧАСТНОГО СЛУЧАЯ

8.4. Первая помощь при порезах и небольших ранениях.

При порезах и ранениях рук или других частей тела необходимо осторожно снять грязь вокруг раны, очищая

e-ecolog.ru/docs

кожу от краев наружу, чтобы не загрязнять рану. Очищенный участок вокруг раны нужно смазать йодной

настойкой и наложить повязку, не прикасаясь к самой ране.

8.6. Первая помощь при ушибах, растяжении связок, переломах и вывихах.

При ушибе или растяжении связок нужно приложить холодные примочки, резиновый пузырь со льдом, снегом, холодной водой и т.п., затем наложить тугую повязку.

При переломах кости и вывихах необходимо в первую очередь обеспечить полную неподвижность поврежденной конечности. Для этого используются готовые шины, а также палка, доска, линейка, кусок фанеры.

При закрытых переломах не следует с пострадавшего снимать одежду - шину нужно накладывать поверх нее.

При открытых переломах осторожно снять одежду, а при необходимости разрезать по швам, вытянуть конечность, стараясь придать ей нормальное положение, наложить стерильную повязку. На место перелома накладывают шину, предварительно шину выстилают ватой, мхом, тряпкой и т.д. Шина должна быть такой длины, чтобы ею покрывались суставы, расположенные по обе стороны перелома. Поднимать и транспортировать пострадавшего можно только после наложения шины.

При вывихе кости в суставе перестают соприкасаться друг с другом полностью или частично, а сумка сустава обычно разрывается. Признаки вывиха: неподвижность и отечность сустава, изменение его конфигурации, боли при малейшем движении. Вывихнутой конечности надо придать такое положение, при котором пострадавший менее всего испытывает боль. В этом положении накладывают повязку для обеспечения неподвижности больной конечности. Полезно на поврежденный сустав положить холодный компресс и срочно отвезти в медпункт.

8.8. Первая помощь при химических ожогах.

При ожогах кислотами и щелочами пораженный участок кожи быстро промыть большим количеством воды, после чего на обожженное место наложить примочку: при ожогах кислотой - из 2% раствора соды, а при ожогах щелочью - из 1 - 2% раствора уксусной кислоты.

При попадании кусочков щелочных металлов, а также фосфора на кожу необходимо тампоном из ваты снять с кожи остатки этих веществ, а затем промыть пораженное место 5% раствором соды и перманганата калия.

При ожогах бромом его следует быстро снять с поверхности кожи несколькими порциями этилового спирта и затем смазать пораженное место мазью от ожогов.

При попадании в глаза брызг кислоты необходимо их промыть обильным количеством воды, а затем 3% раствором соды.

При попадании в глаза посторонних предметов (куски стекла, металлическая стружка и т.д.) удаление их должен проводить только медицинский работник.

8.9. Первая помощь при поражении электрическим током.

При поражении электрическим током нельзя прикасаться к пострадавшему до тех пор, пока он не освобожден от действия тока. Прежде всего необходимо выключить рубильник. Если быстро обесточить линию нельзя, следует надеть исправные резиновые перчатки и резиновые галоши,

затем руками взяться за одежду пострадавшего (если она сухая и не прилипает к телу пострадавшего),

например, за полы куртки, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела, не прикрытых одеждой, и с силой оторвать его от токоведущего проводника. e-ecolog.ru/docs

Оттаскивая пострадавшего за ноги, не следует касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих

рук, так как обувь и одежда могут быть мокрыми и проводить электрический ток. Если нет диэлектрических

перчаток, обмотать руки шарфом, надеть на руки суконную фуражку, опустить рукава куртки или пальто,

использовать прорезиненную или просто сухую материю.

При отсутствии резиновых перчаток и галош надо встать на сухую доску и осторожно оттолкнуть

пострадавшего от проводника тока сухой доской или другим сухим предметом, не проводящим электрический

ток. При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой.

При затруднении отделения пострадавшего от токоведущих частей перерубить провода топором с сухой

деревянной ручкой или другим соответствующим инструментом с деревянной ручкой.

Производить это следует

осторожно, в резиновых перчатках и галошах, не касаясь проводов, перерезая каждый провод в отдельности. До

прибытия врача пострадавшему обеспечивают полный покой.

На пораженное место накладывают примочки из спирта или из свежеприготовленного 4% водного раствора

марганцовокислого калия.

Если пострадавший потерял сознание, но дыхание сохранилось, его укладывают на ровную поверхность,

укрывают чем-нибудь теплым, расстегивают одежду, создают приток свежего воздуха.

Рекомендуется дать

пострадавшему нюхать нашатырный спирт, обрызгать лицо водой, растереть и согреть тело.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, то делают искусственное дыхание непрерывно до

прибытия врача.

8.12. Первая помощь при химических отравлениях.

Удалить пострадавшего из опасной зоны и обеспечить доступ свежего воздуха.

