МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе
_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы и задания на практические работы для обучающихся по дисциплине

Б1.В.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность -

21.05.04 Горное дело

Специализация -

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

форма обучения: очная

Автор: Иванов И.Ю., к.т.н., Гаврилова Л.А., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Горных машин и комплексов
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Лагунова Ю.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2024
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00899356C4B8E7194321D0149160B2398C
Владелец: Зубов Владимир Владимирович
Действителен: с 26.06.2024 до 19.09.2025

Екатеринбург

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ 6

3. Виды контроля 7

ЛИТЕРАТУРА 8

ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании горных машин и оборудования решаются задачи по определению их технологических параметров. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета для выбора объектов горных комплексов для соответствующих условий разработки МПИ.

Цель практических занятий: закрепление приобретенных студентами навыков выбора машин и оборудования в горнодобывающей отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки ***21.05.04 Горное дело***:

общепрофессиональные

- Способен демонстрировать знание и понимание фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях, позволяющие решать современные прикладные инженерные задачи (ПК-1.1);

Результат изучения дисциплины: «Горные машины и оборудование»

Знать:

- основные тенденции развития горных машин и оборудования;
- основные принципы конструкции и работы механизмов и систем горных машин и оборудования;
- правила эксплуатации машин и оборудования для горных работ
- конструктивные особенности различных видов горного оборудования;
- классификации различных горных машин и оборудования;
- системы автоматизации горных машин и оборудования;
- методики программного и дистанционного управления.

Уметь:

- обоснованно делать выбор машин и оборудования для заданных горно-геологических условий и объемов горных работ;
- самостоятельно осваивать новые конструкции горных машин, их механизмов и систем;
- проводить расчеты основных параметров горного оборудования,
- определять производительность оборудования;
- осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ.

Владеть:

- навыками проведения расчетов рабочих нагрузок;
- методами определения основных параметров и производительности горных машин и оборудования с использованием средств вычислительной техники, обработки полученной информации и физической интерпретации данных;
- спецификой условий работы горного оборудования;
- основными направлениями автоматизации горных машин и оборудования;
- навыками использования специализированных информационных источников и литературы.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 3: Элементы конструкции горных машин

Рабочий инструмент горных машин. Виды. Геометрические параметры. Исполнительные органы горных комбайнов. Классификация.
Органы перемещения.
Органы погрузки.

Тема 4: Машины для бурения.

Машины для бурения. Принципиальные схемы и конструктивные особенности бурильных машин для вращательного, ударного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения. Расчет основных параметров бурильных машин.
Бурильные установки.
Буровые станки для подземного бурения.
Определение производительности и эффективности бурильных установок и буровых станков.

Тема 5: Машины для зарядки.

Машины для зарядки. Классификация, назначение и структурные схемы зарядных машин. Принципиальные схемы и конструктивные особенности зарядных машин. Расчет основных параметров зарядных машин. Определение производительности и эффективности зарядных машин.

Тема 6: Погрузочно-транспортные машины.

Погрузочно-транспортные машины. Классификация, назначение и структурные схемы погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Определение оптимальных параметров погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики погрузочных и погрузочно-транспортных машин.

Тема 7: Машины для крепления выработок.

Машины для крепления выработок. Принципиальные схемы и конструктивные особенности машин для крепления выработок. Расчет основных параметров машин для крепления выработок. Определение производительности и эффективности машин для крепления выработок.

Тема 8: Горные комбайны и комплексы.

Горные комбайны и комплексы. Классификация, назначение и структурные схемы горных комбайнов и комплексов. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики горных комбайнов и комплексов.

Тема 9: Выемочно-транспортирующие машины.
Выемочно-транспортирующие машины (ВТМ). Классификация и назначение ВТМ. Конструктивные особенности бульдозеров, скреперов. Расчет основных параметров ВТМ.

Практико-ориентированные задания при выполнении практических работ:

№ п/п	**Тема**	**Содержание ответа**
1	Рабочие органы и инструмент горных машин	Описать: основные виды инструментов Проанализировать чертежи с конструкциями различных буровых станков, выявлять достоинства и недостатки каждой установки
2	Гидравлические крепи	Описать: основные виды применяемых на подземных горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных крепей Подобрать тип крепи для конкретных горно-геологических условий
3	Очистные комбайна	Описать: основные виды очистных комбайнов применяемых на открытых горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных конструкции очистных комбайнов Подобрать тип очистных комбайнов для конкретных горно-геологических условий
4	Проходческие комбайны	Описать: основные виды комбайнов применяемых на подземных горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных комбайнов Подобрать тип комбайна для конкретных горно-геологических условий
5	Транспортирующее и погрузочное оборудование	Описать: схему расположения силового оборудования в корпусах буровых станков и погрузчиков Определить механические характеристики различных типов двигателей Сделать выбор силового оборудования для различных типов буровых станков и погрузчиков
6	Очистные и проходческие комплексы	Описать: основные виды очистных и проходческих комплексов применяемых на подземных горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных конструкции очистных и проходческих комплексов Подобрать тип очистных и проходческих комплексов для конкретных горно-геологических условий

Примеры заданий:

1. Определение максимально возможной производительности комбайна
2. Расчет главного параметра качества ремонта.
3. Расчёт производительности оборудования для подземных разработок.

3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

Вопросы для опроса:

1. Оборудование для крепления выработок.
2. Механизация возведения сборной, анкерной, набрызгбетонной и бетонной монолитной крепи.
3. Механизированные гидравлические крепи.
4. Очистные комбайны. Конструкции комбайнов для наклонных и крутонаклонных пластов. Технические характеристики комбайнов.
5. Очистные комплексы и агрегаты. Увязка параметров машин комплекса и агрегата.
6. Проходческие и нарезные комбайны. Определение производительности проходческих и нарезных комбайнов.
7. Управление комплексами и агрегатами в профиле пласта.
8. Системы перемещения очистных и проходческих машин. Конструкции органов перемещения.
9. Устойчивость горных машин. Устойчивость секций механизированных крепей.
10. Автоматизация горных машин. Программное и дистанционное управление.
11. Проходческие комбайны
12. Классификация и требования, предъявляемые к проходческим комбайнам
13. Стреловые проходческие комбайны
14. Буровые проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок
15. Буровые комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок
16. Нарезные комбайны
17. Тенденции развития горнопроходческих комбайнов
18. Очистные комбайны
19. Классификация и требования, предъявляемые к очистным комбайнам
20. Конструкции и компоновка очистных комбайнов
21. Перспективы совершенствования очистных комбайнов
22. Оборудование для крепления и управления кровлей в очистном забое
23. Классификация и требования, предъявляемые к механизированным крепям
24. Конструкции механизированных гидравлических крепей для лав
25. Современные тенденции развития механизированных крепей
26. Очистные и проходческие комплексы и агрегаты
27. Классификация очистных и проходческих комплексов
28. Компоновочные схемы очистных комплексов и агрегатов
29. Выбор оборудования и согласование режимных параметров
30. Схемы работы очистных комплексов (агрегатов) и автоматизация их управления функциональных машин очистных комплексов и агрегатов
31. Комплекты, комплексы и агрегаты для проведения подготовительных выработок
32. Оборудование для возведения крепи из сборных элементов
33. Комбайновые комплексы для проведения подготовительных выработок

Критерии оценивания: полнота и правильность ответа на вопрос, наличие вывода, соблюдение нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой. Каждый показатель – 1 балл

Критерии оценки:

Ответ правильный, всесторонне и глубоко освещает предложенный вопрос, показывает умение студента делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой (полный и правильный ответ) – 4 балла.

Ответ отвечает основным предъявляемым требованиям - студент обстоятельно владеет материалом, показывает умение делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой, однако не на все вопросы дает глубокие, исчерпывающие и аргументированные ответы (неточный, правильный ответ) – 3 балла.

Ответ неполно раскрывает поставленные вопросы, студент поверхностно отвечает на вопросы, допускает существенные недочеты - затрудняется делать выводы, использовать нормы литературной речи, профессиональной лексики (неточный и неполный ответ) – 2 балла.

Ответы на вопросы неправильны или не отличаются аргументированностью. Студент не показывает необходимых минимальных знаний, бытовая речь, неумение делать выводы, а также, если студент отказывается отвечать (неправильный ответ, отказ от ответа) – 1 балл.

Два и более существенных дополнения к ответу – 3 балла.

Одно существенное дополнение к ответу на вопрос – 1 балл

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горные машины для подземной разработки месторождений полезных ископаемых**: учебное пособие / Н. М. Суслов, А. П. Комиссаров; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с. : ил. - Библиогр.: с. 151-154. - **ISBN** 978-5-8019-0416-0
2. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 298-299.
3. Иванов И.Ю. Рабочий инструмент горных машин: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 22.
4. Иванов И.Ю. Погрузочно-доставочные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 22 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 21.
5. Комплексы для проходки восстающих выработок: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с. : ил. - Библиогр.: с. 22.
6. Комиссаров А.П., Суслов Н.М., Тургель Д.К. Горные машины для разработки рудных месторождений: учеб. пособие / Уральская гос. горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 1994. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 105.
7. Очистные комбайны/ Мутыгуллин А.В. [и др.]. – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр»: 2014. – 576 с. http://library.gorobr.ru/catalog/gornoe-delo?view=content&id=30060

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебно-методической работе

_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.02 МОДИФИЦИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Салина В.А., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 12.09.2024	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Модифицирование свойств поверхности конструкционных материалов» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

1) выполнение домашних заданий;
2) освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины;
3) подготовка к экзамену.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам технологии модифицирования свойств поверхности конструкционных материалов;

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Композитные и углеродсодержащие материалы». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [7-9]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к зачету.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

Тема 1. Конструкционная прочность материалов [1].

Критерии оценки конструкционной прочности материалов. Формула определения упругих деформаций. Надежность материала. Растягивающее напряжение. Долговечность. Циклическая долговечность. Методы повышения конструкционной прочности.

Дополнительная литература: [2-4].

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют критерии оценки конструкционной прочности материалов
2. Формула определения упругих деформаций.
3. Что такое надежность материала?
4. Формула для определения растягивающего напряжения материала.
5. Нарисовать излом усталостного разрушения.
6. График критерий усталости для стали и цветных металлов.
7. Какие существуют методы повышения конструкционной прочности?

Тема 2. Стали, обеспечивающие жесткость, статистическую и циклическую прочность [1].

Классификация конструкционных сталей по степени раскисления. Влияние углерода на свойства стали. Углеродные стали. Легированные стали.

Дополнительная литература: [3-5].

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируют стали?
2. Как углерод и примеси влияют на свойства стали?
3. Характеристика углеродистый сталей.
4. Характеристика качественных сталей.

Тема 3. Материалы с особыми технологическими свойствами [1]**.**

Свойства стали с улучшенной обрабываемостью резанием. Свойства стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью. Железоуглеродистые сплавы с высокими литейными свойствами. Медные сплавы.

Дополнительная литература: [3-5].

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит обрабатываемость стали?
2. Что такое технологическая пластичность, свариваемость?
3. Назовите разновидности чугунов.
4. Структура серых чугунов.
5. Свойства меди.
6. Характеристик и классификация медных сплавов.

Тема 4. Износостойкие материалы [1].

Закономерности изнашивания деталей. Материалы с высокой твердостью поверхности. Материалы устойчивые к усталостному виду изнашивания. Антифрикционные материалы. Фрикционные материалы.

Дополнительная литература: [3], [4].

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют виды изнашивания?
2. Характеристика высокой твердости поверхности.
3. Применение материалов устойчивые к усталостному виду изнашивания и их свойства.
4. Применение антифрикционных материалов и их свойства.
5. Применение фрикционных материалов и их свойства.

Тема 5. Материалы с высокими упругими свойствами. [1].

Рессорно-пружинные стали. Пружинные материалы приборостроения.

Дополнительная литература: [2-7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Характеристика рессорно-пружинных сталей.
2. Характеристика пружинных материалов приборостроения.
3. Нарисуйте резонансную кривую упругого элемента.

Тема 6. Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий термическим испарением [1].

Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий термическим испарением. Конструктивные параметры и энергетические параметры испарителя. Способы получения паровых потоков. Способы повышения энергии паровых частиц при термическом испарении.

Дополнительная литература: [5-8].

Контрольные вопросы:

1. Схема процесса и разновидности испарителей
2. Какие существуют параметры конденсационного нанесения покрытий термическим испарением?
3. Энергетические параметры режима работы испарителя
4. Характеристика резистивного нагрева.
5. Что такое высокочастотный индукционный нагрев?
6. Что такое электронно-лучевой нагрев?
7. Характеристика дугового нагрева.

Тема 7. Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий взрывным испарением-распылением материала покрытия [1].

Общие закономерности. Конструктивные параметры. Нанесение покрытий взрывным испарением лазерного излучения.

Дополнительная литература: [4-8].

Контрольные вопросы:

1. Методика нанесения покрытий взрывным испарением-распылением материала дугой низкого давления.

2. Назовите конструктивные параметры.

3. Параметры испаряемого-распыляемого материала.

4. Методика нанесения покрытий взрывным испарением лазерного излучения.

Тема 8. Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий ионным распылением.

Общие закономерности. Схемы ионного распыления. Ионно-лучевое распыление. Параметры ионного распыления и их влияние на эффективность процесса. Преимущества и недостатки нанесения покрытий ионным распылением. Перспективы развития.

Дополнительная литература: [4-8].

Контрольные вопросы:

1. Характеристика диодной схемы ионного распыления.
2. Характеристика триодной схемы ионного распыления.
3. Характеристика магнетронной схемы ионного распыления.
4. Характеристика ионно-лучевого распыления.
5. Какие существуют параметры ионного распыления и их влияние на эффективность процесса?
6. Преимущества и недостатки нанесения покрытий ионным распылением. Перспективы развития.

Список литературы

1. Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И. Косолапов Г.Ф. и др. Материаловедение: учебник для ВТУЗов. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с. ил.
2. Поляк М.С. Технология упрочнения. В 2-х т.- М.: Л.В.М. – СКРИПТ, Машиностроение, 1995.
3. Власов В.М. Работоспособность упрочненных трущихся поверхностей. - М.: Машиностроение, 1987. - 304 с.
4. Хокинг М., Васантасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия М.: Мир, 2000. - 518 с.
5. Браун Я.М. Физика и технология источников ионов. - М.: Мир, 1998. - 468 с.
6. Куксенова Л.И., Герасимов С.А., Лаптева В.Г. Износостойкость конструкционных материалов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 237 с.
7. Изменение свойств конструкционных материалов после облучения пучком заряженных частиц. Труды Всесоюзной научной конференции «Модификация свойств конструкционных материалов пучками заряженных частиц». – Томск, 1988. - 189 с.
8. Степанова Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2009. – 64 с.
9. Шарая О.А., Юдакова В.А., Салина В.А. Декоративные и защитные покрытия: метод. указ. к практ. занятиям. – Караганда: КарГТУ, 2010. – 49 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В.В. Зубов

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Б1.В.04 НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. А. Зайцева

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей

Екатеринбург
2017

317

Рецензент: Т. И. Красненко, д-р химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии 25 февраля 2016 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ

Зайцева Н. А.
317 КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей / Н. А. Зайцева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 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.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., 2017

© Уральский государственный горный университет, 2017

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	Na^+, K^+, NH_4^+	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, 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 $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, 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 $Cr_2O_7^{2-}$ 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 окислительный 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 ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe ($C_4H_7O_2N_2)_2$].

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 $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

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 Fe_3 [Fe $(CN)_6]_3$. 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 Fe $(OH)_2$ 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 ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ 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, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм^3. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения 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 CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. 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 шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

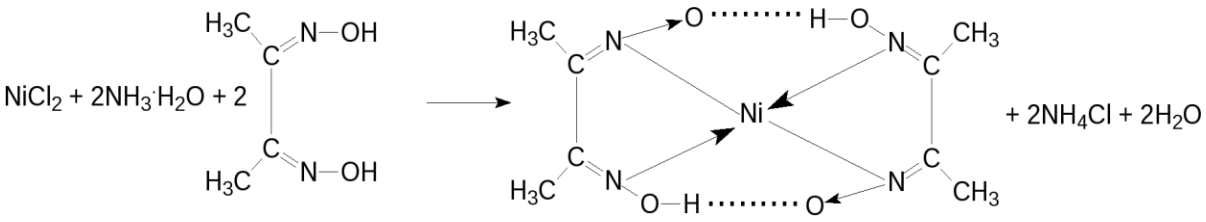
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

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 $C_4H_8N_2O_2$ (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 $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

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 $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ 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 – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+}, соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, 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 $A1^{3+}$, 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 $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

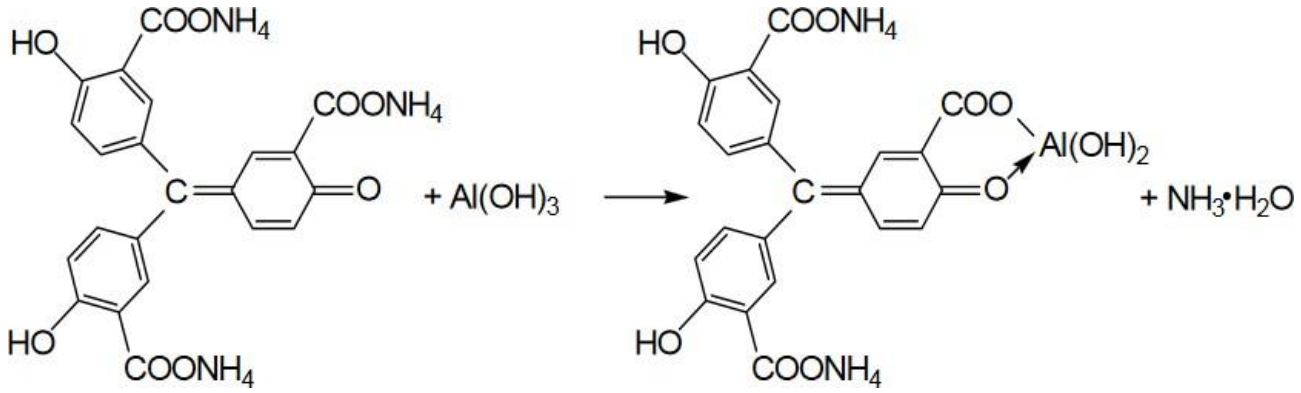
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

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 % 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)

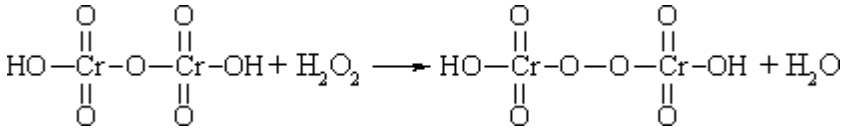
В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2. Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно- 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:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O$$



$$H_2Cr_2O_8 + 3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 + 2\ H_2O$$

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 %-м 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 AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_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) $=8{,}3\cdot10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата 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», «собрция», «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	отсуствует	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:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

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 сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

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 выделение бурого газа и образование 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., Эршно А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карапетьянц 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 $A1^{3+}$, 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

МИНОБРНАУ КИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе _____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВДЕНИЕ 3
Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА 4
Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА 12
2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока. 12
2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока 14
2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока 16
Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ 22
3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой 22
3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником 25
Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ. 27
Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА 33
Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ 40
ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА. 46
7.1. Неразветвленные магнитные цепи. 46
7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку. 49
7.1.2. Обратная задача. Определить магнитный поток в цепи по заданной МДС 51
2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока 57
Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ 58
Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ 60
Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ 63

ВВДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехника» изучает процессы в электрических и магнитных цепях, выявляет общие закономерности электромагнитных явлений и их прикладное применение для создания, передачи и распределения электроэнергии.

Целью преподавания дисциплины является теоретическая и практическая подготовка будущего инженера-электрика, инженера-электромеханика, инженера по автоматизации производственных процессов, развитие его творческих способностей, умение формировать и решать на высоком научном уровне проблемы осваиваемой специальности, умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания. Эти цели достигаются на основе повышения творческой активности и самостоятельной работы студентов.

Высокий научный и инженерный уровень дисциплины обусловлен глубоким проникновением в ее разделы законов и положений, которые даются в курсах «Физика» и «Математика».

Выполнение контрольных заданий.

При выполнении контрольных задний необходимо выполнить следующие требования:

1. Контрольные задания выполняют по данному методическому указанию.

2. Варианты задач в контрольных заданиях определяют по двум последним цифрам номера студенческого билета. Если две последние цифры превышают число 24 (общее количество вариантов), то номер варианта определяется по остатку от целочисленного деления этих цифр на число 24. • Например, двум последним цифрам 49-го номера студенческого билета соответствует первый вариант контрольного задания.