Освободить пострадавшего от

верхней одежды и укрыть чем-либо теплым, применить грелки. Вызвать скорую медицинскую помощь. До ее

прибытия оказать первую помощь в соответствии со сведениями, приведенными в

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
С.А.Упоров

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки

20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе среднего общего образования

год набора: 2024

Одобрена на заседании кафедры

Природообустройства и водопользования

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Мочалова Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

Автор: Гревцев Н.В., профессор, заведующий кафедрой, Самигуллин И.Т., преподаватель
СПО

ВВЕДЕНИЕ

Программа государственной итоговой аттестации (далее – ГИА) является частью основной профессиональной образовательной программы среднего профессионального образования (далее – ОПОП СПО, образовательная программа).

Программа ГИА составлена в соответствии с требованиями Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования, утвержденного приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 08.11.2021 № 800, на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее - ФГОС СПО) по специальности 20.02.01 «Экологическая безопасность природных комплексов», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 31 августа 2023 . № 790.

Государственная итоговая аттестация проводится на основе принципов объективности и независимости оценки качества подготовки обучающихся.

1 ЦЕЛИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Целью ГИА является установление соответствия результатов освоения студентами образовательной программы соответствующим требованиям ФГОС СПО. ГИА призвана способствовать систематизации, закреплению, расширению знаний и умений студента по специальности при решении конкретных профессиональных задач, определить уровень подготовки выпускника к самостоятельной работе.

ГИА является частью оценки качества освоения программы подготовки специалистов среднего звена (далее – ППССЗ) и является обязательной процедурой для выпускников, завершающих освоение ППССЗ.

В ходе ГИА проверяется сформированность следующих компетенций:

Профессиональных:

Экологический мониторинг окружающей среды:

ПК 1.1. Выбирать методы и средства для проведения экологического мониторинга окружающей среды;

ПК 1.2. Эксплуатировать средства наблюдения, приборы и оборудование для проведения экологического мониторинга окружающей среды;

ПК 1.3. Проводить экологический мониторинг окружающей среды;

ПК 1.4. Обрабатывать экологическую информацию, в том числе с использованием компьютерных технологий;

ПК 1.5. Давать экономическую оценку воздействия.

ПК 1.6. Составлять отчетную документацию о состоянии окружающей среды.

Производственный экологический контроль:

ПК 2.1. Выбирать методы, средства для проведения производственного экологического контроля в организациях;

ПК 2.2. Эксплуатировать приборы, оборудование для проведения производственного экологического контроля в организациях;

ПК 2.3. Проводить производственный экологический контроль в организациях;

ПК 2.4. Составлять документацию по результатам производственного экологического контроля;

ПК 2.5. Давать экономическую оценку воздействия производственной деятельности на окружающую среду.

Управление отходами:

ПК 3.1. Осуществлять сбор информации для расчета количественных показателей отходов;

ПК 3.2. Осуществлять организацию учета обращения с отходами;

ПК 3.3. Выполнять экономический расчет оплаты за отходы.

Общих:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

2 УСЛОВИЯ ДОПУСКА К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

К ГИА допускается студент, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план.

3 ТРУДОЁМКОСТЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Защита выпускной квалификационной работы - 216 часов;

в том числе:

демонстрационный экзамен – 36 часов;

дипломная работа/дипломный проект - 180 часов.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Формой ГИА по данной образовательной программе среднего профессионального образования в соответствии с ФГОС СПО является защита выпускной квалификационной работы (далее – ВКР).

ВКР выполняется в виде дипломной работы (дипломного проекта) и демонстрационного экзамена.

Примерная тематика выпускных квалификационных работ

№	Тема ВКР
1.	Разработка природоохранных мероприятий на месторождении хромитовых руд Жиженско - Шаромского участка
2.	Модернизация очистных сооружений, предназначенных для очистки сточных вод гальванического производства ОАО «МЗиК»
3.	Проект рационального использования месторождения подземных вод участка «Синегорский» Пригородного района Свердловской области
4.	Оценка влияния сбросных циркуляционных вод СУГРЭС на температурный режим Исетского водохранилища
5.	Мониторинг отходов производства и потребления ОАО «Уральский завод гражданской авиации»
6.	Оценка воздействия ООО ОПХ филиал «Патра» г. Екатеринбурга на окружающую среду
7.	Разработка мероприятий по защите атмосферы от выбросов на предприятии ОАО «Металлист»
8.	Проведение мероприятий по защите окружающей среды при добыче магнетита на Гаевском карьере
9.	Рациональное использование энергетических ресурсов с организацией уличного освещения г. Ревда
10.	Влияние БАЭС на окружающую среду и биологическая реабилитация водохранилища
11.	Мониторинг деятельности линейного производственного управления магистральных газопроводов – филиал ООО «Газпром Трансгаз Чайковский»
12.	Природообустройство территорий, нарушенных горными выработками

**Обязательное требование – соответствие тематики выпускной квалификационной работы содержанию одного или нескольких профессиональных модулей.*

Темы ВКР разработаны в соответствии с видами и задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС СПО.