3. Контрольные задания выполняют в отдельной тетради, на обложке которой приводят сведения по следующей форме: фамилия, имя, отчество, номер студенческого билета, номер контрольного задания.

4. Графическую часть (схемы, графики) в контрольных заданиях выполняют карандашом, в масштабе, с указанием последнего.

5. Решение каждой задачи контрольного задания следует начинать с новой страницы.

6. Электрические схемы вычерчивают согласно стандарту.

7. Условие задачи выписывают полностью без сокращений.

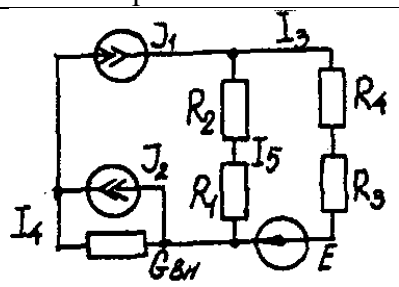
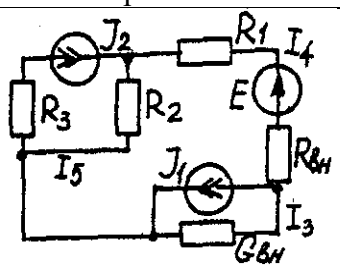
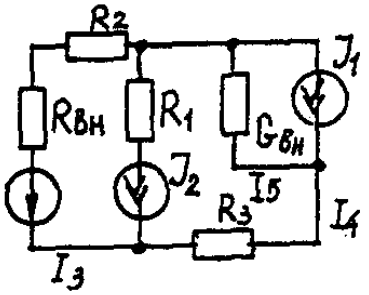
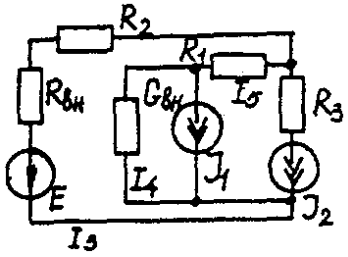
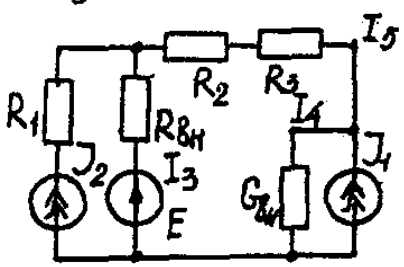
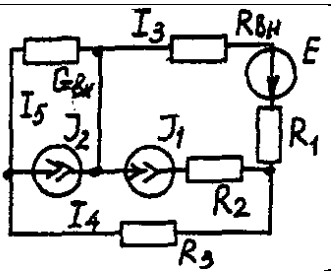
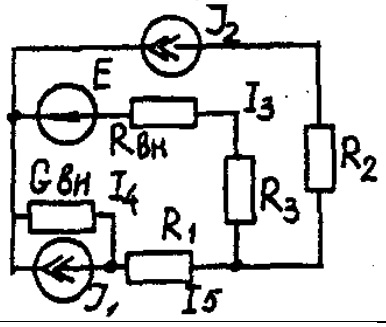
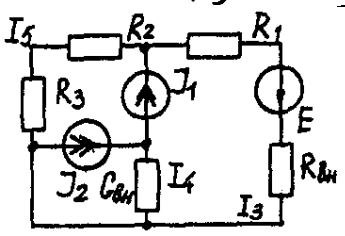
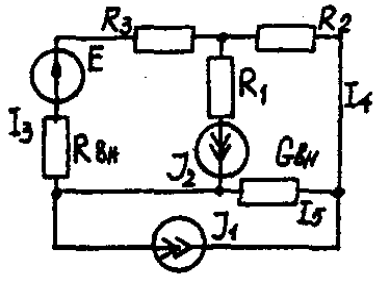
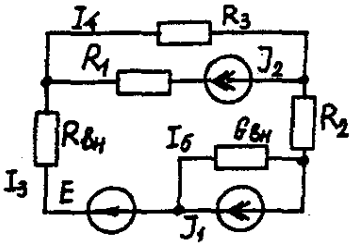
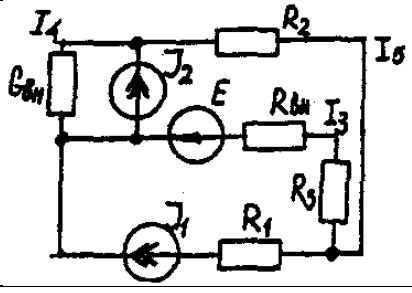
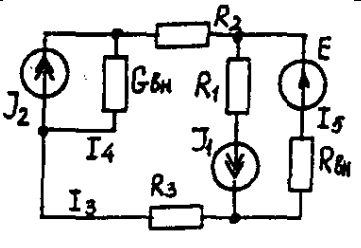
8. Решения задач сопровождают краткими пояснениями.

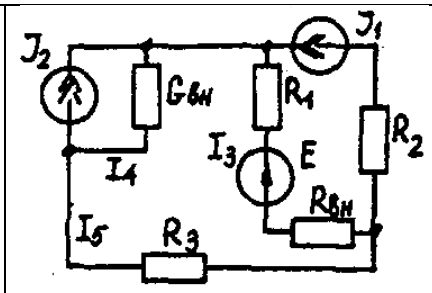
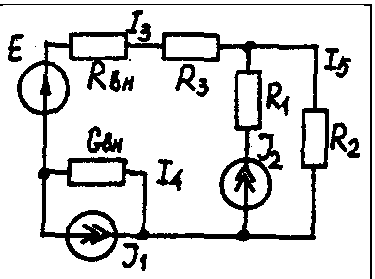
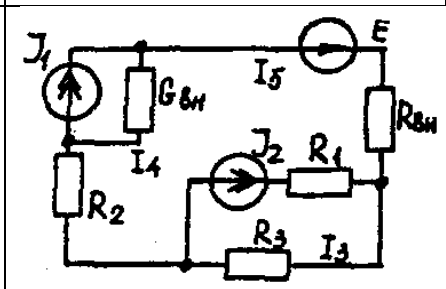
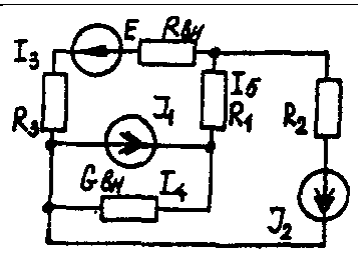
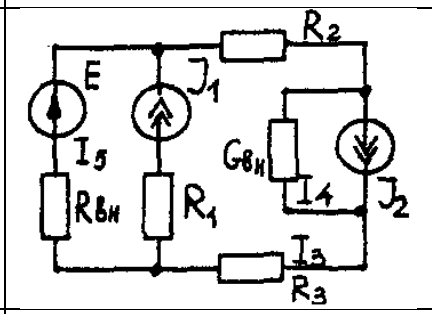
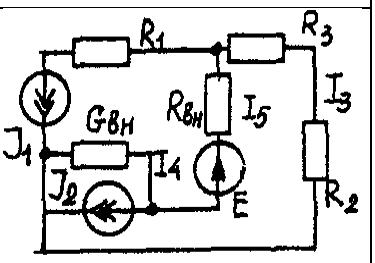
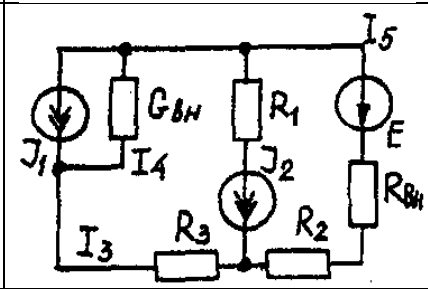
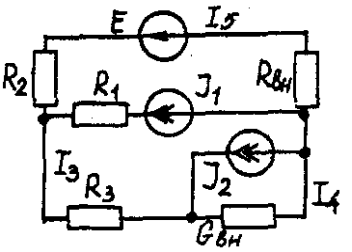
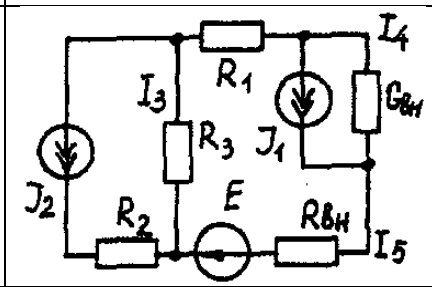
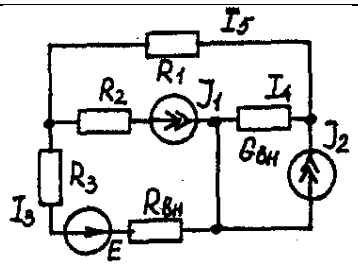
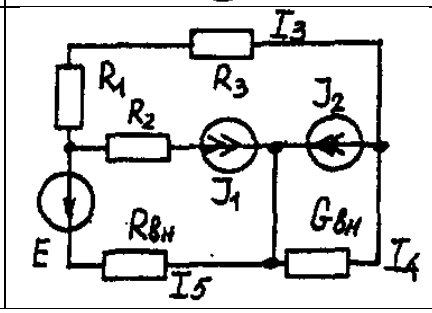
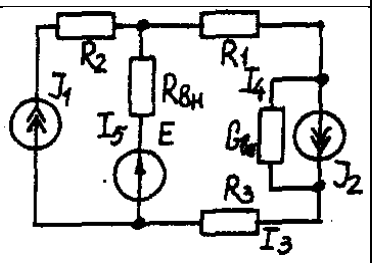
9. Контрольные задания представляются для проверки до начала соответствующей лабораторно-экзаменационной сессии.

10. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан, исправив ошибки указанные преподавателем, представить задание на повторную рецензию.

11. Студенты, не сдавшие на проверку соответствующих решенных контрольных заданий, к сдаче экзамена не допускаются.

Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	

13		14	
15		16	
17		18	
19		20	
21		22	
23		24	

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 1.1) с известными параметрами (табл. 1.2) определить токи в ветвях цепи следующими методами:

- составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа;
- контурных токов;

- наложения;
- узловых потенциалов;
- эквивалентного генератора.

Номер вариа-нта	Значение параметров							
	E, В	J_1, А	J_2, А	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	$R_{ВН}$, Ом	$G_{ВН}$, См
1	42	35	17	10	20	5	7	0,5
2	126	6	8	1	3	2	5	0,25
3	21	5	2	5	9	3	3	0,2
4	29	3	6	2	3	4	4	0,2
5	200	25	25	8	3	1	4	0,5
6	40	10	3	5	8	5	2	0,5
7	50	3	25	3	5	2	3	0,2
8	20	10	8	4	8	2	6	1
9	50	22	6	4	5	2	3	0,1
10	140	20	7	5	1	4	6	0,2
11	104	28	13	5	2	3	2	0,1
12	150	4	6	3	4	6	5	0,2
13	43	4	28	2	5	1	3	0,2
14	82	2	3	6	4	5	6	0,2
15	52	2	1	3	1	2	2	0,2
16	204	1	5	2	3	1	3	0,4
17	110	11	9	2	3	3	2	0,5
18	72	2	1	4	1	3	6	0,2
19	42	2	5	3	3	4	5	0,1
20	8	6	2	6	1	2	2	0,05
21	187	10	6	2	6	7	4	0,5
22	144	5	15	4	3	2	4	0.5
23	84	6	5	3	3	6	3	0,5
24	103	12	6	4	3	1	3	0,5

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

Методические указания.

Этот метод основан на составлении и совместном решении системы уравнений электрического равновесия, составленных по первому и второму законам Кирхгофа. Общее число независимых уравнений (и) должно быть равно числу неизвестных токов, то есть числу ветвей электрической схемы *(p)* за исключением ветвей, содержащих источник тока.

Последовательность решения.

Выбрать условное положительное направление токов в ветвях. По первому закону Кирхгофа для схемы, содержащей *(q)* узлов, составить *(q* -1) уравнений электрического равновесия. По второму закону Кирхгофа составить [*p* - *(q* - 1)] уравнений электрического равновесия для независимых контуров. При составлении уравнений электрического равновесия следует обратить внимание на знаки. Если заданное или произвольно выбранное направление токов и э. д. с. совпадают с выбранным обходом контуров, то перед ними в уравнениях электрического равновесия ставят знак плюс, знак у падений напряжений берется в соответствии со знаком тока.

Решить полученную систему уравнений электрического равновесия относительно неизвестных токов в ветвях.

Выполнить проверку полученного решения по первому закону Кирхгофа для узлов заданной электрической схемы.

Метод контурных токов

Методические указания.

Этот метод заключается в представлении действительных токов в ветвях, являющихся общими для двух или большего числа смежных контуров, алгебраической суммой составляющих, каждая из которых является током, замыкающимся в одном из выбранных контуров. Эти составляющие называются контурными токами. При решении задачи этим методом в расчет вводят контурные токи, составляют уравнения электрического равновесия только на основании второго закона Кирхгофа. Вычислив контурные токи, определяют действительные токи в ветвях.

Последовательность решения.

Выбрать для рассматриваемой схемы независимые контуры, не содержащие источники тока *(J).*

Задавшись положительными направлениями обхода контуров, составить для выбранных независимых контуров уравнения электрического равновесия по второму закону Кирхгофа, принимая направления контурных токов, совпадающими с выбранным обходом контуров. В уравнениях электрического равновесия учитывать и падения напряжений, обусловленные источниками тока (J) на соответствующих сопротивлениях рассматриваемого контура. Определить контурные токи.

Вычислить действительные токи ветвей как алгебраические суммы токов как контурных, так и источников тока, протекающих через рассматриваемую ветвь.

Метод наложения

Методические указания.

Этот метод основан на том, что действительный ток в рассматриваемой ветви равен алгебраической сумме составляющих токов в этой ветви, вызванных каждой из э. д. с. и источника тока в отдельности при исключении действия остальных источников э. д. с. и тока.

Последовательность решения.

Составить (нарисовать) электрические цепи с одним источником э. д. с. или тока, при этом зажимы остальных источников тока размыкать, а источники э. д. с. замыкать накоротко.

Задаться положительными направлениями токов в ветвях.

Определить составляющие - токов в ветвях, вызванных рассматриваемым источником.

Определить действительные токи ветвей как алгебраическую сумму составляющих.

Метод узловых потенциалов

Методические указания.

Этот метод заключается в определении потенциалов узлов, на основании чего вычисляются токи в ветвях по закону Ома. Потенциалы узлов определяются на основании системы уравнений электрического равновесия (1.1), составленных по первому закону Кирхгофа. При этом токи в уравнениях электрического равновесия выражают через потенциалы согласно закону Ома для участка цепи. Потенциал одного из узлов принимается равным нулю.

$$\left.\begin{array}{l} \varphi_1 G_{11} - \varphi_1 G_{12} - \varphi_3 G_{13} = I_{11} \\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_1 G_{22} - \varphi_3 G_{23} = I_{22} \\ -\varphi_1 G_{31} - \varphi_1 G_{32} - \varphi_3 G_{33} = I_{33} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (1.1)$$

Где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, - потенциалы узлов; $G_{11}, G_{22}, G_{33}, \ldots$ - собственная (узловая) проводимость, равная сумме проводимостей всех ветвей, сходящихся в этом узле, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $G_{11}, G_{12}, G_{13}, G_{21}, G_{23}, G_{32}, \ldots$ - взаимная проводимость, равная сумме проводимостей ветвей между двумя узлами, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $I_{11}, I_{22}, I_{33}, \ldots$ - узловой ток, равный алгебраической сумме токов (J) источников тока и произведений *(G-E)* (э. д. с. ветвей, сходящихся в рассматриваемом узле, на их проводимости); эти величины входят в выражения узловых токов со знаком плюс, если токи *(J)* и э. д. с. (Е) направлены к рассматриваемому узлу.

Последовательность решения.

Пронумеровать узлы. Потенциал одного из узлов принять равным нулю.

Составить систему *(q* - 1) уравнений электрического равновесия (1.1) Вычислить собственные и взаимные проводимости, узловые токи и подставить в систему уравнений электрического равновесия (1.1).

Определить потенциалы узлов, решив систему уравнений электрического равновесия (1.1). Определить токи ветвей по закону Ома.

Ток ветви равняется разности потенциалов двух узлов, деленной на сопротивление ветви,

$$I_{\text{ветви}} = [\,(\varphi_{\text{к}} - \varphi_{(\text{к}-1)})\,] / \sum R_{\text{ветви}} \quad (1.2)$$

Метод эквивалентного генератора

Методические указания.

Этот метод основан на применении теоремы об активном двухполюснике. Согласно теоремы любой активный двухполюсник, содержащий один или несколько источников энергии, можно заменить эквивалентным генератором, э. д. с. которого равна напряжению холостого хода на зажимах выделенной ветви, а внутреннее сопротивление равно входному сопротивлению двухполюсника (рис. 1.1).

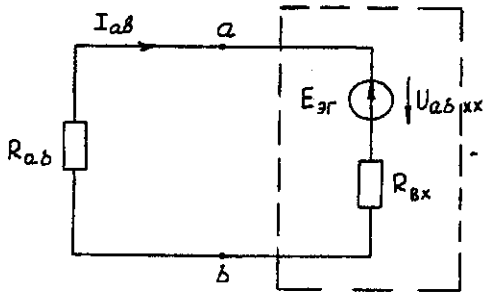


Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

При определении тока, например, в ветви *ab* любой электрической схемы, эту схему представляют в виде двух частей: рассматриваемой ветви *ab* и остальной части схемы - эквивалентного генератора *($E_{эг}$).* Ток в ветви *ab* определяют по формуле:

$$I_{ab} = U_{ab\,xx} / (R_{ab} + R_{вх}) \quad (1.3)$$

где *Uab xx* - напряжение холостого хода активного двухполюсника (эквивалентного генератора) относительно зажимов рассматриваемой ветви; $R_{вх}$ - входное сопротивление пассивного двухполюсника относительно зажимов *ab;* R_{ab} - сопротивление рассматриваемой ветви *ab.*

Последовательность решения.

Определить напряжение U_{abxx} с помощью одного из известных методов расчета электрических цепей, согласно исходной схеме без рассматриваемой ветви *ab.*

Вычислить входное сопротивление $R_{вх}$ пассивного двухполюсника, т. е. сопротивление исходной электрической цепи относительно точек *ab* без ветви *ab,* при замкнутых источниках токов э. д. с. и разомкнутых источников токов.

Вычислить ток в рассматриваемой ветви *ab* (см. рис. 1.1) по формуле (1.3).

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 1.2) с параметрами: E=65,5 В; J_1=3,5 А; J_2 = 8 А; R_1 = 9 Ом; R_2 = 7 Ом; R_3 = 5 Ом; $R_{вн}$ = 3 Ом; $G_{вн}$ = 0,5 См, определить токи в ветвях.

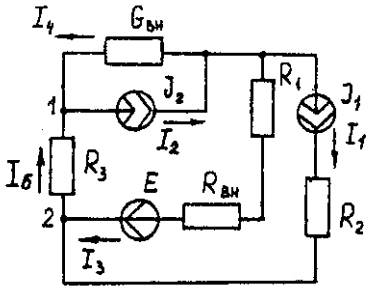


Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

В рассматриваемой электрической цепи неизвестными являются три тока *(I_3, I_4, I_5),* для определения этих токов необходимо иметь систему из трех уравнений электрического равновесия, которые составляем по законам Кирхгофа: два уравнения электрического равновесия по первому закону Кирхгофа, предварительно задавшись положительными направлениями токов в ветвях (для узлов 1 и 2); третье уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа. Принимаем контур *(R_3 – $G_{вн}$ – R_1 – $R_{вн}$ - E),* минуя ветви с источниками тока, и задаемся положительным направлением его обхода (см. рис. 1.2.)

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - J_2 + I_5 = 0; \\ I_3 + J_1 - I_5 = 0; \\ I_5 R_3 - I_4 1/G_{вн} + I_3(R_1 + R_{вн}) = E. \end{array}\right\} \quad (1.4)$$

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - 8 + I_5 = 0; \\ I_3 + 3{,}5 - I_5 = 0; \\ I_5 5 - I_4 * 1/0{,}5 + I_3(9 + 3) = 65{,}5. \end{array}\right\} \quad (1.5)$$

В результате решения системы уравнений (1.5) получим: I_3 = 3 А; I_4 = 1,5 А; I_5 = 6,5 А.

Метод контурных токов

Для определения трех неизвестных токов выбираем три независимых контура (рис 1.3) и задаемся положительными направлениями их обхода, совмещая положительные направления контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} с направлениями их обхода I_{11}= J_1= 3,5 А ; I_{22} = J_2 = 8 А.

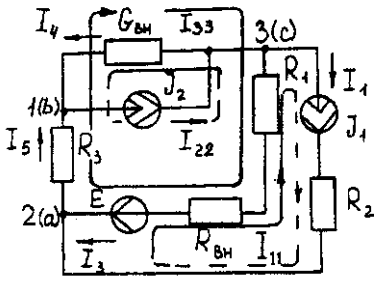


Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

Таким образом, неизвестным является лишь контурный ток I_{33}. Для третьего контура (R_3 - $G_{ВН}$ – R_3 – $R_{вн}$- E) составляем уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа и определяем контурный ток I_{33}

$$-I_{11}(R_1+R_{вн})-I_{22}*1/G_{вн}+I_{33}(R_1+R_{вн}+R_3+1/G_{вн})= E; \quad (1.6)$$

$$-3{,}5(9 + 3) - 8 * 1/0{,}5 + I_{33}\ (9 + 3 + 5 + 1/0{,}5) = 65{,}5;$$

отсюда I_{33} = 6,5 А.

Действительные токи в ветвях:

I_3=I_{33}-I_{11}=6,5-3,5 = 3А;

$I_4 = I_{22}-I_{33}$ = 8-6,5 = l,5A,

$I_5 = I_{33}$=6,5A.

Метод узловых потенциалов

Заземляем один из узлов (например 3, рис. 1.4), потенциал этого узла (φ_3) теперь равен нулю. Для определения потенциалов двух других узлов составляем систему из двух уравнений электрического равновесия по первому закону Кирхгофа:

$$\left.\begin{aligned}\varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} &= I_{11}\\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_2 G_{22} &= I_{22}\end{aligned}\right\} \quad (1.7)$$

$G_{11} = G_{вн}$+ 1/R_3= 0,5 + 1/5 = 0,7 См ; G_{12} = G_{21} = 1/R_3 = 1/5 = 0,2 См ; G_{22} = 1/R_3 + l/(R_1 + $R_{вн}$) = 1/5 + 1/(9 + 3) = 0,28 См.

I_{11} = -J_2 = - 8 А; I_{22} = J_1 + E/(R_1 + $R_{вн}$) = 3,5 + 65/(9 + 3) -=9 А.

$$\left.\begin{aligned}0{,}7\varphi_1 - 0{,}2\varphi_2 &= -8;\\ -0{,}2\varphi_1 - 0{,}28\varphi_2 &= 9,\end{aligned}\right\}$$

откуда φ_1= -3 В ; φ_2 = 29,5 В.

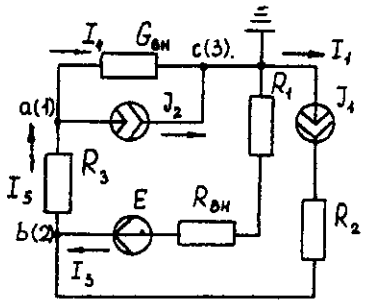


Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

Токи в ветвях:

I_3 = [(φ_3 - φ_2) + E] * 1/ (R_1 + $R_{вн}$) = [(0 - 29,5) + 65,5] * 1/(9 + 3) - 3 А;

I_4 = (φ_3 - φ_1)-$G_{ВН}$ = (0 + 3)*0,5 = 1,5 А;

I_5 = (φ_1- φ_2) • 1/R_3 = (-3 - 29,5)*1/5 = -6,5 А.

Знак "-" у тока I_5 указывает на то, что действительное направление тока противоположно выбранному.

Метод наложения

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3', I_4', I_5'), вызванные источником э. д. с. (Е) при исключении источников тока (J_1) и *(J_2)* (рис. 1.5, а). Направление токов в цепи определяется согласно направлению источника э. д. с. (Е)

I_3'= I_4' = I_5'= E/(R_1 + $R_{вн}$ + R_3 + 1/$G_{ВН}$) = 65,5/(9 + 3 + 5 + 1/0,5) = 3,45 А.

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3", I_4", I_5"), вызванные источником тока *(J_1)* (рис. 1.5, *б*) при исключении источника тока *(J_2)* и источника, э. д. с. *(Е)* которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению (J_1).

$I_3 = J_1(R_3 + 1/G_{ВН})/(R_1 + R_{вн} + R_3 + 1/G_{ВН}) = 3{,}5(5 + 2)/(9 + 3 + 5 + 2) = 1{,}3$ *А;*

I_4" = I_5" = J_1 – I_3" = 3,5 -1,3 = 2,2 А.

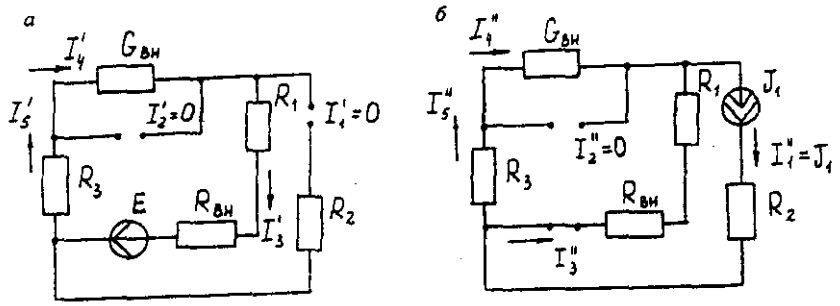


Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3''', I_4''', I_5'''), вызванные источником тока (J_2) (рис. 1.6, а) при исключении источника тока (J_1) и источника, э. д. с. (Е) которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению (J_2).

$I_3''' = I_5''' = J_2 (1/G_{вн})/(R_1 + R_{вн} + R_3 + 1/G_{вн}) = 8*2/(9 + 3 + 5 + 2) = 0{,}85$ А;

$I_4''' = J_2 - I_3''' = 8 - 0{,}85 = 7{,}15$ А

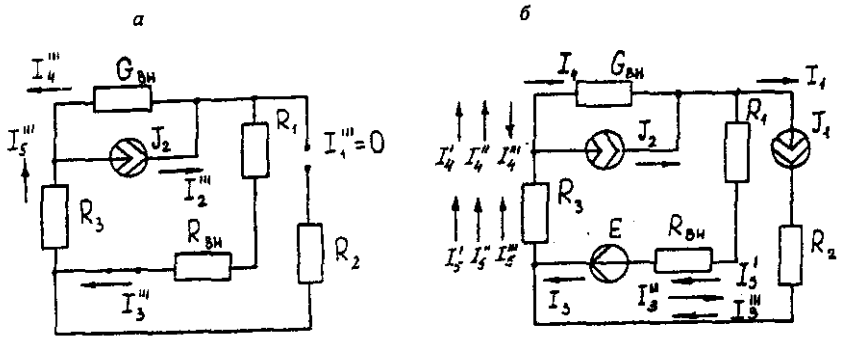


Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

Действительные токи в ветвях определяем как алгебраическую сумму составляющих, вызванных каждым из источников энергии (см. рис. 1.6, б):

$I_3 = I_3' - I_3'' + I_3''' = 3$А; $I_4 = -I_4' - I_4'' + I_4''' = 1{,}5$ А;

$I_5 = I_5' + I_5'' + I_5''' = 6{,}5$ А

Проверку решений выполняем, применяя первый закон Кирхгофа для трех узлов.

Метод эквивалентного генератора

Определить ток ветви *ab*.

Определяем напряжение $U_{ab\,xx}$. При размыкании ветви *ab* исходная схема (см. рис. 1.2) преобразуется в схему, изображенную на рис. *1.7, а.*

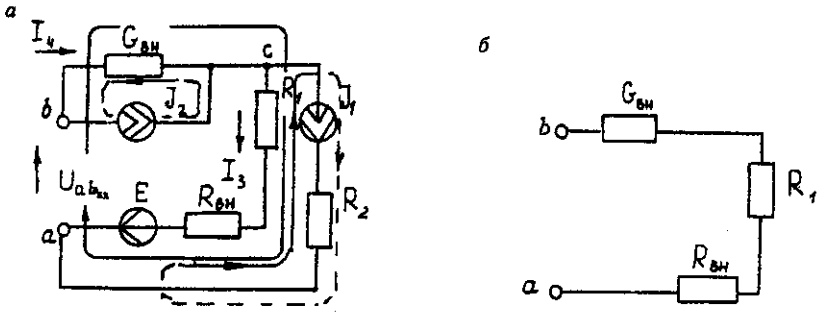


Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение электрического равновесия для контура *a-b-c-a,* не содержащего источников тока, обходя контур по часовой стрелке,

$$U_{ab\,xx} - J_2 * 1/G_{вн} - J_1 * (R_{вн} - R_1) = E \quad (1.8)$$

$U_{ab\,xx} = 8 - 1/0{,}5 - 3{,}5 * (9 + 3) = 65{,}5$; $U_{ab\,xx} = 123{,}5$ В.

Определяем входное сопротивление относительно зажимов выделенной ветви $U_{ab\,xx}$, при этом зажимы источника э. д. с. закорачиваем, а зажимы источников тока размыкаем. В результате получается электрическая цепь (рис. 1.7,6)

$U_{ab\,xx} = 1/G_{вн} + R_1 + R_{вн} = 17$ Ом;

$I_{ab} = U_{ab\,xx}(R_{вх\,ab} + R_3) = 123{,}5/(14 + 5) = 6{,}5$ А.

Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока.

На рис.2.1 представлена неразветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.1 приведены в табл. 2.1,

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение сопротивлений, построить диаграмму сопротивлений.

2. Составить комплексное уравнение напряжений, построить векторную диаграмму напряжений. Записать полное напряжение цепи в алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50\,Гц, \psi_1 = 0$

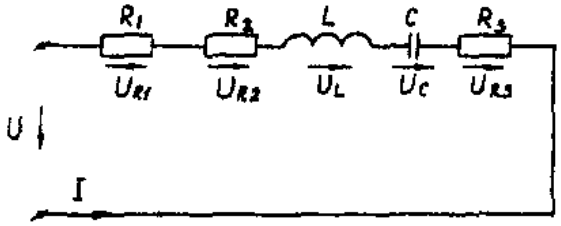


Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют индуктивное и емкостное сопротивления в цепи, Ом

$$X_L = \omega \cdot L$$
$$X_C = 1/\omega \cdot c \quad (2.1)$$

где ω — угловая частота переменного тока, ω = 314 $с^{-1}$. (При вычислении X_C размерность емкости С — Ф, 1Ф = 10^6 мкФ).

Вычисляют полное сопротивление цели в комплексной форме, Ом

$$\underline{Z} = R_1 + R_2 + jX_L - jX_C + R_3 \quad (2.2)$$

Вычисляют действующее значение тока в цепи по закону Ома, А

$$I = \frac{U_{R1}}{R_1} \quad \left(или \frac{U_{R3}}{R_3} \right) \quad (2.3)$$

Записывают комплекс тока в цепи при начальной фазе ψ_i=0 как İ = I, А.

Исходные данные к задаче

Таблица 2.1

Вари-ант	R_1, Ом	R_2, Ом	L, Гн	C, мкФ	R_3, Ом	U_{R1}, В	U_{R3}, В
1	8	10	0,478	636	10	80	-
2	8	15	0,0318	159	10	80	-
3	10	20	0,0636	318	12	100	-
4	10	25	0,0478	127	12	100	-

5	12	10	0,0318	159	6	120	-
6	12	15	0,0636	636	6	-	60
7	6	25	0,0478	106	8	-	80
8	6	10	0,0636	212	8	-	80
9	8	15	0,0636	79,6	10	-	100
10	8	20	0,0478	318	10	-	100
11	10	20	0,096	79,6	12	100	-
12	10	10	0,636	318	12	100	-
13	12	15	0,636	127	6	120	-
14	6	20	0,096	159	6	120	-
15	6	25	0,0478	159	8	60	-
16	8	10	0,0318	636	8	-	80
17	8	15	0,0636	106	10	-	100
18	10	20	0,0318	636	10	-	100
19	10	25	0,0478	79,6	12	-	120
20	12	10	0,096	212	12	-	120
21	8	10	0,096	212	6	80	-
22	8	15	0,048	636	6	80	-
23	10	20	0,0636	159	8	100	-
24	10	25	0,0478	318	8	100	-

Вычисляют напряжения на отдельных элементах цепи и всей цепи в комплексной форме, В

$$\dot{U} = \underline{Z}\dot{I} = R_1\dot{I} + R_2\dot{I} + jX_L\dot{I} - jX_C\dot{I} + R_3\dot{I} = \\ = U_{R1} + U_{R2} + jU_L - jU_C + U_{R3} \quad (2.4)$$

Вычисляют полную мощность цепи и мощность на элементах цепи в комплексной форме

$$S = \dot{U}\cdot\dot{I} = \underline{Z}I^2 = R_1I^2 + R_2I^2 + jX_LI^2 - jX_CI^2 + \\ + R_3I^2 = P_1 + P_2 + jQ_L - jQ_C + P_3 \quad (2.5)$$

Строят (раздельно) векторную топографическую диаграмму напряжений, диаграмму сопротивлений и мощностей на комплексной плоскости в соответствии с данными вычислений по формулам (2.4), (2.2), (2.5).

Комплексной плоскостью называется плоскость, проходящая через две взаимно-перпендикулярные оси, ось вещественных и ось мнимых чисел.

При построении диаграммы (например, напряжений) первоначально откладывают в масштабе (m_1) комплекс тока $\dot{I} = I(\psi_1)$ в положительном направлении оси вещественных чисел, затем откладывают в масштабе (m_u) напряжения U_{R1}, U_{R2}, $+jU_L$, U_{R3}, $-jU_C$. Замыкающий вектор U является вектором напряжения, приложенного к цепи. Он опережает по фазе ток при $X_L > X_C$ ($\varphi>0$) и отстает по фазе от тока при $X_L < X_C$ ($\varphi<0$).

На рис.2.1,а, рис.2.1,в, рис.2.1,с построены, соответственно диаграмма сопротивлений, векторная топографическая диаграмма напряжений и диаграмма мощностей для произвольно принятый значений сопротивлений цепи.

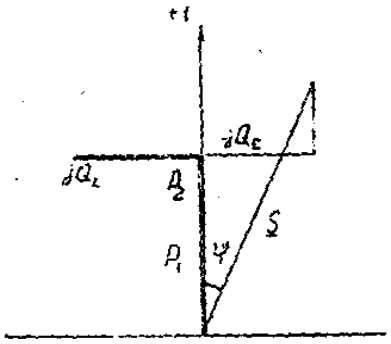


Рис. 2.1,с

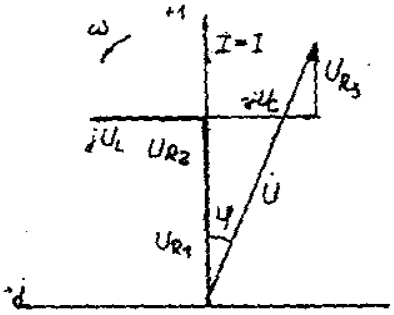


Рис. 2.1,в

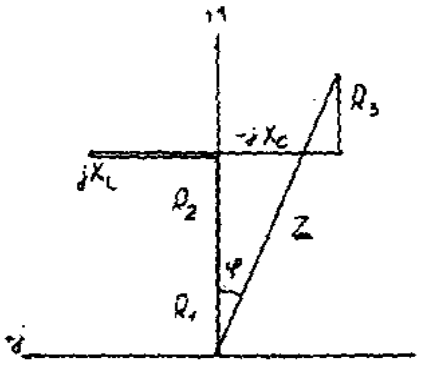


Рис. 2.1,а

2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока

На рис. 2.2 представлена разветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.2 приведены в табл. 2.2.

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение проводимостей. Построить диаграмму проводимостей.

2. Составить комплексное уравнение токов, построить векторную лиаграмму токов. Записать ток на входе цепи а алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50\,Гц, \psi_1 = 0$

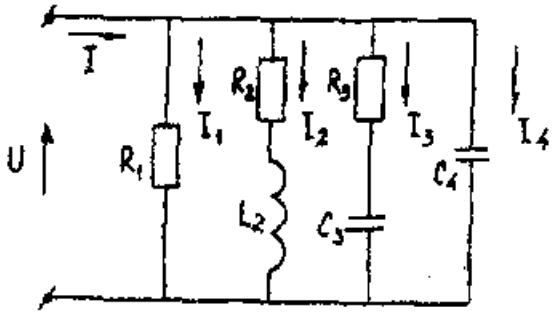


Рис. 2.2. Разветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют комплексы проводимостей параллельных ветвей

$$\underline{Y}_1 = 1/\underline{Z}_1 = 1/R_1 = g_1$$
$$\underline{Y}_2 = 1/\underline{Z}_2 = 1/(R_2 + jX_{L2}) = R_2/Z_2^2 - jX_{L2}/Z_2^2 = g_2 - jb_{L2} \quad (2.6)$$
$$\underline{Y}_3 = 1/\underline{Z}_3 = 1/(R_3 - jX_{C3}) = R_3/Z_3^2 - jX_{C3}/Z_3^2 = g_3 - jb_{C3}$$
$$\underline{Y}_4 = 1/\underline{Z}_4 = 1/(-jX_{C4}) = jb_{C4}$$

где g_1, g_2, g_3, b_{L2}, b_{C3}, b_{C4} — активная, активная, индуктивная, активная, емкостная, емкостная проводимости ветвей рассматриваемой цепи, См.

Вычисляют полную проводимость цепи в комплексной форме

$$\underline{Y} = g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \quad (2.7)$$

Записывают комплекс напряжения, приложенного к цепи при начальной фазе $\psi_u = 0$ как $\dot{U} = U$

Вычисляют полный ток цепи в комплексной форме (по первому закону Кирхгофа), А

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = U\underline{Y} = U\begin{bmatrix} g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + \\ + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \end{bmatrix} = \quad (2.8)$$
$$= I_{a1} + (I_{a2} - jI_{L2}) + (I_{a3} + jI_{C3}) + jI_{C4}$$

Исходные данные к задаче

Таблица 2.2

Вари-ант	R_1, Ом	R_2, Ом	L, Гн	C, мкФ	R_3, Ом	U_{R1}, В	U_{R3}, В
1	5	3	4	16	12	25	100
2	10	8	6	16	12	20	100
3	16,7	6	8	12	16	16,7	100
4	20	16	12	4	3	10	100
5	25	12	16	3	4	25	100
6	5	12	16	4	3	20	100
7	10	16	12	3	4	16,7	100
8	16,7	6	8	16	12	10	100
9	20	8	6	6	8	5	100
10	25	3	4	6	8	5	100
11	5	4	3	16	12	10	100
12	10	4	3	12	16	16,7	100
13	16,7	3	4	8	6	20	100
14	20	8	6	4	3	25	100
15	25	6	8	12	16	25	100
16	5	16	12	8	6	20	100
17	10	16	12	6	8	16,7	100
18	16,7	12	16	3	4	10	100
19	20	12	16	6	8	10	100
20	25	6	8	3	4	5	100
21	10	6	8	12	16	10	100
22	16,7	16	12	16	3	5	100
23	20	12	6	4	8	15	100
24	25	8	6	3	4	20	100

Вычисляют полную мощность цели в комплексной форме

$$S = \dot{U} \cdot \dot{I} = U\left[I_{a1} + \left(I_{a2} + jI_{L2}\right) + \left(I_{a3} - jI_{C3}\right) + jI_{C4}\right] = \quad (2.9)$$
$$= P_1 + \left(P_2 + jQ_{L2}\right) + \left(P_3 - jQ_{C3}\right) - jQ_{C4}$$

где İ - сопряженный комплекс тока. Сопряженный комплекс — это исходный комплекс у которого знак мнимой составляющей меняется на противоположный.

В соответствии с данными вычислений по формулам (2.7), (2.8), (2.9) строят на комплексных плоскостях раздельно диаграммы проводимостей, токов и мощностей.

Первоначально откладывают в масштабе (m_u) комплекс напряжений $\mathring{U} = U$ ($\psi_u=0$) в положительном направлении оси вещественных чисел, затем (например для векторной диаграммы токов), откладывают в масштабе (m_i) токи I_{a1}, I_{a2}, $-jI_{L2}$, I_{a3}, $+jI_{C4}$. Полный ток цепи (замыкающий вектор) отстает по фазе от напряжения при $b_{L2} > (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi>0$) и опережает по фазе напряжение при $b_{L2} < (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi<0$)

На рис.2.2,а, рис.2.2,в, рис.2.2,с построенных, соответственно, диаграмма проводимостей, векторная диаграмма токов и диаграмма мощностей для произвольно принятых значений проводимостей цепи.