5 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ¹

5.1 Цели и задачи выпускной квалификационной работы

ВКР является заключительной учебной деятельностью студента, в которой он самостоятельно принимает решения и затем публично их защищает. Поэтому в процессе вы-

¹ В данном случае под выпускной квалификационной работой понимается дипломный проект/дипломная работа

полнения ВКР выпускник должен проявить творческую активность, инициативу, самостоятельность и чувство ответственности за принятые решения, правильность всех вычислений и оформление ВКР в соответствии с требованиями.

Цель выполнения ВКР:

обобщение, систематизация, закрепление и расширение, проверка теоретических знаний и практических навыков по специальности и применение этих знаний при решении конкретных профессиональных задач;

развитие навыков ведения самостоятельной работы при решении разрабатываемых в ВКР проблем и вопросов;

выяснение подготовленности выпускника для самостоятельной работы по специальности.

выявление умения делать обобщения, выводы, разрабатывать практические рекомендации в исследуемой области.

Задачи ВКР:

самостоятельная работа студента;

обоснование актуальности, практической значимости работы;

закрепление и совершенствование компетенций при выполнении ВКР;

отражение современного уровня развития науки и производства.

При выполнении ВКР студент должен показать, опираясь на полученные знания, умения и полученные навыки:

сформированные компетенции;

способность самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности;

навыки постановки проблемы, ее самостоятельного обсуждения, анализа возможных вариантов ее решения;

способность грамотно излагать специальную информацию, аргументировать и защищать свою точку зрения;

умение самостоятельного квалифицированного библиографического поиска, изучения и анализа литературы по теме;

навыки использования методологических, историко-философских и конкретных знаний, полученных в процессе обучения, для решения поставленной в работе проблемы;

умение написания профессионально грамотного текста и оформления его в соответствии с требованиями, предъявляемыми к публикациям;

использование в работе современных технологий.

5.2 Общие требования к выпускной квалификационной работе

ВКР должна отвечать следующим требованиям:

- соответствовать разработанному заданию;
- быть актуальной (иметь теоретическое обоснование актуальности изучаемой проблемы в современных условиях хозяйственной деятельности);
- иметь новизну или практическую значимость;
- представлять самостоятельное исследование, демонстрирующее способность выпускника сопоставлять и оценивать различные точки зрения, решать профессиональные проблемы, делать на основе анализа литературы, других источников по теме соответствующие обобщения, выводы и вносить предложения.

Общие требования к ВКР – целевая направленность; четкость построения; логическая последовательность изложения материала; глубина исследования и полнота освещения вопросов; убедительность аргументаций; доказательность выводов и обоснованность рекомендаций; грамотное оформление.

Текст ВКР должен демонстрировать:

- знакомство автора с литературой вопроса;

- умение выделить проблему и определить методы ее решения;
- умение последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, грамотно цитировать ведущих исследователей, делать ссылки на использованные источники;
- умение собирать, обобщать, анализировать нормативные документы, практические материалы, полученные в результате собственного исследования в организации;
- достоверность и конкретность изложения фактических и экспериментальных данных о работе организации;
- обоснование выводов и предложений по результатам исследования, их конкретный характер, практическую ценность для решения исследуемых проблем;
- владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- четкость и логичность изложения мыслей, доказательность целесообразности и эффективности предлагаемых решений;
- приемлемый уровень языковой грамотности.

5.3 Выбор, согласование и утверждение темы выпускной квалификационной работы

Выбор темы ВКР осуществляется студентом по согласованию с руководителем. При выборе темы ВКР необходимо исходить из:

- актуальности проблемы и значимости ее для практической деятельности;
- соответствия современному состоянию и перспективам развития изучаемой области;
- потребностей развития и совершенствования деятельности конкретной организации;
- интересов, склонностей студента, а также перспектив его будущей профессиональной деятельности.

При этом немаловажно учесть место прохождения преддипломной практики, так как имеется возможность наиболее полно собрать необходимый материал для ВКР.

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ разрабатывается выпускающей кафедрой и доводится до сведения студентов. Студент может предложить свою тему (в соответствии с содержанием одного или нескольких профессиональных модулей), обосновав целесообразность ее разработки. Тема ВКР может являться продолжением тем, ранее представленных студентом в рамках курсовых работ (проектов).

В случае выполнения ВКР проектного характера допускается выполнение работы группой студентов. При этом индивидуальные задания выдаются каждому студенту.

После выбора темы, согласования ее с руководителем, студент подает заявление на имя заведующего кафедрой об утверждении темы ВКР (**приложение 1**).

Закрепление тем ВКР за обучающимися, назначение руководителей и консультантов по отдельным частям ВКР оформляется приказом по университету. Следует иметь в виду, что **тема, утвержденная приказом по университету, изменению не подлежит**. Исключение могут составить лишь случаи возникновения объективных непреодолимых препятствий к ее разработке. Изменение темы ВКР осуществляется по заявлению студента и представлению заведующего кафедрой.