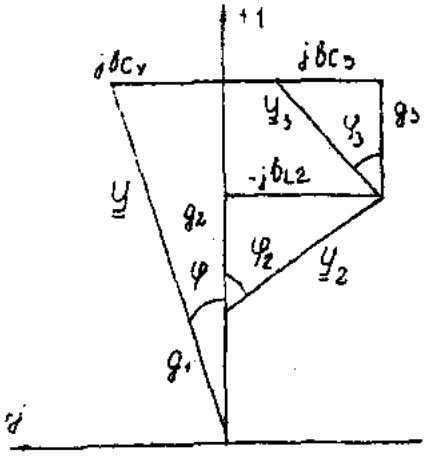


Рис. 2.2.а

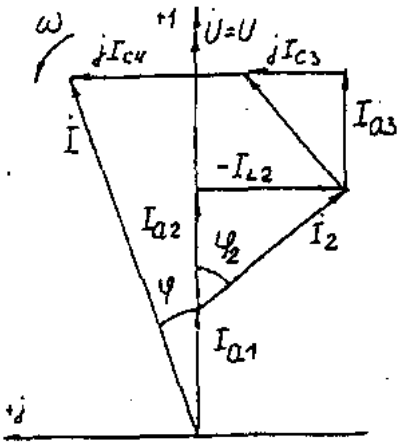


Рис. 2.2.в

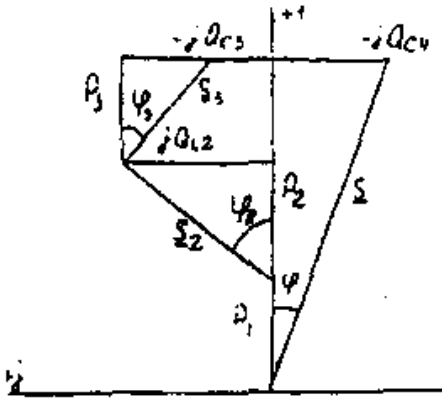


Рис. 2.2.с

2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 2.3) с известными параметрами (табл. 2.4) определить токи в ветвях и полный ток, напряжение на участках цепи, мощности активные, реактивные и полные отдельных ветвей и всей цепи. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

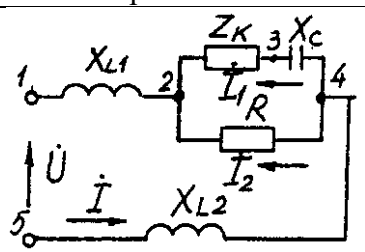
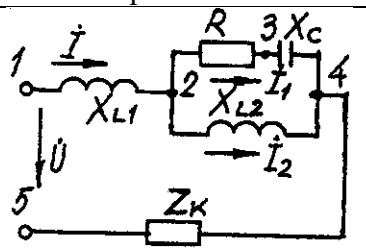
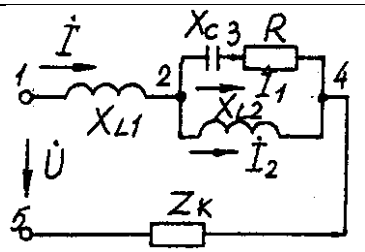
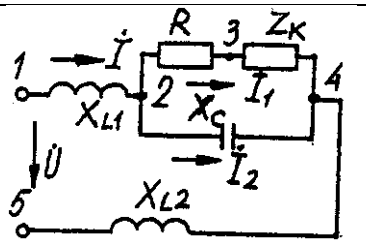
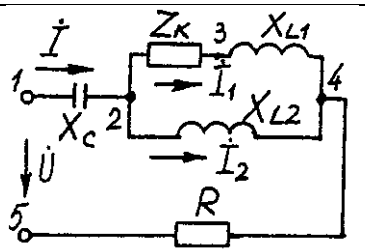
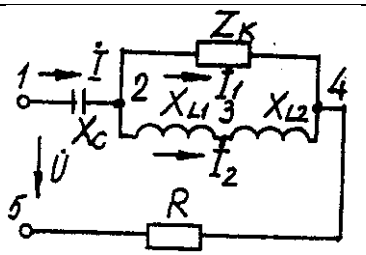
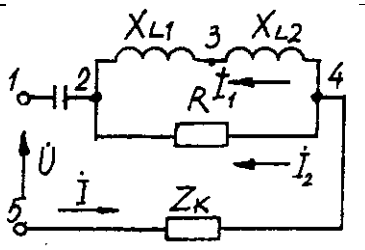
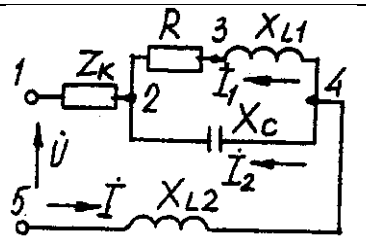
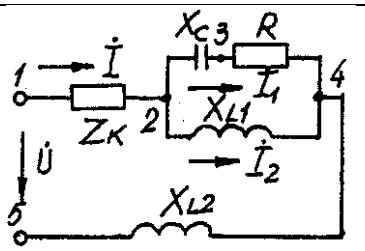
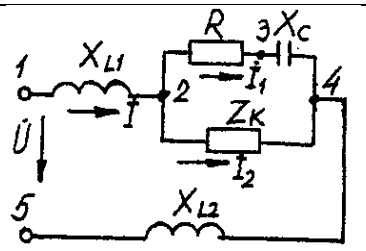
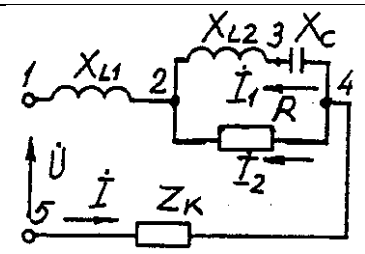
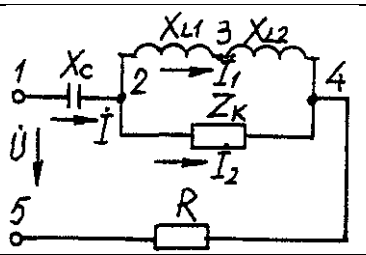
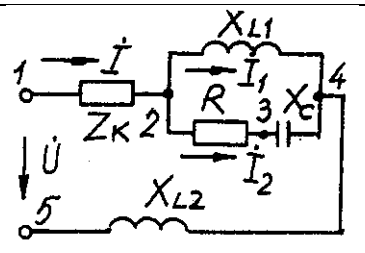
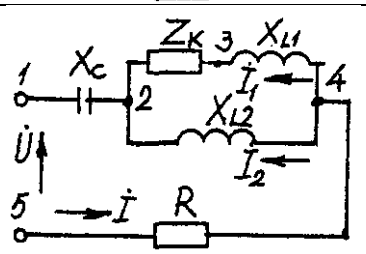
Методические указания.

Решить задачу, используя символический метод расчета для действующих значений напряжений и токов.

Вектор приложенного к цепи напряжения рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $U=U$.

Заданную задачу, можно решить, используя метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа, метод преобразования электрической схемы или другие известные методы.

Таблица 2.3.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	

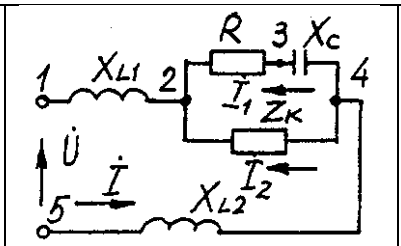
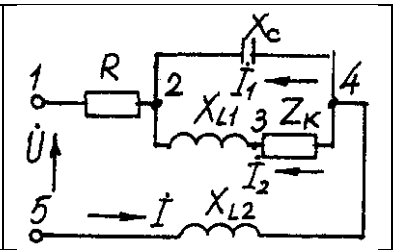
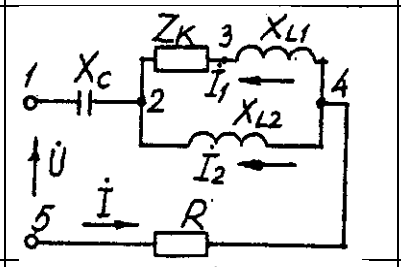
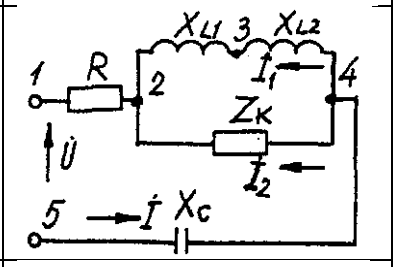
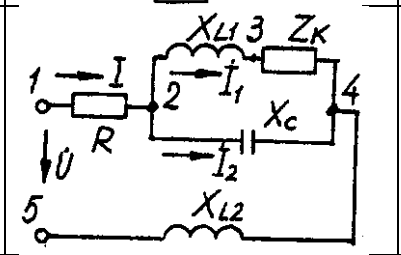
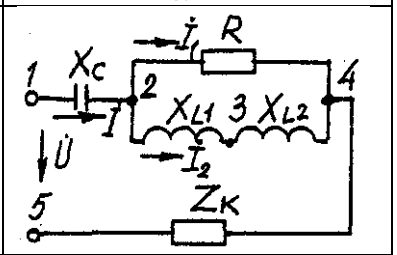
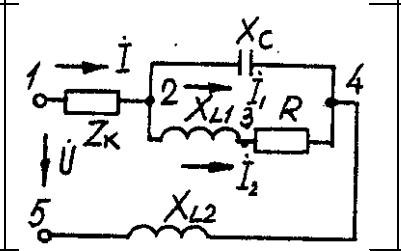
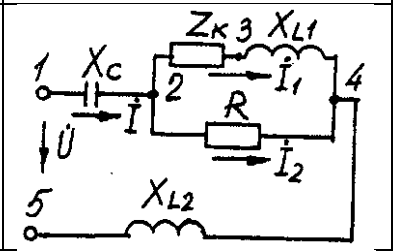
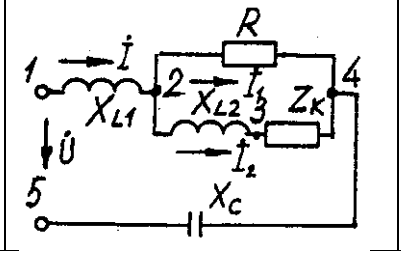
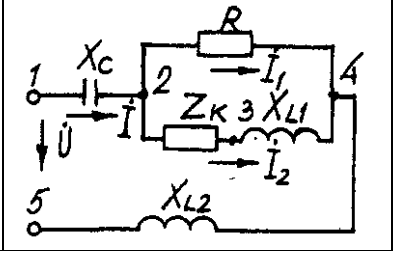
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Таблица 2.4

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	U, В	R, Ом	X_{L1}, Ом	X_{L2}, Ом	X_C, Ом	R_K, Ом	X_{LK}, Ом
1	160	18	23	10	8	15	7
2	180	30	23	18	43	13	12
3	200	12	46	31	18	10	20
4	260	2	14	27	13	9	12
5	100	14	12	15	31	21	14
6	380	19	16	27	15	15	16
7	140	13	62	3	35	12	22
8	120	8	25	3	14	10	11
9	220	3	8	26	4	6	33
10	20	16	40	25	44	6	7
11	400	16	2	35	55	11	16
12	240	31	7	23	14	2	7
13	320	19	22	10	17	9	12
14	380	20	19	20	23	9	42
15	60	21	63	7	29	8	37
16	40	44	32	12	54	16	10
17	300	35	36	27	33	71	27
18	280	11	51	14	7	21	34
19	80	13	64	82	25	12	46
20	240	16	42	11	91	46	9
21	100	16	18	23	13	10	24
22	200	7	5	18	38	14	20
23	180	21	22	14	25	6	11
24	160	24	92	46	85	27	10

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 2.3) с параметрами: U=100 В; $R_к$ =6 Ом; X_{L1}= 6 Ом; R_1 = 8 Ом; X_C=6 Ом; X_C=10 Ом; X_{L2} =11 Ом определить токи в ветвях, напряжения на участках цепи, активные, реактивные и полные мощности. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

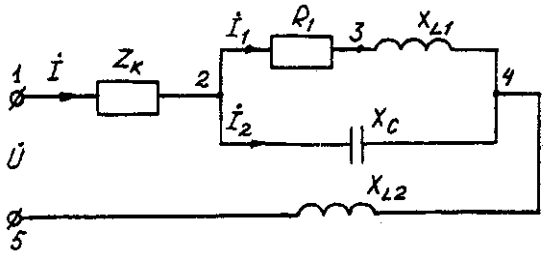


Рис. 2.3. Схема электрической цепи

Задаемся условным положительным направлением токов в ветвях. Выбираем два независимых контура (1-2-3-4-5-1, 2-3-4-2). Для определения трех неизвестных токов *(İ, $İ_1$, $İ_2$)*, составляем систему (2.1) из трех уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа (одно по первому и два по второму законам) в комплексной форме:

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(R_к + jX_{Lк}) + \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) + \dot{I}\,jX_{L2} = \dot{U}; \\ \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) - \dot{I}_2(-jX_C) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.10)$$

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(6 + j6) + \dot{I}_1(8 + j6) + \dot{I}\,j11 = 100; \\ \dot{I}_1(8 + j6) - \dot{I}_2(-j10) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.11)$$

Определяем токи в ветвях, решая систему уравнений(2.11), А

$İ_1=(-1-j5,5)=5,59e^{-j100°}$,

$İ_2=(5-j2,5)=5,59e^{j27°}$,

$İ=(4-j3)=5e^{-j37°}$А.

Определяем падения напряжения на отдельных участках цепи, В:

$\mathring{U}_{12}=İ*\underline{Z}_К=(4-j3)(6+j6)=(42+j6)=42,4e^{j8°}$;

$\mathring{U}_{23}=İ_1*R_1=(-1-j5,5)8=(8-j44)=42^{-j100°}$;

$\mathring{U}_{34}=İ_1*jX_{L1}=(-1-j5,5)j6=(33-j6)=33,54e^{-j10°}$;

$\mathring{U}_{24}=(25-j50)=55,9e^{-j63°}$;

$\mathring{U}_{45}=İ*jX_{L2}=(4-j3)j11=(33+j44)=55e^{53°}$.

Проверка решений, В:

$\mathring{U} = \mathring{U}_{12} + \mathring{U}_{23} + \mathring{U}_{34} + \mathring{U}_{45} = 100$.

Определяем мощности, ВА:

$\underline{S}_{12}= \mathring{U}_{12}\cdot Ï=42,4\ e^{j8°}\cdot 5e^{j37°}=212e^{j45°}=150+j150$;

$\underline{S}_{24} = \mathring{U}_{24}Ï_1 + \mathring{U}_{24}\cdot Ï_2=55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{j100°}+55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{-j27°}=313e^{j37°}+313e^{-j90°}=250+j188-j313;$

$\underline{S}_{45}= \mathring{U}_{45}\cdot Ï=55\ e^{j53°}\cdot 5e^{j37°}=275e^{j90°}=j275$;

$\underline{S} = \underline{S}_{12} + \underline{S}_{24} + \underline{S}_{45}=150+j150+250+j188-j313+j275=400+j613-j313=P+jQ_L - jQ_C.$

$\underline{S} = \mathring{U}\cdot Ï=100\ 5e^{j37°}=500e^{j37°}=(400+j300).$

где *Ï*- сопряженные комплексы токов.

Строим векторные диаграммы токов и напряжений (рис. 2.4).

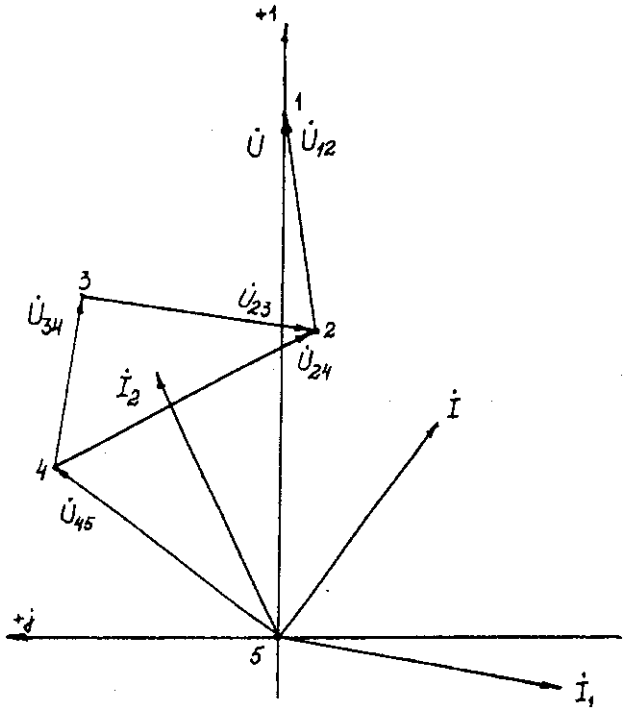


Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивлени е фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	127	10	-	-	-	-	127	3	4	-
2	127	3	-	4	10	-	-	-	12,7	-
3	127	-	-	10	4	3	-	12,7	-	-
4	127	3	4	-	-	-	10	12,7	-	-
5	220	20	-	-	6	8	-	12	-	16
6	220	-	-	22	20	-	-	16	12	-
7	220	20	-	-	6	8	.	8	-	6
8	220	20	-	-	16	-	12	12	16	-
9	380	50	-	-	-	-	30	-	-	190
10	380	-	-	50	16	12	-	-	-	38
11	380	12	16	-	38	-	-	16	12	-
12	380	38	-	-	15	-	20	20	20	-
13	127	-	-	12,7	10	-	-	4	3	.
14	127	12,7	-	-	4	3	-	б	-	8
15	127	3	4	-	-	-	10	-	-	12,7
16	127	8	6	-	3	-	4	12,7	-	-
17	220	20	-	-	-	-	22	8	б	-
18	220	6	-	8	22	-	-	-	-	22
19	220	16	12	-	-	-	20	22	-	-
20	220	-	-	22	-	-	22	22	-	-
21	380	38	-	-	-	-	38	-	38	-
22	380	-	10	-	16	12	-	38	-	-
23	380	20	-	-	-	-	20	-	20	-
24	380	38	-	-	20	15	-	15	-	20

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.1) с известными параметрами (табл. 3.1) определить токи и напряжения в четырехпроводной цепи. Вычислить активную, реактивную и полную мощности цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

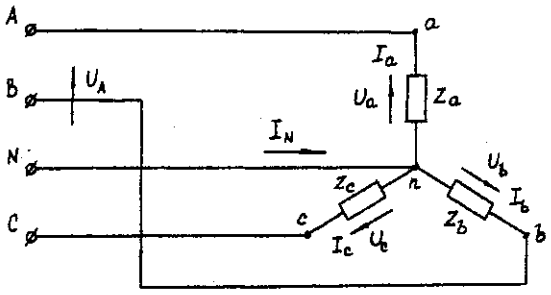


Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

Определить фазные напряжения и токи после обрыва нейтрального провода. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Для четырехпроводной звезды напряжения фаз генератора (источника) и приемника принять равными (т. е. пренебречь потерями в соединительных проводах).

Вектор напряжения фазы "А" генератора рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел *($\mathring{U}_A = U$).*

Трехфазную систему фазных и линейных напряжений генератора принять симметричной (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга на 120°).

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка включена четырехпроводной звездой. Фазное напряжение генератора $\mathring{U}_A$ = 220 В; $\underline{Z}_a$= 22 Ом; $\underline{Z}_b$ = (16 +j12) =$20e^{j37^\circ}$ Ом; $\underline{Z}_c=(12-j16)=20e^{-j53^\circ}$ *Ом.*

Определить токи в фазах и нейтральном проводе, мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов. Решение произвести для двух режимов:

а) нейтральный провод исправен; б) нейтральный провод оборван.

а). Нейтральный провод исправен.

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A$=220В;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B = 220e^{-j120^\circ} = (-110-j190)$ *В;*

$\mathring{U}_c = \mathring{U}_C = 220e^{j120}(-110+j190)$ *В.*

$\dot{I}_a = \mathring{U}_a/\underline{Z}_a = 220/22 = 10$ *А;*

$\dot{I}_b = \mathring{U}_b/\underline{Z}_b = 220e^{-j120^\circ}/20e^{j37^\circ} = 11e^{-j157^\circ} = (-10,13-j4,3)$ *А;*

$\dot{I}_c = \mathring{U}_c/\underline{Z}_c = 220e^{j120^\circ}/20e^{-53^\circ} = 11e^{j173^\circ} = (-10,92+j1,34)$ *А.*

$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 10+(-10,13-j4,3)+(-10,92+j1,34) = (-11,05-j2,96) = 11,44e^{-j165^\circ}$ *А.* (3.1)

$\underline{S}^{(3)} = \underline{S}_a + \underline{S}_b + \underline{S}_c = \mathring{U}_a\dot{I}_a + \mathring{U}_b\dot{I}_b + \mathring{U}_c\dot{I}_c = 220*10+220e^{-120^\circ}11e^{j157^\circ}+220e^{j120^\circ}11e^{j173^\circ} = 2200+2420e^{j37^\circ}+2420e^{-j53^\circ} = 2200+(1933+j1456)+(1456-j1933) = (5589-j477) = 5610e^{-j5^\circ}$ *ВА.*

Векторная диаграмма напряжений и токов представлена на рис. 3.2.

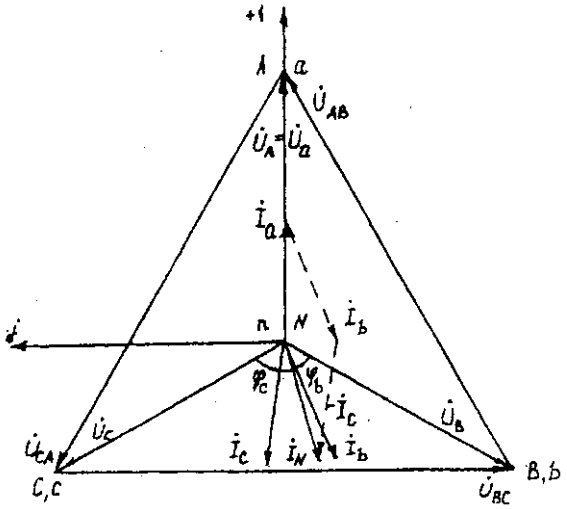


Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

б). Нейтральный провод оборван.

Четырехпроводная звезда преобразуется в трехпроводную звезду, поэтому между нейтральными точками генератора и несимметричной нагрузки появляется напряжение смещения U_{nN}, вычисляемое по формуле:

$U_{nN}=(U_A\underline{Y}_a+ U_B\underline{Y}_b + U_C\underline{Y}_c)/(\underline{Y}_a+ \underline{Y}_b + \underline{Y}_c)$. (3.2)

Проводимости фаз нагрузки, См

$\underline{Y}_a$ =1/Z_a= 1/22 =0,045;

$\underline{Y}_b = 1/ Z_b = 1/ 20e^{j37^\circ} = 0,05e^{-j37^\circ}=(0,04 –j0,03)$;

$\underline{Y}_c = 1/ Z_c = 1/20e^{-j53^\circ} = 0,05e^{j53^\circ} = (0,03 +j0,04)$.

Вычисления упрощаются, если в числителе формулы (3.2) использовать значение I_N из предыдущего расчета при исправном нейтральном проводе

$\mathring{U}_{nN}$ = (-11,05 -j2,96) / [0,045 + (0,04 -j0,03) + (0,03 +j0,04)] = $11,44e^{-j165^\circ}/0,1154e^{j5^\circ}=99e^{-j170^\circ}$ = (-97,5 -j17,2) В.

Вычисляем напряжения фаз нагрузки, В

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A- \mathring{U}_{nN}= 220-(-97,5 -j17,2) = (317,5 +j17,2)=318\ e^{j3^\circ}$;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B- \mathring{U}_{nN}=(-110 -j190)-(-97,5 -j17,2)=(-12,5 -j172,8)=173,3e^{-j94^\circ}$;

$\mathring{U}_c=\mathring{U}_C- \mathring{U}_{nN}= (-110+j190) - (-97,5 -j17,2)=(-12,5+j207,2)=207,4e^{j94^\circ}$.

Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки представлена на рис. 3.3.

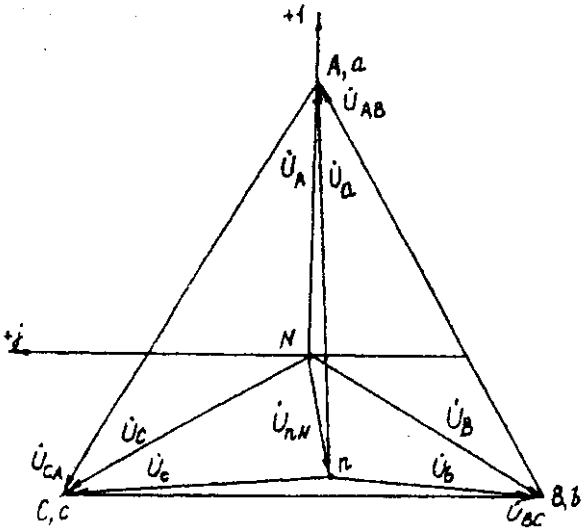


Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивление фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	220	6	8	-	-	-	20	22	-	-
2	220	20	-	-	12	16	-	16	-	12
3	220	-	-	10	3	-	4	8	6	-
4	220	-	22	-	-	-	22	22	-	-
5	380	19	-	.	12	-	16	20	15	-
б	380	-	-	38	15	-	20	20	-	-
7	380	20	15	-	38	-	-	24	-	32
8	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
9	220	-	-	22	-	22	-	22	-	-
10	220	20	-	-	20	-	-	-	-	20
11	220	-	-	10	6	8	.	8	-	б
12	220	3	4	-	-	-	5	4	3	-
13	380	12	16	-	16	-	12	20	-	-
14	380	-	-	19	19	-	-	-	19	-
15	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
16	380	20	15	-	15	-	20	20	-	-
17	220	-	-	20	20	-	.	-	20	-
18	220	12	-	16	16	12	-	20	-	-
19	220	-	-	5	6	8	-	8	-	б
20	220	6	8	-	8	-	6	10	-	-
21	380	24	32	-	19	.	-	32	-	24
22	380	-	-	38	32	24	-	24	.	32
23	380	38	-	-	-	38	-	-	-	38
24	380	-	38	-	24	-	32	19	-	-

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.4) с известными параметрами (табл. 3.2) определить линейные и фазные токи.

Вычислить активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

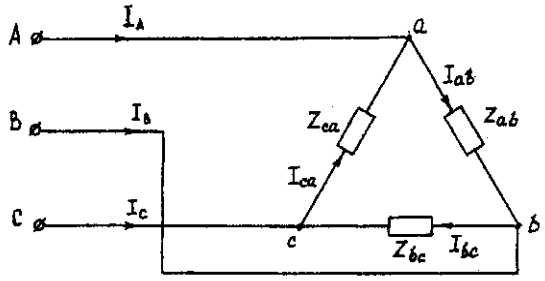


Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Фазные напряжения приемника принять равными линейным напряжениям генератора (т. е. сопротивлениями соединенных проводов пренебречь).

Вектор линейного напряжения $\mathring{U}_{AB}$ рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}$

Трехфазную систему линейных и фазных напряжений генератора и приемника принять как симметричную трехфазную систему напряжений (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120°).

Последовательность решения.

Начертить схему, конкретизируя нагрузку фаз приемника в соответствии с заданием.

Записать комплексы фазных напряжений приемника

$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=U$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=Ue^{-j120°}$$
$$\mathring{U}_{ca}=\mathring{U}_{CA}=Ue^{j120°}$$

Вычислить фазные токи приемника по формулам:

$$\dot{I}_{ab}=\mathring{U}_{ab}/\underline{Z}_{ab};$$
$$\dot{I}_{bc}=\mathring{U}_{bc}/\underline{Z}_{bc};$$
$$\dot{I}_{ca}=\mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}.$$

Вычислить линейные токи по формулам:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}.$$

Вычислить активную мощность цепи по формуле

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})$$

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка соединена треугольником. Задано линейное напряжение генератора $\mathring{U}_{AB}$ = 380В, $\underline{Z}_{ab} = 22$ *Ом,* $\underline{Z}_{bc}$=(16 +j12) Ом, Z_{CA} = (16 *–j12)* Ом. Определить фазные и линейные токи, активную мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Записываем комплексы фазных напряжений приемника, В

$$\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}=380;$$
$$\mathring{U}_{bc}= \mathring{U}_{BC}=380e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{ca}= \mathring{U}_{CA}=380e^{j120°}.$$

Вычисляем фазные токи приемника по формулам, А:

$$\dot{I}_{ab}= \mathring{U}_{ab}/ \underline{Z}_{ab}=380/22=17,3;$$
$$\dot{I}_{bc}= \mathring{U}_{bc}/ \underline{Z}_{bc}=380e^{-j120°}/(16+j12)=(-17,5-j7,5)=19e^{-j157°};$$
$$\dot{I}_{ca}= \mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}=380e^{j120°}/(16-j12)=(-17,5+j7,5)=19e^{j157°.}$$

Вычисляем линейные токи по формулам, А:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca}17,3-(-17,5+j7,5)=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j12°};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab}=(-17,5+j7,5)-17,3=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j168°};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}=(-17,5+j7,5)- (-17,5+j7,5)=j15.$$

Вычисляем активную мощность цепи по формуле , Вт:

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$$

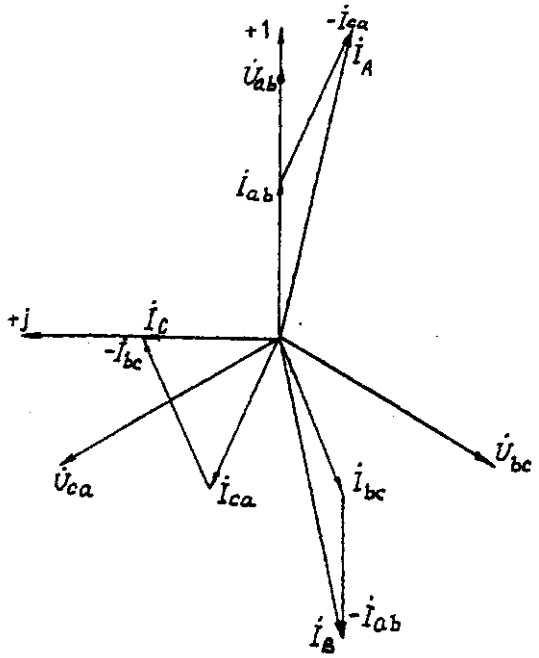


Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Номер вариан-та	Исходные данные					
	$U_Л$, В	$Z_{Л1}$, Ом	$Z_{Л2}$, Ом	Z_2, Ом	P_1, кВт	$\cos\varphi_1$
1	127	0,8	1,4+ j1,0	4+ j6	3	0,7
2	220	0,9	1,2+j1,4	6+j8	5	0,5
3	380	0,7	1,6+j1,4	9+j12	6	0,8
4	660	0,2	1,8+j2,0	16+j16	18	0,9
5	127	1,2	1,0+j1,4	4+ j3	4	0,5
б	220	1,1	1,4+j1,2	6+j10	б	0,6
7	380	0,9	1,6+j1,2	10+j14	8	0,7
8	660	0,7	1,8+j1,6	18+j16	16	0,8
9	127	1,0	1,2+j1,0	2+ j3	3	0,5
10	220	1,3	1,4+j1,8	7+ j6	б	O,5
11	380	0,8	1,0+j1,8	12+j16	10	0,5
12	660	0,3	1,8+j1,4	16+j20	14	0,7
13	127	1,4	1,4+j2,0	5+ j3	4	0,6
14	220	1,5	1,6+j1,0	8+j6	5	0,6
15	380	0,6	1,2+j1,6	16+j8	8	0,6
16	660	0,4	1,8+j1,2	20+j20	12	0,6
17	127	0,6	1,0+j1,6	5+j4	2	0,5
18	220	1,6	1,2+j2,0	9+ j6	8	0,5
19	380	0,5	1,8+j1,0	12+j10	14	0,8
20	660	0,5	1,6+j2,0	20+j24	10	0,6
21	127	0,4	1,2+j1,8	6+j4	2	0,7
22	220	1,8	1,2+j1,6	9+j7	7	0,8
23	380	0,7	1,0+j1,2	14+j10	12	0,8
24	660	0,6	1,6+j1,8	18+j24	16	0,7

Условие задачи.

К зажимам симметричного трехфазного источника энергии присоединены два симметричных приемника (рис. 4.1). Первый из них соединен по схеме «звезда», потребляет активную мощность P_1 при коэффициенте мощности $\cos\varphi$ ($\varphi_1 > 0$) и подключен непосредственно к зажимам источника. Второй приемник соединен по схеме "треугольник", имеет нагрузку в каждой фазе Z_2 и подключен к источнику энергии через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л2}$.

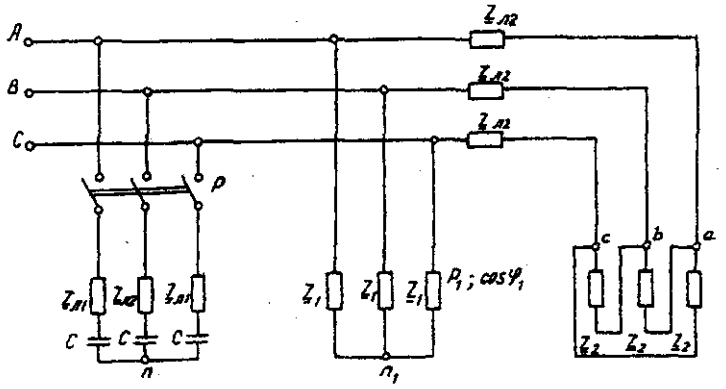


Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

Для повышения коэффициента мощности приемников до единицы к тому же источнику через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л1}$ в каждой фазе подключается батарея конденсаторов С, соединенная по схеме "звезда".

Определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Методические указания.

Задачу решить комплексным методом, совместив один из векторов фазного или линейного напряжений источника энергии с положительным направлением оси вещественных чисел. Для определения линейных и фазных токов и напряжений второго приемника рекомендуется провести эквивалентные преобразования треугольника в звезду.

Последовательность решения.

Записать линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме. Провести соответствующие эквивалентные преобразования второго приемника. Определить линейные токи приемников при отключенной батарее конденсаторов. Определить падение напряжений в проводах линии электропередачи $Z_{Л2}$. Определить фазные токи второго приемника. Определить реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы. Определить емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Определить линейные токи источника энергии при включении батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника энергии и приемников.

Пример решения задачи

Для заданной электрической схемы трехфазных потребителей (рис. 4.1) по известным параметрам: $U_Л$= 220 В; $\underline{Z}_{Л1}$= 1,7 Ом; $\underline{Z}_{Л2}$= (1,4+j1,6) Ом; $\underline{Z}_2$= (9+j7) Ом; P_1= 4 Вт; cos φ_1=0,7; определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии.

1. Выразим линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме, В

$$U_\phi = \frac{U_Л}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127.$$

Вектор фазного напряжения источника венных чисел, тогда, В

$\mathring{U}_A$ направим по оси вещественных чисел, тогда, В

$$\mathring{U}_A = \mathring{U}_\Phi = 127;$$

$$\mathring{U}_B = \mathring{U}_A \cdot e^{-j120°} = 127 \cdot e^{-j120°};$$

$$\mathring{U}_C = \mathring{U}_A \cdot e^{-j120°} = 127 \cdot e^{j120°};$$

$$\mathring{U}_{AB} = \mathring{U}_A - \mathring{U}_B = 127 \cdot 127 \cdot e^{-j120°} = 220e^{j30°};$$

$$\mathring{U}_{CA} = \mathring{U}_C - \mathring{U}_A = 127 \cdot e^{j120°} - 127 = 220e^{j150}.$$

2. Преобразуем треугольник сопротивлений *a,b, c* второго приемника (рис. 4.2) в эквивалентную звезду, Ом

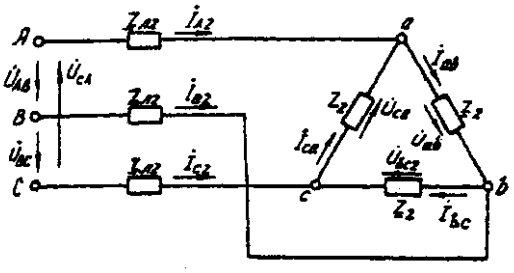


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

Поскольку приемник симметричный, то сопротивление фазы эквивалентной звезды в три раза меньше сопротивления фазы треугольника.

Для симметричных приемников, соединенных в звезду, потенциалы нулевых точек должны быть одинаковыми. В связи с этим дальнейший расчет выполним для одной фазы (фазы А) (рис. 4.3).

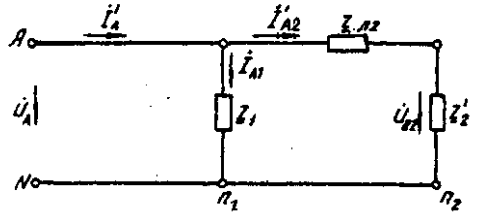


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

Полное сопротивление фазы эквивалентной звезды с учетом сопротивления линия $Z_{Л2}$ равно, Ом.

3. Определить линейные и фазные токи и напряжения второго приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Фазные токи эквивалентной звезды, А:

$$\dot{I}_{A2}=\frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}'_2}=\frac{12}{5{,}9e^{j41°48'}}=21{,}52e^{-j41°48'};$$

$$\dot{I}_{B2}=21{,}52e^{-j161°48'};$$

$$\dot{I}_{C2}=21{,}52e^{-j78°12'}.$$

Фазные токи эквивалентной звезды (рис. 4.4) равны линейным токам треугольника второго приемника (см. рис. 4.2).

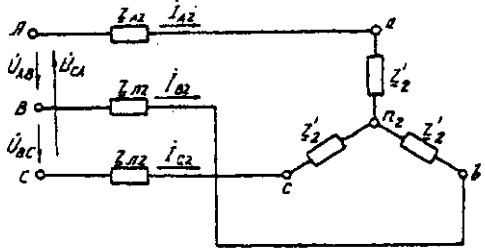


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127-21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{ab2}=\dot{U}_{a2}-\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j3°55'}-81{,}78e^{-j123°55'}=141{,}65e^{j26°05'};$

$\dot{U}_{bc2}=\dot{U}_{b2}-\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{-j123°55'}-81{,}78e^{-j116°05'}=141{,}65e^{-j93°55'};$

$\dot{U}_{ca2}=\dot{U}_{c2}-\dot{U}_{a2}=81{,}78e^{j116°05'}-81{,}78e^{-j3°55'}=141{,}65e^{j146°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды равны фазным напряжениям треугольника сопротивлений второго приемника (см. рис. 4.2). Фазные токи второго приемника, А:

$$\dot{I}_{ab}=\frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_2}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{9+j7}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{11{,}4e^{j37°52'}}=12{,}42e^{-j11°47'};$$

$$\dot{I}_{bc}=12{,}42e^{-j131°47'};$$

$$\dot{I}_{ca}=12{,}42e^{-j108°13'}.$$

Полная мощность одной фазы второго приемника с учетом сопротивления линии электропередачи $\underline{Z}_{Л2}$ равна, ВА:

$$S_2=U_A\cdot I_{A2}=127\cdot 21{,}52e^{j41°48'}=2733e^{j41°48'}=(2037+j1822);$$

$$P_г=2037\text{ Вт};\ Q_2=1822\text{ ВА}.$$

4. Определим линейные и фазные напряжения и токи первого приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Так как первый приемник подключен напрямую к источнику электрической энергии ($Z_Л = 0$), то фазные и линейные напряжения приемника равны фазным и линейным напряжениям генератора, В:

$$\mathring{U}_{a1}=\mathring{U}_1=127;$$
$$\mathring{U}_{b1}=\mathring{U}_B=127e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{c1}=\mathring{U}_C=127e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=220e^{-j90°};$$
$$\mathring{U}_{ca1}=\mathring{U}_{CA}=220e^{j150°};$$

Для приемника, соединенного в звезду, фазные токи равны линейным $I_Ф=I_Л$. Определяем модуль фазного тока первого приемника, А:

$$I_Ф=\frac{P_1}{3U_Ф\cos\varphi_1}=\frac{4000}{3\cdot127\cdot0{,}7}=15$$

Определяем угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника:

$$\cos\varphi_1=0{,}7;\ \varphi_1=45°34',\ (\varphi_1>0).$$

Записываем выражения фазных токов первого приемника в комплексной форме. Так как угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника известен, то начальная фаза тока, например фазы А, равна

$$\Psi_{IA}=\Psi_{UA}-\varphi_1=0-45°34'=-45°34'$$

Следовательно,

$$\dot{I}_{A1}=15\cdot e^{-j45°34'};$$
$$\dot{I}_{B1}=15\cdot e^{-j165°34'};$$
$$\dot{I}_{C1}=15\cdot e^{-j74°26'};$$

Полная мощность одной фазы первого приемника:

$$\dot{S}_1=\dot{U}_A\cdot\dot{I}_{A1}=127\cdot15\cdot e^{j45°34'}=1905\ e^{j45°34'}=(1333+j360)\ ВА;$$
$$P_1=1333\text{кВт};\ Q_1=1360\ \text{В}\cdot\text{А}.$$

5. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при отключенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.3), А:

$$\dot{I}'_A=\dot{I}'_{A1}+\dot{I}'_{A2}=15\cdot e^{-j45°34'}+21{,}52e^{-j41°48'}=$$
$$=10{,}5-j10{,}7+16-j14{,}3=26{,}5-j25=36{,}5e^{-j43°21'};$$
$$\dot{I}'_B=36{,}5e^{-j163°21'};$$
$$\dot{I}'_C=36{,}5e^{-j79°39'}.$$

6. Определяем реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, ВА:

$$Q_c=Q_1+Q_2=1360+1822=3182.$$

7. Определяем емкостное сопротивление в фазе батареи конденсаторов, Ом:

$$Q_c=I^2X_c=\left(\frac{U}{Z}\right)^2\cdot X_c=\frac{U^2X_c}{Z^2}=\frac{U^2X_c}{R_{Л1}^2+X_c^2};$$

где $Z=\sqrt{R_{Л1}^2+X_c^2}$ - модуль полного сопротивления в фазе батарея конденсаторов с учетом сопротивления линии $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$.

$$X_c^2-\frac{U^2}{Q_c}X_c+R_{Л1}^2=0;$$

$$X_{c1,2}=\frac{U^2}{2Q_c}\pm\sqrt{\left(\frac{U^2}{2Q_c}\right)^2-R_{Л1}^2}=\frac{127^2}{2\cdot3182}\pm\sqrt{\left(\frac{127^2}{2\cdot3182}\right)^2-1{,}7^2}=(2{,}53\pm1{,}88);$$

$$X_{c1}=4{,}41;\ X_{c2}=0{,}65.$$

Следовательно, режиму полной компенсации реактивной мощности удовлетворяют два значения емкостного сопротивления. Принимаем большее, так как, во-первых, большему сопротивлению соответствует меньший ток в фазе батареи конденсаторов и, соответственно, меньшие потери активной мощности на сопротивлении $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$. Во-вторых, большее значе-

ние емкостного сопротивления определяет меньшую емкость батареи конденсаторов, необходимую для компенсации реактивной мощности приемников.