По утвержденным темам ВКР руководители ВКР разрабатывают индивидуальные задания для каждого студента, которые оформляются на типовом бланке (**Приложение 2**). Задания на ВКР сопровождаются консультацией, в ходе которой разъясняются назначение и задачи, структура и объем работы, принципы разработки и оформления, примерное распределение времени на выполнение отдельных частей ВКР.

ВКР выполняется выпускником с использованием собранных им лично материалов, в том числе в период прохождения преддипломной практики, а также работы над выполнением курсовой работы (проекта).

5.4 Руководство выпускной квалификационной работой

Общее руководство и контроль за ходом выполнения ВКР осуществляет выпускающая кафедра в лице руководителя. Руководитель:

выдаёт задание на выполнение ВКР;

помогает студенту с выбором темы и разработкой плана работы;

оказывает помощь студенту в разработке индивидуального графика работы на весь период выполнения ВКР;

консультирует по вопросам содержания и последовательности выполнения ВКР;

оказывает помощь студенту в подборе необходимой литературы, справочных материалов, других источников по теме;

систематически контролирует ход работы над ВКР в соответствии с установленным графиком в форме регулярного обсуждения руководителем и студентом хода работ;

проверяет и оценивает ВКР;

даёт отзыв на законченную работу;

консультирует студентов при подготовке к публичной защите в рамках ГИА подготовка презентации, доклада для защиты ВКР.

К каждому руководителю может быть одновременно прикреплено не более 8 студентов-выпускников.

В обязанности консультанта ВКР входят:

руководство разработкой индивидуального плана подготовки и выполнения ВКР в части содержания консультируемого вопроса;

оказание помощи студенту в подборе необходимой литературы в части содержания консультируемого вопроса;

контроль хода выполнения ВКР в части содержания консультируемого вопроса.

В период выполнения ВКР руководителями по отдельным частям (разделам) ВКР проводятся групповые и индивидуальные консультации.

5.5 Структура и содержание, оформление выпускной квалификационной работы

Структура и содержание ВКР определяются профилем специальности, целями и задачами ВКР, и может носить опытно-практический, опытно-экспериментальный, теоретический, проектный характер. Содержание ВКР должно отражать основные виды профессиональной деятельности по специальности (соответствовать содержанию одного или нескольких профессиональных модулей).

Предлагаемая студентам тематика ВКР охватывает широкий круг вопросов, поэтому структура каждой работы может уточняться студентом с руководителем, исходя из интересов студента, степени проработанности данной темы в литературе, наличия информации и т.п.

Структурные элементы ВКР перечислены ниже в порядке их расположения и брошюровки.

1. Титульный лист (**приложение 3**).

2. Сопроводительные документы к ВКР:

2.1 Задание на выполнение ВКР.

2.2 Отзыв руководителя (**приложение 4**).

3. Содержание (**приложение 5**).

4. Введение.

5. Основная часть работы.

6. Заключение.

7. Список использованных источников (**приложение 6**).

8. Приложения.

Титульный лист должен содержать все необходимые идентификационные признаки, в частности, название работы, указание автора работы, руководителя.

Сопроводительные документы подшиваются следом за титульным листом работы, но в общей нумерации страниц ВКР они не учитываются и порядковые номера на них не ставятся.

Содержание работы помещают после сопроводительных документов. В содержании работы указывается перечень всех глав и параграфов ВКР, а также номера страниц, с которых начинается каждый из них (точно по тексту). Заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

При этом надо иметь в виду, что названия глав и параграфов не должны дублировать друг друга, а также наименование темы работы. Каждая глава должна раскрывать часть темы, каждый параграф главы – часть содержания главы.

Введение, заключение, список использованных источников включают в содержание, но не нумеруют.

Выполнение ВКР рекомендуется начинать с написания *введения*. Естественно, в процессе исследования первичный текст введения будет меняться, иногда очень существенно. Но это не отрицает необходимости на начальном этапе поставить перед собой задачи, отражаемые во введении.

Введение в общем случае имеет следующую структуру:
актуальность и практическую значимость выбранной темы,
формулировка цели и определение конкретных задач (они найдут отражение в содержании работы),
выбор объекта и предмета ВКР,
круг рассматриваемых проблем,
информационная база исследования;
структура ВКР.

Во введении следует коротко сформулировать актуальность темы ВКР. Актуальность определяется как значимость, важность и приоритетность выбранной темы ВКР среди других тем. Она должна подтверждаться положениями и доводами, свидетельствующими в пользу практической значимости решения проблем и вопросов, исследуемых в работе. Необходимо объяснить, почему именно выбранная тема представляет интерес на современном этапе развития.

От доказательства актуальности следует перейти к формулировке цели исследования. Цель исследования – это образ желаемого результата, то, что намерен достичь автор работы.

Цель выпускной квалификационной работы должна соответствовать названию темы. Цель работы формулируется кратко и точно. Конкретизация цели осуществляется в задачах исследования.

Формулировки задач необходимо делать очень тщательно, так как описание их решения должно составить содержание последующих глав (параграфов) ВКР.