8. Определяем емкость в фазе батареи конденсаторов, Ф

$$C = \frac{1}{X_c \cdot \omega} = \frac{1}{X_c \cdot 2\pi f} = \frac{1}{4{,}41 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50} = 7{,}22 \cdot 10^{-4}$$

При этом полное сопротивление в фазе батареи конденсаторов с учетом сопротивления линии $Z_{л1}$ (рис. 4.5) равно, Ом:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

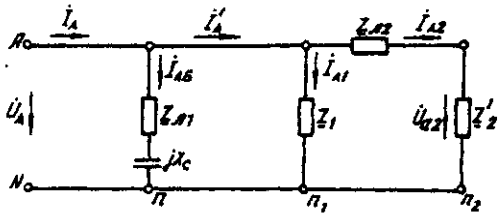


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

9. Определяем фазные токи батареи конденсаторов, А:

$$\dot{I}_{Аб} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_б} = \frac{127}{4{,}73e^{-j68°55'}} = 9{,}66 + j25 = 26{,}85e^{68°55'};$$

$$\dot{I}_{Вб}=26{,}85e^{j51°05'}\text{А};\ \dot{I}_{Сб}=26{,}85e^{j188°55'}.$$

10. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при включенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.5), А;

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{Аб}+I'_A=9{,}66+j25+26{,}5-j25=36{,}16;$$

$$\dot{I}_B=36{,}16e^{-j120°};\ \dot{I}_C=36{,}16e^{j120°}.$$

Данные расчета показывают, что фазные токи и напряжения источника совпадают по фазе. Следовательно, параметр емкости С в фазе батареи конденсаторов, необходимый для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, выбран верно.

11. Строим векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений для источника и приемников электрической энергии (рис. 4.6).

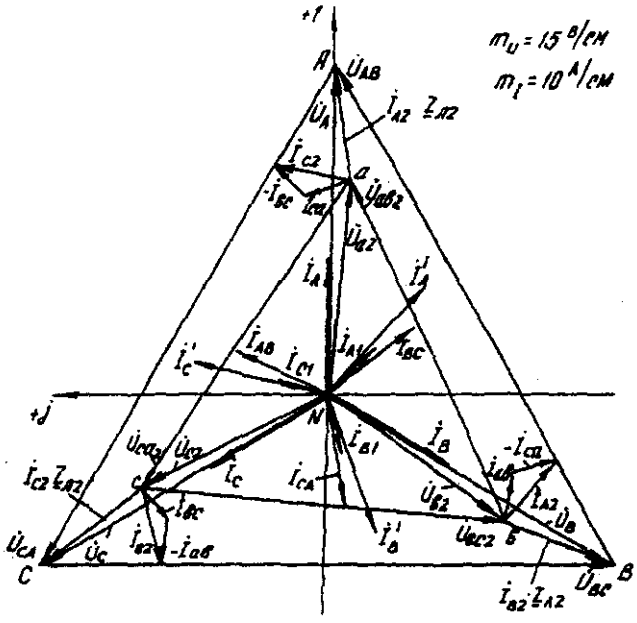


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

На комплексной плоскости откладываем комплексные значения токов (векторы токов) и напряжений (векторы напряжений) в выбранных предварительно масштабах. Наиболее удобными в рассматриваемом расчете являются: масштаб напряжений m_U = 15 В/см и масштаб тока m_I = 10 А/см. Векторы токов второго приемника направляем из вершин треугольника напряжений *a, b, c* . Все остальные векторы токов - из начала координат.

Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	R_4, Ом	C, мкФ	L, мГн	U, В
1	50	-	50	-	170	-	100
2	25	25	25	-	.	125	100
3	25	25	25	-	40	-	100
4	50	50	50	-	-	250	100
5	50	50	50	50	60	-	100
6	50	50	50	-	-	250	100
7	25	25	25	-	180	-	100
8	50	50	50	-	-	125	100
9	25	25	25	25	100	-	100
10	25	25	25	-	-	250	100
11	50	50	50	-	90	-	100
12	25	25	25	-	-	250	100
13	25	25	-	-	110	-	100
14	25	25	-	-	-	125	100
15	20	50	10	50	-	125	100
16	50	10	50	15	260	-	100
17	50	25	50	-	-	125	100
18	50	50	50	-	120	-	100
19	50	50	50	-	-	125	100
20	25	-	25	-	190	-	100
21	25	50	25	-	-	125	100
22	50	50	50	-	-	125	100
23	50	50	50	-	60	-	100
24	50	50	50	-	180	-	100

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы из табл. 5.1 с известными параметрами (табл. 5.2) рассчитать переходный процесс классическим и операторным методами, определить законы изменений токов и напряжений во времени. Построить эти зависимости.

Последовательность решения классическим методом расчета.

Составить систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для электрической цепи, получающейся после коммутации, при этом использовать соотношения $u_L = L\, di/dt$, $i = C du_c/dt$.

Подставить числовые значения заданных параметров в систему уравнений.

Решить систему уравнений относительно тока через индуктивность (напряжения на емкости), в результате получается неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением неоднородного дифференциального уравнения является сумма частного (принужденная составляющая) и общего (свободная составляющая) решения однородного дифференциального уравнения.

Принужденная составляющая определяется расчетом в послекоммутационной электрической цепи в установившемся режиме.

Свободная составляющая при решении однородных дифференциальных уравнений первого порядка определяется как

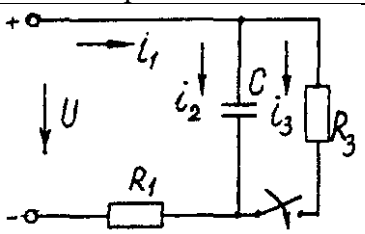
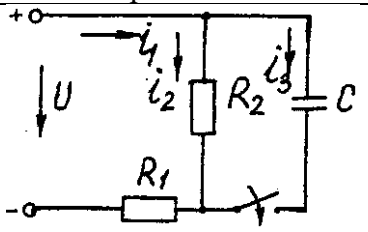
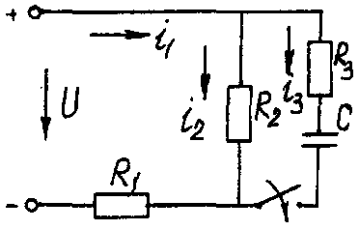
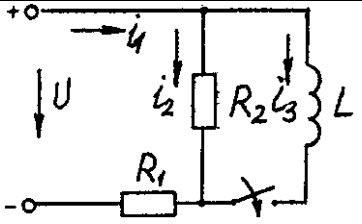
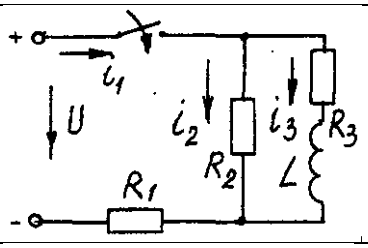
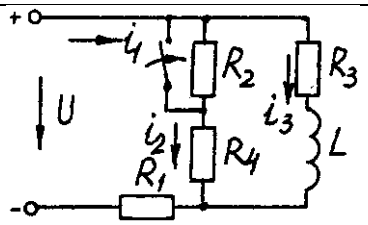
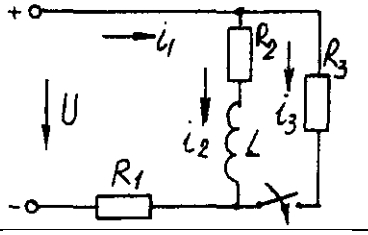
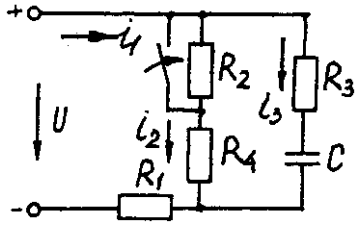
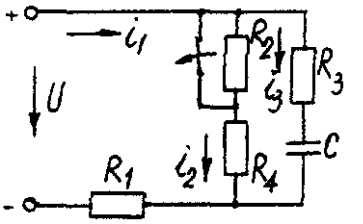
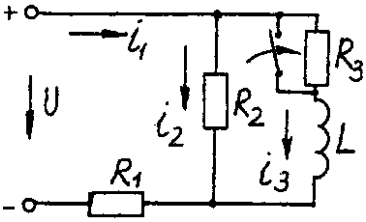
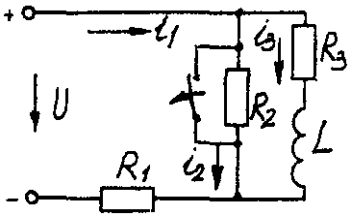
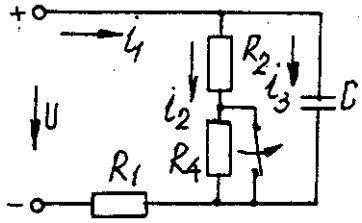
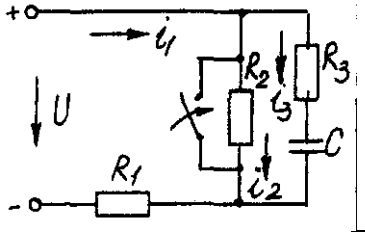
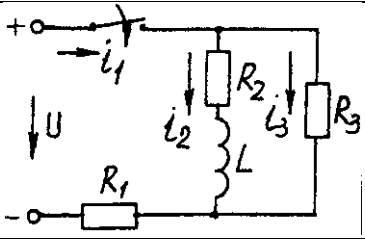
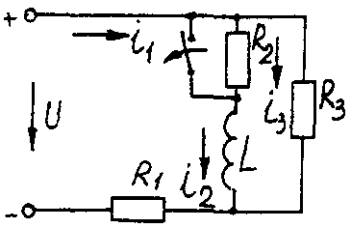
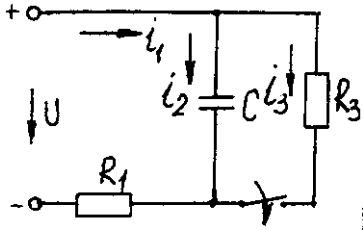
$$Ae^{pt}$$

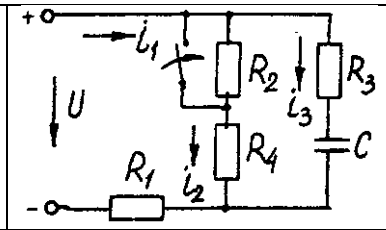
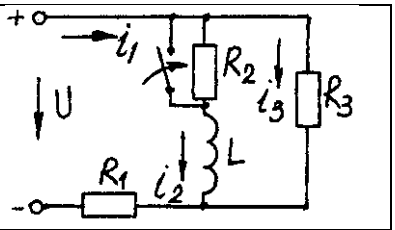
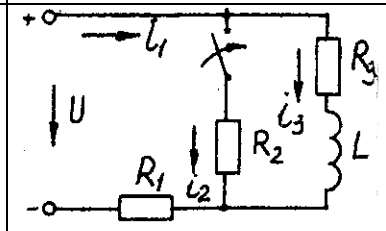
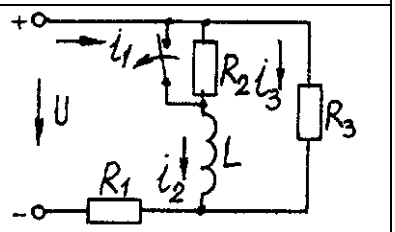
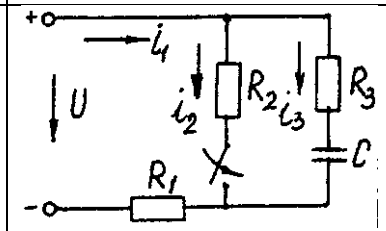
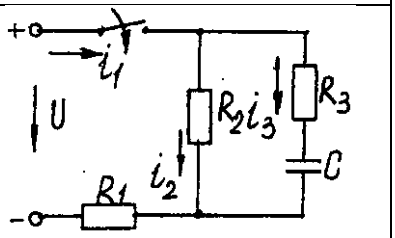
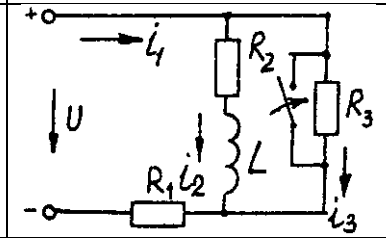
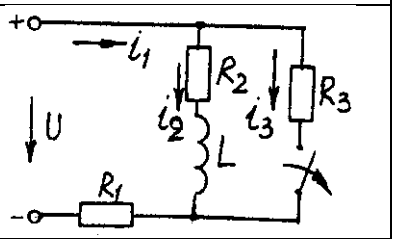
где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение составляется по однородному дифференциальному уравнению.

Последовательность решения операторным методом расчета.

Расчетные формулы и последовательность решения этим методом приведены в примерах расчета цепей, содержащих индуктивность и емкость.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	

9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Пример расчета цепи, содержащей индуктивность (рис. 5.1).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ = 25 Ом; L = 0,25 Гн.

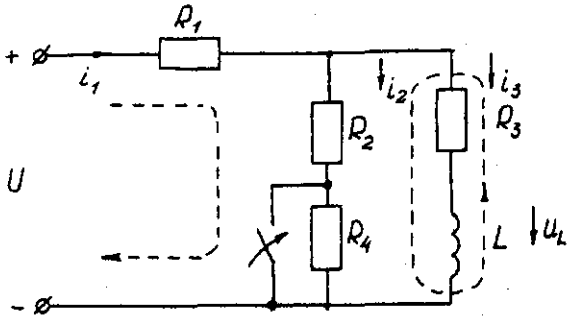


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

Определить законы изменения токов, напряжения u_L при переходе цепи от одного установившегося состояния к другому классическим и операторными методами. Построить эти зависимости.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2 R_2 = U; \\ i_2 R_2 - u_L - i_3 R_3 = 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

Решаем систему уравнений относительно тока через индуктивность i_3 (избавляемся от токов i_2 и i_1)

$$(R_1+R_2)\, u_L + [R_1R_2 + R_1(R_1 + R_2)]\, i_3 = R_2U$$

Решение упрощается, если в систему уравнений (5.1) подставить заданные числовые значения;

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ 25i_1 + 25i_2 = 100; \\ 25i_2 - u_L - 25i_3 = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Решая систему уравнений (5,2), получаем

$$2u_L+75i_3=100. \quad (5.3)$$

Подставив соотношение $u_L = Ldi_3/dt$ в уравнение (5.3), получим

$$2Ldi_3/dt + 75i_3= 100,$$

и окончательно получаем неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt + 150i_3=200. \quad (5.4)$$

Решением уравнения (5.4) является сумма принужденной и свободной составляющих тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= i_3(t)_{пр}+ i_3(t)_{св}. \quad (5.5)$$

Принужденная составляющая тока определяется из уравнения (5.4) как новое установившееся значение по окончании переходного процесса

$$i_3(t)_{пр} = 200/150 =1,33 \text{ А}. \quad (5.6)$$

Запишем однородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt+150\, i_3= 0 \quad (5.7)$$

и характеристическое уравнение

$$p+150=0. \quad (5.8)$$

Свободная составляющая тока определяется как

$$i_3\,(t)_{св}=Ae^{pt}, \quad (5.9)$$

где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения (5.8), p = -150; τ - постоянная времени электрической цепи, τ = 1/150.

Постоянная интегрирования определяется из начальных условий, исходя из первого закона коммутации (ток через индуктивность при коммутациях не меняется скачком).

С учетом уравнений (5.6) и (5.9) уравнение (5.5) запишем как

$$i_3\,(t) = 1,33+A\, e^{-150t}.$$

Значение тока $i_3(0)$ определяем, рассчитывая цепь до коммутации

$$i_3(0)=1,6\text{А}.$$

По первому закону коммутации $i_3\,(0) = i_3\,(0)_{пр} + i_3\,(0)_{св} = 1,6$ А, $i_3(0) = 1,33 + A\, e^{-150t} = 1,6$, откуда $A = 1,6 - 1,33 = 0,27$.

Окончательно

$$i_3\,(t)= 1,33 + 0,27\, e^{-150t};$$
$$u_L(t)=Ldi_3/dt= 0,25-0,27(-150)\, e^{-150t} =-10\, e^{-150t};$$
$$u_2(t) = [u_3(t)R_3+ u_L(t)]/R_2 = 1,33 - 0,13\, e^{-150t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 2,66 + 0,14\, e^{-150t}.$$

Решение операторным методом.

На рис. 5.2 представлена операторная схема замещения цепи (см. рис. 5.1).

Составляется система уравнений в изображениях (в операторной форме)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

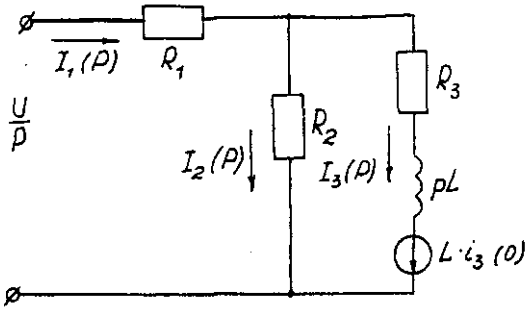


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

Система уравнений решается относительно любого тока. Достаточно просто получаем уравнение в изображениях для тока через индуктивность, если использовать дифференциальное уравнение (5.4), из которого следует:

$$[pI_3(p) - i_3(0)]+150I_3(p)=200/p;$$

$$pI_3(p)+ 150I_3(p)= 200/p+ i_3(0)= 200/p+1,6$$

и окончательно

$$I_3(p)=(200+1,6p)/p(p+150)=F_1(p)/F_2(p), \quad (5.11)$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения тока $I_3(p)$ к оригиналу $i_3(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$i_3(t)=\Sigma\,([F_1(p)/F_2(p)]\cdot e^{p_k\cdot t}) \quad (5.12)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя, равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$P(p+150)=0,$$

откуда $p_1 =0$; $p_2= -150$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+150),$$

откуда $F_2'(p_1)=150$; $F_2'(p_2)= -150$.

Оригинал тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= ([F_1(p_1)/F_2'(p_1)]\cdot e^{p_1 t})+ ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)]\cdot e^{p_2 t})=$$

$$= [(200 +1,6\ 0) / 150]e^{150t}+ [(200 +1,6\ (-150) / (-150)]\cdot e^{-150\cdot t} =$$

$$= 1,33 + 0,27\ e^{-150t}.$$

На рис. 5.3 представлены переходные характеристики токов и напряжения на индуктивности.

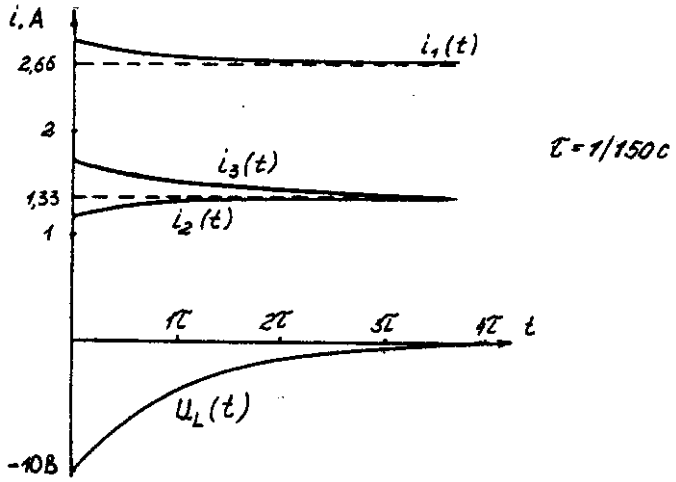


Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

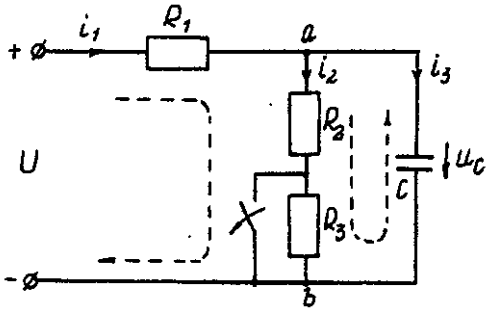


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

Определить и построить следующие зависимости: $u_C(t)$, $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2) = U; \\ i_2(R_2 + R_3) = u_C \end{cases} \quad (5.13)$$

Между током и напряжением на емкости существует соотношение

$$\begin{cases} i_3 = C\frac{du_C}{dt}; \\ i_1 = i_2 + i_3 = i_2 + 100 \cdot 10^{-6}\left(\frac{du_C}{dt}\right); \\ i_1 50 + i_2(50 + 50) = 100; \\ i_2(50 + 50) - u_C = 0. \end{cases} \quad (5.14)$$

Решаем систему уравнений (5.14) относительно напряжения на емкости

$$du_c / dt + 300u_c = 20000. \quad (5.15)$$

Уравнение (5.15) - неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением уравнения (5.15) является сумма принужденной и свободной составляющих напряжения $u_C(t)$. Решение неоднородного дифференциального уравнения первого порядка рассмотрено выше для цепи с индуктивностью. По аналогии имеем

$$u_C(t) = u_C(t)_{пр} + u_C(t)_{св}. \quad (5.16)$$

Принужденная составляющая напряжения равна

$$u_C(t)_{пр} = 20000/300 = 66{,}7 \text{ В}.$$

Свободную составляющую напряжения находим из уравнения

$$u_C(t)_{СВ} = A\, e^{pt},$$

где $(p + 300) = 0$ - характеристическое уравнение; $p = -300$ - корень характеристического уравнения; τ - постоянная времени электрической цепи, $\tau = 1/300$; $u_C(0) = 50$ В, напряжение u_C в момент коммутации (определяется расчетом рассматриваемой цепи до коммутации):

$$u_C(t) = 66{,}7 + Ae^{-300t};$$

$u_C(0) = 66{,}7 + Ae^{p \cdot 0} = 50$В, откуда $A = -16{,}7$.

Окончательно имеем:

$$u_C(t) = 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300t};$$
$$i_3(t) = C \cdot du_C/dt = 100 \cdot 10^{-6}(-16{,}7)(-300) \cdot e^{-300t} = 0{,}5 \cdot e^{-300t};$$
$$i_2(t) = u_{ав}(t)/(R_2 + R_3) = u_C(t)/(R_2 + R_3) = 0{,}667 - 0{,}167 \cdot e^{-300t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 0{,}667 + 0{,}333 \cdot e^{-300t}.$$

На рис. 5.5 представлены переходные характеристики токов и напряжения на емкости.

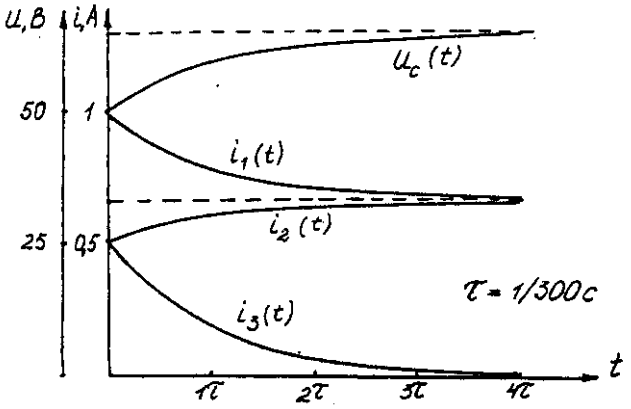


Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

Решение операторным методом.

Система уравнений в изображениях (в операторной форме) может быть составлена по операторной схеме замещения (рис. 5.6) или по системе дифференциальных уравнений (5.14)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

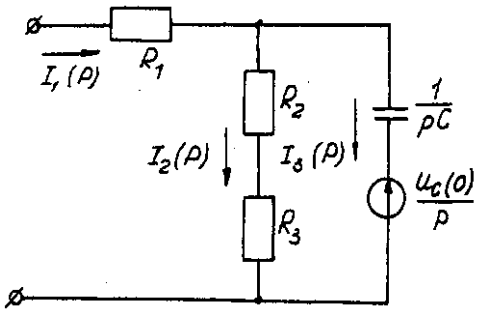


Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

Решаем систему алгебраических уравнений (5.17) относительно токов или напряжения на емкости $U_C(p)$.

Решение относительно напряжения $U_C(p)$ упрощается, если воспользуемся уравнением (5.15). Уравнение (5.15) преобразуем в уравнение в изображениях:

$$[pU_C(p)-u_C(0)]+300 \cdot U_C(p)=20000/p;$$

$$Uc\ (p)(p + 300) = 20000/p + 50;$$

$$U_c\ (p) = [20000 + 50p]\ /p(p + 300) = F_1(p)/\ F_2(p),$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения напряжения $U_C(p)$ к оригиналу $u_C(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$U_C(t)=\Sigma([F_1(p)/F_2'(p)] \cdot e^{p_k \cdot t}), \quad (5.18)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$p(p+300)=0,$$

откуда $p_1 = 0$; $p_2 = -300$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+300),$$

откуда $F_2'(p_1)=300$; $F_2'(p_2)=-300$.

Оригинал напряжения $u_C(t)$

$$u_C(t) = ([F_1(p_1)/\ F_2'(p_1)] \cdot e^{p_1 t}) + ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)] \cdot e^{p_2 \cdot t}) =$$

$$=[(20000 + 50\ 0) / 300] \cdot e^{300 \cdot 0} + [(20000+50\ (-300) / (-300)] \cdot e^{-300t}$$

$$= 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300 \cdot t}.$$

Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 6.1) с известными параметрами (табл. 6.2) определить токи в ветвях и напряжение на нелинейных элементах (НЭ).

Вольт-амперные характеристики НЭ, симметричные относительно начала координат, приведены на рис. 6.1.

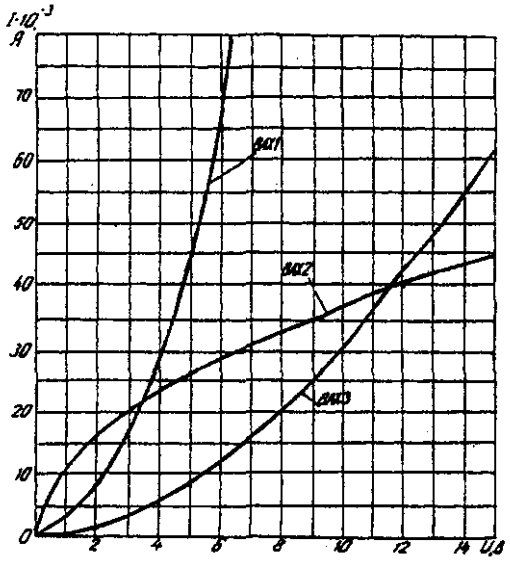


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

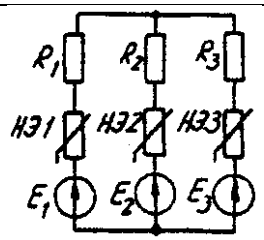
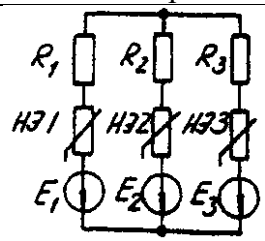
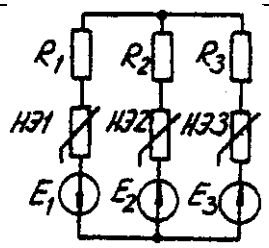
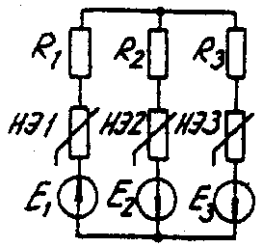
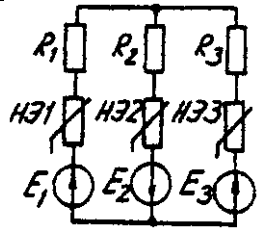
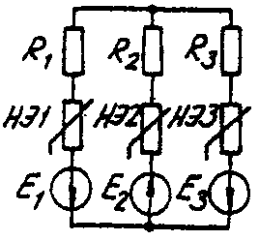
Методические указания.

Для нелинейных электрических цепей (НЭЦ) постоянного тока справедливы оба закона Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} U_{k=0.}$$

Затруднения при рассмотрении НЭЦ с помощью законов Кирхгофа заключаются в том, что в НЭЦ напряжение и токи связаны между собой нелинейными соотношениями. По этой причине для решения задач теории НЭЦ приходится использовать различные приближенные методы решения, к которым относится метод двух узлов.

Расчетные электрические схемы

1		5	
2		6	
3		7	

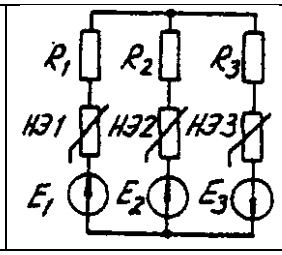
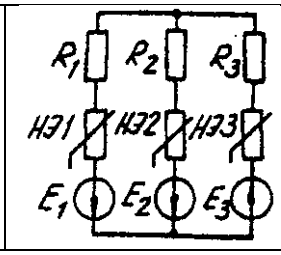
4	 R1 R2 R3 НЭ1 НЭ2 НЭ3 E1 E2 E3	8	 R1 R2 R3 НЭ1 НЭ2 НЭ3 E1 E2 E3

Таблица 6.2

Исходные данные к задаче 6

Вариант	Номер схемы	Значения параметров								
		R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	НЭ1	НЭ2	НЭ3	E_1, В	E_2, В	E_3, В
1	1	600	300	400	ВАХ1	ВАХ3	ВАХ2	24	9	10
2	2	100	200	500	-	ВАХ2	ВАХ3	-	24	12
3	3	-	800	400	ВАХ2	ВАХ2	ВАХ3	-	15	20
4	4	400	300	600	-	ВАХ3	ВАХ1	10	8	14
5	5	-	800	600	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	15	9	24
6	6	100	700	500	ВАХ1	-	ВАХ3	8	-	10
7	7	200	-	500	ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	6	-	12
8	8	1000	400	700	ВАХ2	-	ВАХ3	16	9	18
9	1	800	-	100	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	10	15	20
10	3	400	700	200	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	8	16	-
11	5	100	200		ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	24	12	-
12	7	600	200	400	ВАХ3	ВАХ1	-	15	10	20
13	2	500	700	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	16	12	9
14	4	-	-	-	ВАХ3	ВАХ1	ВАХ2	14	20	8
15	6	200	100	-	-	ВАХ2	ВАХ3	10	8	15
16	8	-	500	-	ВАХ1	-	ВАХ3	12	6	18
17	1	-	-	600	ВАХ1	ВАХ3	-	20	-	4
18	2	800	-	-	-	ВАХ2	ВАХ3	15	10	5
19	3	-	900	-	ВАХ1	-	ВАХ3	6	12	8
20	4	-	-	100	ВАХ3	ВАХ1	-	16	18	9
21	5	400	-	200	-	ВАХ2	ВАХ3	9	4	10
22	6	-	-	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	-		18
23	7	-	-	500	ВАХ2	ВАХ3	-	14	12	6
24	8	-	300	-	ВАХ1	-	ВАХ3	-	20	10

Расчет сложной НЭЦ, состоящей из нескольких параллельных ветвей, которые наряду с нелинейными элементами могут содержать и источники постоянной э. д. с, включенные последовательно с нелинейными элементами, сводится к нахождению токов и напряжений на участках цепи с помощью вольт-амперных характеристик.

Для этого предварительно строится вольтамперная характеристика каждой ветви, которая получается смещением соответствующей характеристики НЭ на величину заданной э. д. с. влево или вправо от начала координат, в зависимости от направления э. д. с. Затем, на основании первого закона Кирхгофа, строится результирующая характеристика. Она получается смещенной относительно начала координат на величину э. д. с. *(E),* которую можно рассматривать как э. д. с. эквивалентной цепи.

Так как сумма токов в узле равна нулю, то в эквивалентной цепи ток отсутствует. Следовательно, значение э. д. с. *(E)* равно разности потенциалов верхнего узла относительно нижнего узла исходной схемы.

Отсюда находят напряжение в каждом НЭ

$$U_{Нэк}=E_к-E$$

Ток в каждом НЭ определяется по соответствующей вольт-амперной характеристике.

Последовательность решения задачи.

1. Задаться положительным направлением токов в ветвях схемы.

2. На основании второго закона Кирхгофа построить эквивалентные вольт-амперные характеристики для ветвей.

3. На основании первого закона Кирхгофа построить результирующую вольт-амперную характеристику всей электрической цепи.

4. По результирующей вольт-амперной характеристике определить напряжения на каждом НЭ и токи в каждой ветви по соответствующим вольт-амперным характеристикам.

Пример решения задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 6.2, *а)* с известными параметрами E_1 =12 В, E_2 = 10 В, E_3 = 3 В,

R_1 =200 Ом, НЭ1, НЭ2 и НЭ3 (вольт-амперные характеристики которых приведены на рис. 6.3) определить токи в ветвях и напряжения на НЭ.

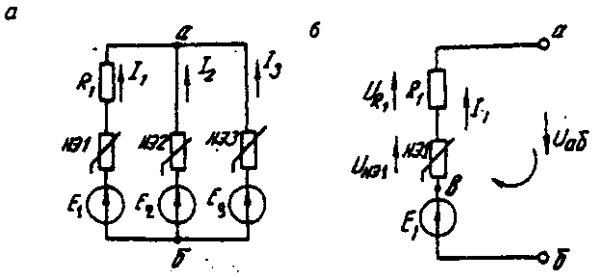


Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

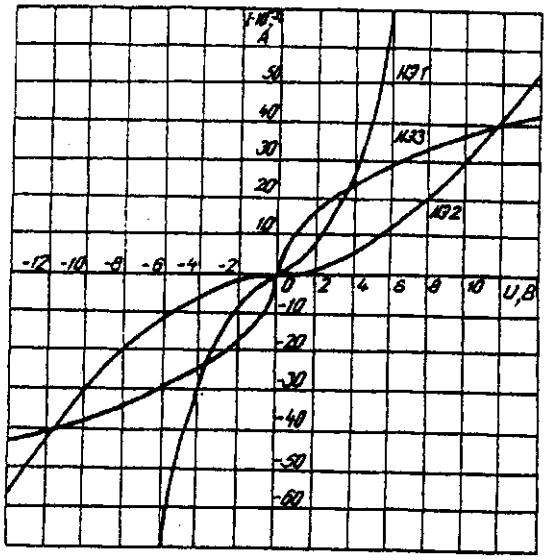


Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

1. Задаемся положительным направлением токов во всех ветвях цепи.

2. Так как каждый из токов является нелинейной функцией падения напряжения на своем НЭ, необходимо выразить его в функции одного переменного напряжения $U_{аб}$ между узлами *а* и *б.*

Рассмотрим первую ветвь, содержащую последовательно соединенные резистор R_1, НЭ1 и источник постоянной э. д. с. E_1 (рис. 6,2, *б).*

На основании второго закона Кирхгофа для контура, указанного на рис. 6.2, *б* круговой стрелкой, запишем

$$E_1=U_{аб}+U_{R1}+U_{НЭ1} \text{ или } U_{аб}=E_1-(U_{R1}+U_{НЭ1}).$$

Если э. д. с. *(E_1)* действует в направлении выбранного положительного тока, т. е. $E_1>0$, то при положительном токе она способствует прохождению тока и при $E_1< U_{аб}$ уменьшает значение.

На рис. 6.4 изображены характеристики первого нелинейного элемента $I_1=f(U_{НЭ1})$, резистора $I_1=f(U_{R1})$, суммарная

$I_1=f(U_{аб})$ и прямая, соответствующая $E_1 > 0$. Здесь же нанесена результирующая характеристика $I_1=f(U_{аб})$.

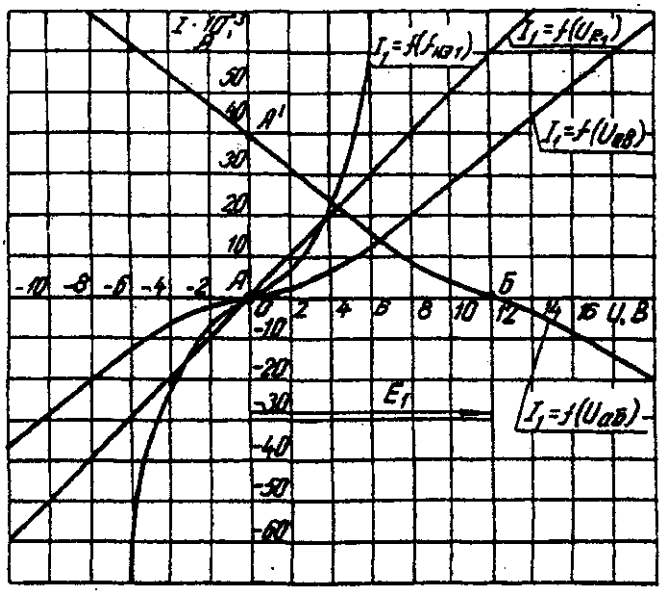


Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

Для т. *А* кривой $I_1 = f(U_{НЭ1})$ напряжение на первом нелинейном элементе будет равно нулю ($U_{НЭ1} = 0$) при $I_1 = 0$. При этом $U_{аб} = E_1$ т. е. начало) кривой $I_1 = f(U_{аб})$ сдвинуто в точку *Б*, в которой $U_{аб} = E_1$. Росту $U_{аб}$, при $U_{аб} > 0$ соответствует уменьшение $U_{аб}$. Для точки *А*' при $U_{аб} = E_1$, $U_{аб} = 0$. Росту $U_{аб}$ при $U_{аб} < 0$ отвечает увеличение $U_{аб}$, причем $U_{аб} > E_1$.

Аналогичным образом перестраивают кривые $I_2 = f(U_{НЭ2})$ и $I_3 = f(U_{нэз})$ для других ветвей схемы (рис. 6.5 и 6.6).

3. Нанесем кривые $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ на одном рисунке и построим результирующую вольт-амперную характеристику $I = f(U_{аб})$ просуммировав ординаты кривых (рис. 6.7).

4. Точка *А* пересечения кривой $I = f(U_{аб})$ с осью абсцисс дает значение Саб, при котором удовлетворяется уравнение

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Восстанавливаем в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривыми $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ и находим токи I_1, I_2 и I_3 как по величине, так и по знаку.