Объект исследования – это процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию и избранное для исследования. Выделение объекта происходит на основе анализа проблемы исследования.

Предмет исследования – это та часть объекта, которая и будет исследована. Предмет должен характеризовать тему выпускной квалификационной работы и включать в себя свойства и стороны объекта, которые следует рассмотреть в заявленной теме, установив пределы рассмотрения данного вопроса. Объект и предмет исследования соотносятся как общее и часть общего.

Далее дается характеристика методов исследования. Методы исследования – основные приемы и способы, которые использовались при проведении исследования (диалектический метод, исторический метод, статистический и др.). В процессе обработки полученных данных практически всегда используются такие взаимосвязанные научные методы исследования, как анализ и синтез. Анализ – логический прием разделения целого на

отдельные элементы и изучение каждого в отдельности и во взаимосвязи с целым. Синтез – объединение результатов для формирования (проектирования) целого.

После того, как сформулированы цель, задачи, объект и предмет, методы исследования, следует указать информационную базу и структуру выпускной работы:

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав основного текста, заключения, списка использованных источников, приложений. Содержание работы изложено на 62 страницах машинописного текста и включает 2 таблицы. Библиографический список состоит из 35 источников».

Введение не должно превышать 2-3 страницы компьютерного набора.

Текст работы излагается самостоятельно (не допускается дословное переписывание использованной литературы), последовательно, грамотно и аккуратно, при написании работы необходимо употреблять профессиональные термины, избегать сложных грамматических оборотов. Студент должен показать не только знание материала, но и умение разбираться в нем, творчески использовать основные положения источников. Материал, используемый из других источников, должен быть переработан, органически увязан с избранной темой и изложен своими словами с приведением ссылок на источники информации.

В *заключении* находят отражение основные положения и выводы, содержащиеся во всех главах работы. В нем отражаются степень решения поставленных задач, полученные результаты, указывается также где, и каким образом применение рекомендаций может принести практическую пользу в деятельности организации.

Объем заключения – 3-4 страницы.

Заключение лежит в основе доклада студента на защите ВКР.

Список использованных источников является составной частью работы и отражает степень изученности рассматриваемой проблемы. При этом в список использованных источников включаются, как правило, те источники, на которые в работе имеются библиографические ссылки. Используемые источники должны содержать их полное описание по требованиям стандартов.

В *приложения* следует выносить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст.

К вспомогательному материалу относятся таблицы цифровых данных, инструкции, методики, иллюстрации вспомогательного характера, заполненные формы документов, выдержки из отчетных материалов, локальных нормативных актов, схем и др.

Подробные требования к структуре ВКР, правила ее оформления указаны в Методическом пособии по разработке и оформлению графических и текстовых материалов при подготовке дипломных и курсовых проектов по специальности 20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов.

Объем ВКР должен составлять – 70 - 80 страниц компьютерного набора (без приложений).

ВКР может быть оформлена с помощью следующих видов переплета: в папку-скоросшиватель; пластиковой или металлической пружиной; твердым переплетом.

Оформление ВКР должно соответствовать нормативным требованиям.

5.6 Подготовка к защите выпускной квалификационной работы

Законченная ВКР, подписанная студентом, передается руководителю для проверки соответствия оформления работы предъявляемым требованиям, качества работы и составления письменного отзыва руководителя. В отзыве руководителя указываются характерные особенности работы, сведения об актуальности темы работы, достоинства и недостатки работы, практическая ценность работы, проявленные (непроявленные) способности, оценка уровня освоения компетенций, знания и умения студента, продемонстрированные им при выполнении ВКР, степень самостоятельности студента, личный вклад в раскрытие

проблем и разработку предложений по их решению, умение работать источниками, способность ясно и четко излагать материал, соблюдение правил и качества оформления работы. Особое внимание уделяется оценке выпускника по личностным характеристикам (ответственность, дисциплинированность, самостоятельность, активность, творчество, инициативность и т.д.), мотивируется возможность или невозможность представления ВКР на защиту в государственной экзаменационной комиссии (далее – ГЭК).

После ознакомления студента с отзывом руководителя решается вопрос о допуске ВКР к защите.

Готовясь к защите ВКР, студент составляет тезисы выступления, содержащего наиболее важные и интересные результаты работы (при этом следует помнить о том, что выпускнику для доклада отводится ограниченное время); оформляет наглядные материалы, раздаточный материал к докладу, продумывает ответы на замечания руководителя и рецензента.

Доклад на защите ВКР, как правило, не должен превышать 10-15 мин. Следует помнить, что студент не просто излагает, а защищает положения своей работы. Подготовка текста выступления предполагает:

- разработку и написание плана выступления;
- разработку и написание основного текста выступления и краткого конспекта;
- заучивание и пробное оглашение текста выступления.

План выступления:

При разработке плана выступления студенту следует учесть ряд существенных моментов:

- необходимо оценить запас знаний, имеющийся по теме, подобрать дополнительную информацию (например, из периодической печати);
- следует продумать, какие могут возникнуть вопросы у членов ГЭК по ходу изложения;
- при составлении общего плана изложения обязательно включить в него обращение к аудитории, вступление и заключение;
- каждый раздел выступления рекомендуется подытожить одним-тремя выводами;
- следует выделить в плане ключевые моменты речи, на которых предполагается остановиться, проверить наличие логической связи между всеми пунктами плана выступления.

Текст выступления:

Написание текста - наиболее трудоемкий этап подготовки выступления. При написании текста выступления предлагается воспользоваться практическими рекомендациями по его составлению:

- в каждом разделе выступления желательно предусмотреть введение в раздел, констатацию, аргументацию, кульминацию, выводы по разделу, логический переход к следующей части выступления;
- следует избегать громоздких фраз, рекомендуется делить текст на простые предложения, что значительно облегчит заучивание текста, а для аудитории - восприятие в процессе защиты;
- необходимо найти оптимальную пропорцию между размерами частей текста, отведенными соответственно для изложения теории и практики;
- не следует злоупотреблять цифрами, их обилие может запутать не только слушателей, но и выступающего;
- выводы должны быть предельно конкретными и убедительными;
- текст выступления следует завершить точными фразами, выражающими уверенность в правоте приведенной аргументации и целесообразности предложений студента, по решению поставленной в ВКР проблемы;
- черновик текста необходимо тщательно отредактировать, наиболее важные места рекомендуется выделить курсивом или подчеркиванием;

- окончательный вариант текста следует распечатать через 1,5–2 интервала для удобства чтения (кроме того, в такой текст можно в последний момент внести дополнения и изменения), выводы лучше предварить словом «Выводы», желательно проставить нумерацию разделов и дать названия вступительной и заключительной частям выступления, общие выводы лучше всего вынести на отдельный лист.

6 ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

На защиту ВКР предоставляются:

- подлинник ВКР;
- отзыв руководителя;
- приказ о допуске к ГИА;
- сводная ведомость;
- зачетная книжка выпускника.

Защита ВКР проводится на открытом заседании ГЭК.

Порядок защиты:

- председатель ГЭК объявляет фамилию, имя и отчество выпускника, название работы с указанием места ее выполнения;
- доклад выпускника продолжительностью, как правило, не более 5-10 минут, в течении которых он должен кратко сформулировать актуальность, цель и задачи работы, изложить основные результаты, выводы и рекомендации, конкретные предложения, обосновать возможность их реализации, эффективность. При этом необходимо уточнить личный вклад в разработку проблемы.

Студент может пользоваться заранее подготовленными тезисами доклада, текстом выступления, но должен излагать основное содержание своей ВКР. Все принципиальные положения ВКР для большей наглядности могут быть представлены на демонстрационном материале. К демонстрационным материалам относится информация из ВКР (таблицы, диаграммы, схемы, иллюстрации и пр.), оформленная в виде презентаций или ксерокопий для каждого члена ГЭК. Во время доклада необходимо ссылаться на эти материалы;

- после окончания доклада члены ГЭК и присутствующие на защите задают выпускнику вопросы, касающиеся устного выступления, имеющие непосредственное отношение к теме работы, или же просто в связи с обсуждаемой проблемой;

- выступление руководителя ВКР, а в случае его отсутствия секретарь ГЭК зачитывает отзыв руководителя;

- председатель ГЭК предоставляет желающим слово для выступления, затем выпускнику, которое предполагает ответы на замечания выступивших при обсуждении работы, после чего объявляет об окончании защиты.

После окончания открытой защиты проводится закрытое заседание ГЭК (возможно с участием руководителей), на котором определяются итоговые оценки по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). После закрытого обсуждения председатель объявляет решение ГЭК. Протокол заседания ГЭК ведётся секретарем. В него вносятся все заданные вопросы, особые мнения, решение комиссии об оценке.

7 ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Оценочным средством результатов обучения на этапе государственной итоговой аттестации является выпускная квалификационная работа и её защита по установленной процедуре.

8 ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКЗАМЕН

Демонстрационный экзамен проводится на профильном уровне: на основе требований к результатам освоения образовательной программы среднего профессионального образования, установленных ФГОС СПО, с учетом положений стандартов «Ворлдскиллс», устанавливаемых автономной некоммерческой организацией «Агентство развития профессионального мастерства (Ворлдскиллс Россия)», а также квалификационных требований, заявленных организациями, заинтересованными в подготовке кадров соответствующей квалификации, в том числе являющимися стороной договора о практической подготовке обучающихся.

Задание демонстрационного экзамена включает комплексную практическую задачу, моделирующую профессиональную деятельность и выполняемую в режиме реального времени.

Демонстрационный экзамен проводится по компетенции «Охрана окружающей среды» с использованием единых оценочных материалов, включающих в себя конкретные комплекты оценочной документации, варианты заданий и критерии оценивания, разрабатываемые автономной некоммерческой организацией «Агентство развития профессионального мастерства (Ворлдскиллс Россия)» и размещенных на сайте World Skills Russia <https://esat.worldskills.ru/competencies>.

9 ПРОВЕДЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА И ОЦЕНИВАНИЕ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

Выполнение заданий демонстрационного экзамена и оценивание его результатов проходит в центре проведения демонстрационного экзамена.

Обучающиеся знакомятся с заданиями демонстрационного экзамена, занимают свои рабочие места и выполняют в течение установленного времени задания демонстрационного экзамена.

В ходе проведения демонстрационного экзамена обучающимся запрещается: пользоваться и иметь при себе средства связи, носители информации, средства ее передачи и хранения, если это прямо не предусмотрено комплектом оценочной документации;

взаимодействовать с другими обучающимися, экспертами, членами государственной экзаменационной комиссии, иными лицами, находящимися в центре проведения экзамена, если это не предусмотрено комплектом оценочной документации и заданием демонстрационного экзамена.

Подписанный членами экспертной группы и утвержденный главным экспертом протокол проведения демонстрационного экзамена далее передается в ГЭК для выставления оценок по итогам ГИА.

10 ЛИТЕРАТУРА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	1. Шерстнев В. И., Гревцев Н. В., Егошина О. С. Выпускная квалификационная работа. Учебно-методическое пособие по выполнению и защите выпускной квалификационной работы (ВКР) для студентов среднего профессионального образования специальности 20.02.01. Рациональное использование природохозяйственных комплексов. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. - эк	100
2	Горячев, С. Ф. Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф: учебное посо-	150

	бие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / С. Ф. Горячев. – Ростов н / Д.: Феникс, 2009. – 576 с. экз	
3	Геоэкология [Электронный ресурс] : учебник для высшей школы / И.А. Карлович. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, 2013. — 512 с. — 978-5-8291-1508-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/27460.html	Эл. ресурс
4	Степанов, И.С. Методы анализа и оценки рисков в системах управления охраной труда и промышленной безопасности. Отдельная статья: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) [Электронный ресурс] / И.С. Степанов. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2016. — 12 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/101776 . — ЭБС «Издательство Лань»	Эл. ресурс
5	Дмитренко, В.П. Экологический мониторинг техносферы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Дмитренко, Е.В. Сотникова, А.В. Черняев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 368 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4043 . — ЭБС «Издательство Лань»	Эл. ресурс

11 ОСОБЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ ЛИЦ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

11.1 Для обучающихся из числа лиц с инвалидностью и лиц с ограниченными возможностями здоровья государственная итоговая аттестация при необходимости проводится с учётом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

11.2 Обучающийся из числа лиц с инвалидностью или обучающийся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья не позднее чем за 3 месяца до начала проведения государственной итоговой аттестации подаёт письменное заявление о необходимости создания для него специальных условий при проведении государственной итоговой аттестации с указанием его индивидуальных особенностей. В специальные условия могут входить: предоставление отдельной аудитории, необходимых технических средств, присутствие ассистента, оказывающего необходимую техническую помощь, выбор формы предоставления инструкции по порядку проведения государственной итоговой аттестации, использование специальных технических средств, предоставление перерыва для приема пищи, лекарств и др.

Форма заявления на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Зав.кафедрой

от студента гр. _____

Ф.И.О. _____

**Заявление
на утверждение темы выпускной квалификационной работы**

Прошу утвердить тему выпускной квалификационной работы (из числа предложенных университетом):

Прошу утвердить самостоятельно определенную тему выпускной квалификационной работы:

Место прохождения производственной (преддипломной) практики:

Дата _____

Подпись студента _____

Решение зав.кафедрой

«УТВЕРЖДАЮ»

Примерная форма оформления задания на выполнение выпускной квалификационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ
 Зав.кафедрой _____

«__» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студенту (ке) _____
 (фамилия, имя, отчество полностью)

курс _____ группа _____ специальность _____

Тема выпускной квалификационной работы _____

Исходные данные _____

Перечень технических решений, подлежащих разработке (выбор нового оборудования, выбор новой заготовки, разработка технологии, схемы, оснастки специального задания и т.д.) по заказу предприятия или университета _____

Изделие, входящее в ВКР и подлежащее изготовлению выпускником/Вопросы, подлежащие рассмотрению _____

Состав ВКР: _____

График выполнения ВКР

Наименование этапа работы над ВКР	Срок выполнения

Наименование организации, предприятия, на котором выпускник проходит преддипломную практику _____

Руководитель ВКР _____
 (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание)

Консультанты по разделам (при наличии):

Ф.И.О. консультанта	Должность, ученая степень, ученое звание	Разделы работы

Дата выдачи задания «___» _____ 20__ г.

Срок сдачи студентом законченной ВКР «___» _____ 20__ г.

Руководитель ВКР

(подпись)

Студент

(подпись)

Пример оформления титульного листа выпускной квалификационной работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет городского хозяйства

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)

ТЕМА: _____

Специальность: 20.02.01
*Экологическая безопасность
Природных комплексов*

Кафедра: *Природообустройства
и водопользования*

Студент: _____ (*подпись*)
Владимир Владимирович Тимонин
Группа: *ПК.ш-23*
Руководитель:
кандидат технических наук, доцент
_____ *А.В. Горбунов*
Консультант:
кандидат технических наук, доцент
_____ *Д.Р. Якупов*

Допустить к защите:
Зав. кафедрой _____
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Екатеринбург

Министерство науки и высшего образования РФ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Уральский государственный горный университет»

**О Т З Ы В
 Р У К О В О Д И Т Е Л Я**

 (Ф. И.О., ученая степень, ученое звание)
 на выпускную квалификационную работу студента группы _____

 (Ф. И.О.)
 по теме _____.

В отзыве отмечается:
 актуальность рассматриваемой проблемы; степень выполнения задачи исследования; практическая, и теоретическая значимость работы и готовность к апробации или внедрению; возможность отражения в печати; достоинства, личностные характеристики выпускника (самостоятельность, ответственность, умение организовать свой труд и т.д.); оформление ВКР; замечания и рекомендации.

Заключение: Задание на выпускную квалификационную работу выполнено

 (полностью/не полностью)
 Подготовка студента _____
 (соответствует, в основном соответствует, не соответствует)
 требованиям Федерального государственного образовательного стандарта
 среднего профессионального образования по специальности _____

Оценка выпускной квалификационной работы _____
 Оценка сформированности общих компетенций _____
 Оценка сформированности профессиональных компетенций _____

« ____ » _____ 201__ г. _____ / _____
 (подпись) (Ф. И.О. отчетливо)

Ознакомлен:

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Обращение с отходами производства и потребления	...
1.1 Характеристика отходов производства и потребления	...
1.2 Факторы, влияющие на общее накопление ТБО	...
1.3 Мировой опыт обращение с отходами	...
1.4 Стратегия управления ТБО в России	...
1.5 Концепция санитарного захоронения ТБО	...
2 Проектирование полигона ТБО в городе Нефтеюганске	...
2.1 Общие сведения о районе проектирования полигона ТБО	...
2.2 Организация сбора отходов	...
2.3 Расчет годовой нормы накопления ТБО в городе Нефтеюганске	...
2.4 Определение проектной вместимости полигона	...
2.5 Проектирование участка складирования ТБО. Расчет фактической вместимости полигона	...
2.6 Проектирование кавальеров для складирования плодородного и минерального грунтов	...
2.7 Технологическая схема эксплуатации полигона	...
2.8 Основные технологические показатели эксплуатации полигона	...
3 Разработка природоохранных элементов полигона ТБО по минимизации экологического риска	...
3.1 Защитные экраны полигонов	...
3.2 Противофильтрационный экран в основании полигона	...
3.3 Внутренний дренаж и система удаления фильтрата	...
3.4 Определение объема фильтрата, удаляемого из свалочного тела	...
3.5 Проектирование системы дегазации полигона ТБО	...
3.6 Санитарно-защитная зона и система мониторинга	...
.....	...
Заключение	...
Список использованных источников	...
Приложения (при наличии)	....

Примеры библиографических описаний, применяемых при оформлении списка использованных источников

1. Об основополагающих принципах и правах в сфере труда и механизм её реализации [Текст]: Декларация МОТ от 18.06.1998 // МБТ.1998.

2. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

3. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (в ред. от 05.10.2015) – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

4. О безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.12.2010 г. № 390-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

5. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов власти субъектов Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 06.10.1999 г. № 184-ФЗ // Собрание законодательства РФ. - 1999. - № 43.

6. О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 12 января 1996 г. № 10-ФЗ (с изм. от 25 ноября 2010 г.) - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

7. О концепции национальной безопасности Российской Федерации [Текст]: Указ Президента Российской Федерации от 10 января 2000 г. № 24 // Собрание законодательства РФ. - 2000. - № 2.- Ст.170.

8. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 12.05.2009 № 537 – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

9. О порядке разработки и утверждения административных регламентов исполнения государственных функций (предоставления государственных услуг) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 11.11.2005 г. № 679. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

10. О некоторых вопросах, связанных с применением части первой Гражданского кодекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Пленума Верховного Суда РФ № 6, Пленума Высшего Арбитражного Суда РФ № 8 от 01.07.1996 г. - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

11. О некоторых особенностях, связанных с применением статьи 21.1 Федерального закона «О государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей» [Электронный ресурс]: Информационное письмо Президиума ВАС РФ от 17.01.2006 г. № 100 - Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

12. Решение Ленинградского областного суда от 25.01.2015 по делу № 3-5/2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.delo.press.ru>.

9. Булаевский, Б.А. Правовое положение несовершеннолетних по российскому гражданскому законодательству [Текст]: Автореф. дисс. ... к.ю.н. М., 1998.

10. Гаврилов, Э. О наименовании юридического лица [Текст] / Э.О. Гаврилов // Хозяйство и право. - 2011. - № 12. - С. 3 – 11.