Для рассматриваемого примера имеем (см. рис. 6.7), А

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

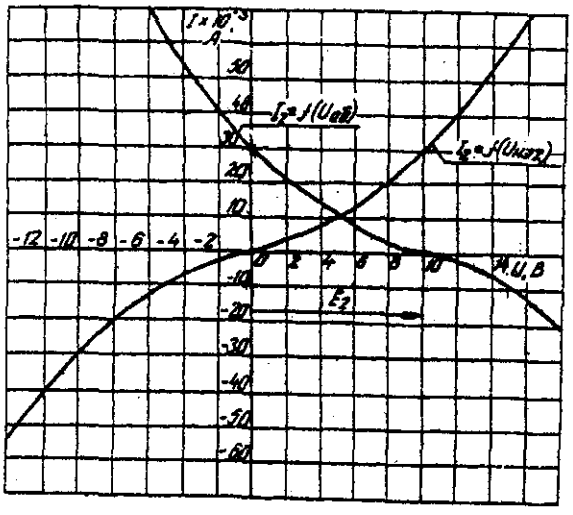


Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

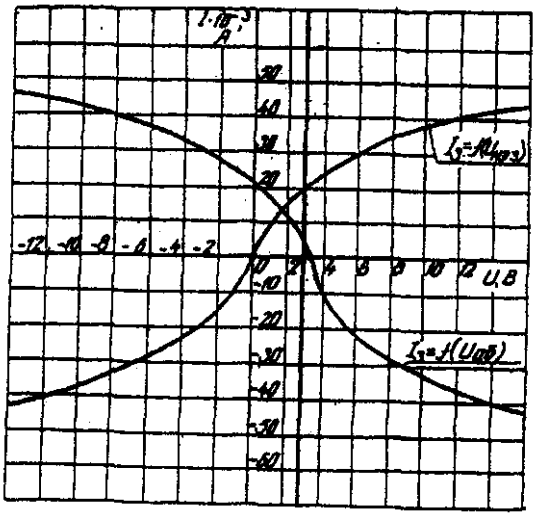


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ А.}$$

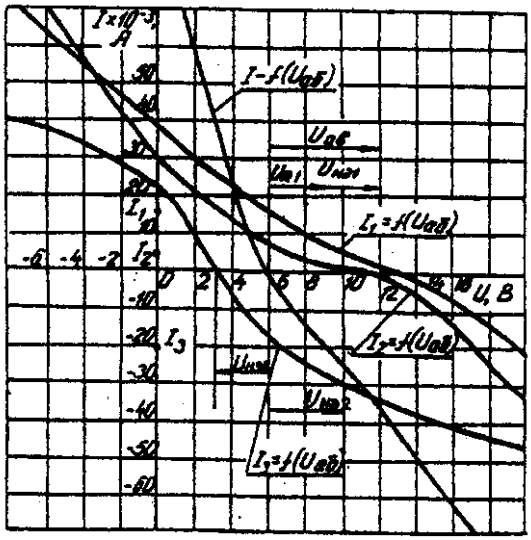


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

Располагая построенными характеристиками, легко находим напряжения на всех нелинейных элементах цепи (см. рис. 6.7):

$U_{НЭ1} = 3$; $U_{НЭ1} = 2$; $U_{НЭ1} = 3$.

ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

7.1. Неразветвленные магнитные цепи.

Методические указания.

Магнитной цепью называют совокупность магнитодвижущих сил (МДС),ферромагнитных тел или каких-либо иных тел или сред, по которым замыкается магнитный поток.

Магнитные цепи могут быть подразделены на неразветвленные (рис. 1) и разветвленные (рис. 2).

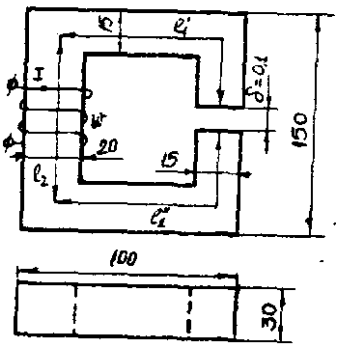


Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

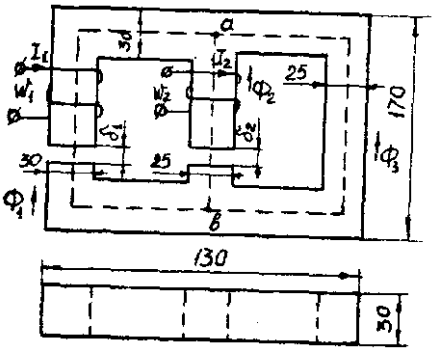


Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

Основными величинами, характеризующими магнитное поле и используемыми при расчете к анализе магнитных цепей, являются магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H.

Эти величины связаны между собой зависимостью:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H$$

где μ_0 — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

μ — относительная магнитная проницаемость.

$$H = 0{,}8 \cdot 10^6 B$$

Магнитную индукцию B измеряют в теслах (1 Тл = 1 Вс/м^2). Единицей напряженности магнитного поля H является 1 А/м,

Магнитная индукция и напряженность магнитного поля — векторные величины.

Величиной. служащей для интегральной оценки магнитного поля, является магнитный поток Ф, представляющий собой поток вектора магнитной индукции сквозь поверхность dS

$$\Phi = \int_S B dS$$

Если магнитный поток проходит сквозь поверхность, расположенную перпендикулярно линиям магнитной индукции поля, то магнитный поток определяется по формуле

$$\Phi = BS$$

Магнитны поток измеряют в веберах (1 Вб = 1 Вс).

Магнитное поле создается электрическими тока. Напряженность магнитного поля связана с токами, возбуждающими поле, за коном полного тока, согласно которому линейный интеграл вектора напряженности магнитного поля вдоль замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром

$$\oint H dl = \sum I$$

где l — длина участка магнитной цепи, вдоль которого идет интегрирование. Длина участка отсчитывается по средней линии магнитопровода.

Заменив интеграл суммой интегралов по участкам и учитывая, что пределах одного участка магнитная цепь имеет одинаковое поперечное сечение и одинаковую магнитную проницаемость, получим закон полного тока в общем виде

$$\sum_K H_K l_K = \sum Iw$$

где H_K — напряженность магнитного поля на каждом участке магнитной цепи;

l_K - длина каждого участка магнитной цепи;

w - число витков катушки.

Произведение числа витков катушки w на протекающий по ней ток I называют магнитодвижущей силой катушки F.

$$\sum Iw = \sum F$$

МДС вызывает магнитный поток в магнитной цепи подобно тому, как ЭДС вызывает электрический ток в электрической цепи. Как и ЭДС, МДС величина векторная. Положительное направление МДС совпадает с движением острия правоходового винта, если его вращать по направлению тока в обмотке.

Падением магнитного напряжения U_{MAB} между точками a и b магнитной цепи, называют произведением Hl_{AB}. Здесь , - длина пути между точками a и b.

Магнитное напряжение измеряют в амперах (А).

Если участок магнитной цепи между точками a и b может быть подразделен на n отдельных частей так, что для каждой части $H=H_K$ постоянно, то

$$U_{MAB} = \sum_{K=1}^{K=n} H_K l_K$$

Отношение падения магнитного напряжения U_M к магнитному потоку Ф называют магнитным сопротивлением цепи

$$\Phi w = \Psi = Li$$

$$R_M = \frac{U_M}{\Phi} = \frac{l}{\mu_0 \mu S}$$

Величину, обратную магнитному сопротивлению называют магнитной проводимостью цепи

$$G_M = \frac{1}{R_M} = \frac{\mu_0 \mu S}{l}$$

Соотношение $\Phi = \frac{U_M}{R_M}$ - называют законом Ома для магнитной цепи.

Надо отметить, что между магнитными и электрическими величинами есть формальная аналогии. Аналогом тока в электрической цепи является поток в магнитной цепи. Аналогом ЭДС — МДС. Аналогом падения напряжения на участке электрической цепи падение магнитного напряжения. Аналогом вольтамперной характеристики нелинейного сопротивления — веберная характеристика участка магнитной цепи.

Соответствие электрических и магнитных величин можно представить в виде таблицы (табл. 7.1).

Таблица соответствия электрических и магнитных величин — Таблица 7.1

Электрические величины	Магнитные величины
I – ток, А	Ф – магнитный поток, Вб
E – ЭДС, В	F – МДС, А
U – напряжение, В	U_M – магнитное напряжение, А
R – сопротивление, Ом	R_M – магнитное сопротивление, 1/Гн
G – проводимость, 1/Ом	G_M – магнитная проводимость,

При расчете и анализе магнитных цепей используют первый и второй законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма магнитных потоков в любом узле магнитной цепи равна нулю:

$$\sum \Phi = 0$$

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений магнитного напряжения вдоль любого замкнутого контура равна алгебраической сумме МДС вдоль того же контура:

$$\sum U_M = \sum Iw$$

В качестве примера составим уравнения по законам Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи, изображенной на рис. 7.2.

Произвольно выбираем направление потоков в ветвях. Для узла “а” составим уравнение по первому закону Кирхгофа

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$$

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение для контура, состоящего из левой и средней ветвей.

$$H_1 l_1 + H_1 \delta_2 - H_2 l_2 + H_2 \delta_2 = I_1 w_1 - I_2 w_2$$

Под вебер-амперной характеристикой понимают зависимость потока Ф по какому-либо участку магнитной цепи от падения магнитного напряжения на этом участке U_M.

$$\Phi = \int (U_M)$$

Расчет неразветвленной магнитной цепи разделяют на прямую и обратную задачи.

7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку.

Порядок расчета следующий:

1) магнитная цепь разбивается на участки, имеющие одинаковое сечение и одинаковую магнитную проницаемость;

2) по известным геометрическим размерам магнитного сердечника определяются длины l и площади поперечного сечения выделенных участков;

3) исходя из постоянства магнитного потока вдоль всей цепи определяются значения магнитной индукции для выделенных участков магнитной цепи по заданному магнитному потоку;

4) по заданной кривой намагничивания определяются значения напряженности магнитного поля для известных значений магнитной индукции.

Напряженность поля и воздушном зазоре определяется по формуле:

5) подсчитывается сумма падений магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи $\Sigma H_K l_K$ и на основании закона полного тока приравнивается эта сумма полному току I_W или МДС.

$$\sum H_K l_K = Iw$$

Пример. Геометрические размеры магнитной цепи даны на рис. 4. Найти какой ток должен протекать по обмотке с числом витков w=500 чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре B_δ=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

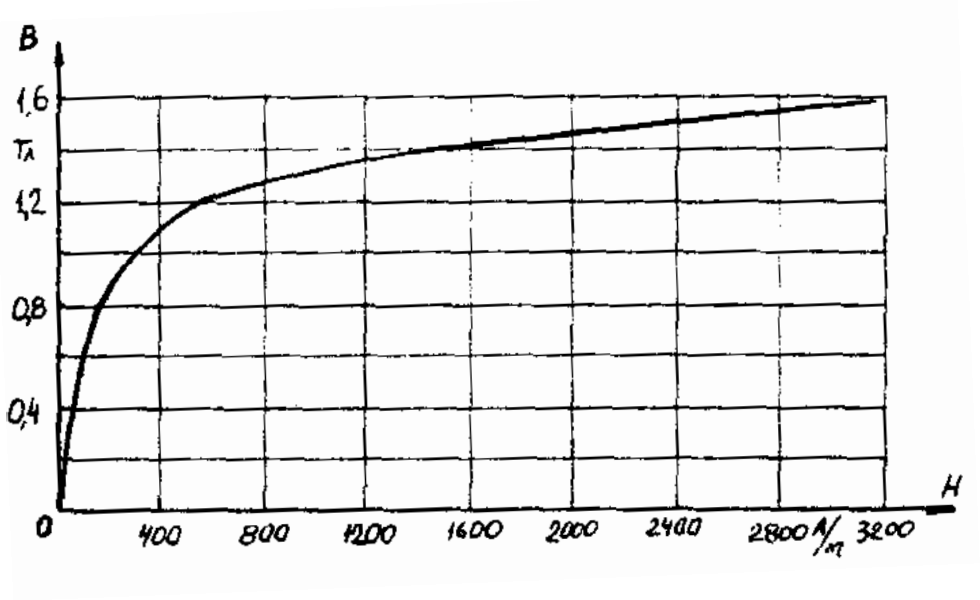


Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$

$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$

$$S_2 = 6 \quad см^2$$

Воздушный зазор

$$\delta = 0{,}01 \quad см$$

$$S_2 = S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

Индукция

$$B_1 = B_\delta = 1 \quad Тл$$

Индукцию на участке l_2 найдем, разделив поток $\Phi = B_\delta S_\delta$ на сечение S_2 второго участка

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{B_\delta S_\delta}{S_2} = \frac{1 \cdot 4{,}5}{6} = 0{,}75 \quad Тл$$

Напряженности поля на первом и втором участках определяем согласно кривой намагничивания (рис. 4) по известным значениям B_1 и B_2;

$$H_1 = 300 \text{ А/м}; \; H_2 = 115 \text{ А/м}$$

Напряженность поля в воздушном зазоре

$H_\delta = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot B_\delta = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 1 = 8 \cdot 10^5$ А/м

Определяем падение магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи:

$$\sum H_K l_K = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_\delta \delta = 300 \cdot 0{,}3 + 115 \cdot 0{,}135 +$$

$$+ 8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 185{,}6 \quad A$$

Ток в обмотке

$$I = \frac{\sum H_K l_K}{w} = \frac{185{,}6}{500} = 0{,}371 \quad A$$

7.1.2. Обратная задача. Определить магнитный поток в цепи по заданной МДС

Условие задачи:

Для заданной магнитной цепи (рис. 7.2.) с известными параметрами (таб. 7.2.). Найти магнитные потоки в магнитной цепи.

Примечание – геометрические размеры даны в мм, кривая намагничивания дана на рис. 7.4.

Порядок решения обратной задачи следующий:

1) магнитная цепь разбивается на участки с одинаковыми сечением и магнитной проницаемостью. Определяются длины и сечения этих участков;

2) строится вебер-амперная характеристика $\Phi = \int (U_м)$ цепи;

3) пользуясь вебер-амперной характеристикой, по заданной, МДС определяют магнитный поток Ф.

Пример. Найти магнитную индукцию в воздушном зазоре магнитной цепи (рис. 7.1), если Iw = 350 А. Кривая намагничивания представлена на рис. 7.4.

Решение. Строим вебер-амперную характеристику. Для этого задаемся значениями B_δ; равными 0,5; 1,1; 1,2 и 1,3 Тл, и для каждого из них определяем параметры, указанные в табл. 1. Так же, как и в предыдущей задаче определяем $\sum H_K l_K$

Результаты расчетов сводим в табл. 7.2.

Результаты расчетов для построения $\Phi = \int (U_м)$

Таблица 7.2

B_δ, Тл	0,5	1,1	1,2	1,3
B_1, Тл	0,5	1,1	1,2	1,3
B_2, Тл	0,375	0,825	0,9	0,975
H_1, А/м	50	460	700	1020
H_2, А/м	25	150	200	300
H_δ, А/м	$4 \cdot 10^5$	$8{,}8 \cdot 10^5$	$9{,}6 \cdot 10^5$	$10{,}4 \cdot 10^5$
$\Sigma H_K l_K$, А	58,3	246,3	333	450,5
Ф, Вб	$22{,}5 \cdot 10^{-5}$	$49{,}5 \cdot 10^{-5}$	$54 \cdot 10^{-5}$	$58{,}5 \cdot 10^{-5}$

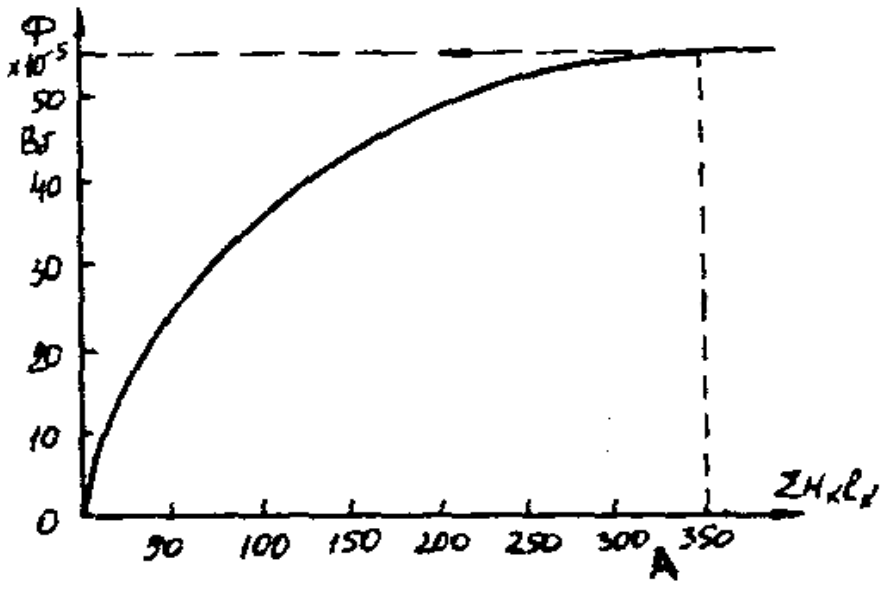


Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

По данным табл. 7.2 строим вебер-амперную характеристику $\Phi = \int (U_м)$ (рис. 7.5) и по ней определяем, что при Iw = 350 А

$\Phi = 55 \cdot 10^{-5}$ Вб

Следовательно,

$$B_\delta = \frac{\Phi}{S_\delta} = \frac{55 \cdot 10^{-5}}{4{,}5 \cdot 10^{-4}} = 1{,}21 \quad Тл$$

Расчет разветвленной магнитной цепи

аналогичен соответствующей электрической с сосредоточенными параметрами.

Так как, магнитные цепи являются нелинейными, то методы их расчета при этих условиях аналогичны методам расчета нелинейных электрических цепей. Все методы расчета электрических цепей с нелинейными сопротивлениями полностью применимы к расчету магнитных цепей, так как и магнитные, к электрические цепи подчиняются одним и тем же законам - законам Кирхгофа.

В качестве примера рассмотрим расчет разветвленной цепи методом двух узлов.

Найти магнитные потоки в ветвях магнитной цепи (рис. 7.2). Геометрические размеры даны в мм. Кривая намагничивания представлена на рис. 4. I_1w_1 = 80 А; I_1w_1 =300 А; зазоры δ_1 = 0,05 мм и δ_2 = 0,22 мм.

Решение. Составам электрическую схему замещения магнитной цепи (рис. 7.6). Узловые точки обозначим буквами «a» и «b».

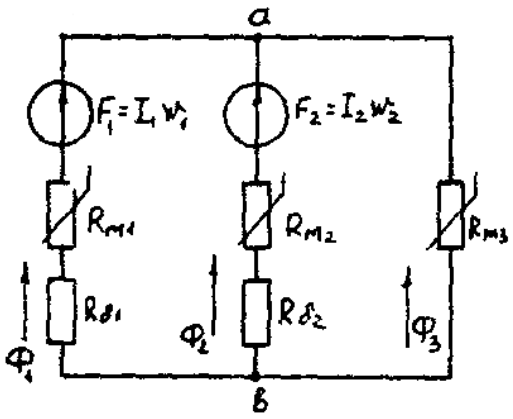


Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

Определим длины участков магнитной цепи

$l_1 = 0{,}24 м;$ $l_2 = 0{,}138 м;$

$l_3^{`} = 0{,}1 м;$ $l_3^{``} = 0{,}14 м.$

Длинам $l_3^{`}$ и $l_3^{``}$ участки третьей ветви, имеющей площади сечения 9 и 7,5 см^2.

Выберем положительные направления магнитных потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 к узлу «a».

Построим зависимость потока от падения магнитного напряжения первой ветви U_{M1}. Для этого произвольно задаемся рядом числовых значений Φ_1, для каждого значения находим индукцию B_1 и по кривой намагничивания — напряженность H_1 на пути в стали по первой ветви.

Магнитное напряжение на первом участке

$$U_{M1} = H_1 l_1 + 0{,}8 \cdot 10^5 B_1 \delta_1$$

Таким образом, для каждого значения потока Φ_1 подсчитываем U_{M1} и по точкам строим зависимость $\Phi_1 = \int (U_{M1})$ (кривая 1 рис. 7.7). Аналогично строим зависимость $\Phi_2 = \int (U_{M2})$ (кривая 2 рис. 7.7)

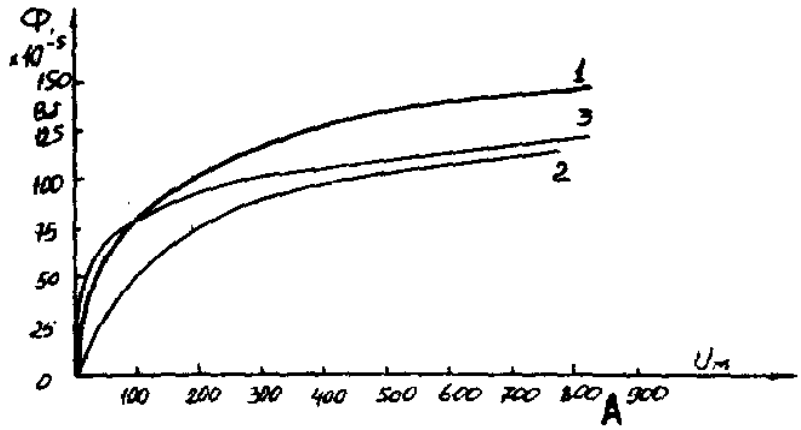


Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

Кривая 3 (рис. 7.7) есть зависимость $\Phi_3 = \int (U_{M3})$

$$U_{M3} = H_3^{`} l_3^{`} + H_3^{``} l_3^{``}$$

Для определения потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 постройте зависимости этих потоков от магнитного падения напряжения U_{Mab} между узлами «a» и «b» (рис. 7.6).

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для первой ветви:

$$F_1 = I_1 w_1 = U_{M1} + U_{Mab}$$

отсюда

$$U_{Mab} = I_1 w_1 - U_{M1}$$

Согласно выражению приведенному выше строим зависимость $\Phi_1 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 1 (рис. 7.7) при переносе на рис.7.8 смещаем вправо на величину I_1w_1 и, так как перед U_{M1} стоит знак "-", зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для второй ветви

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

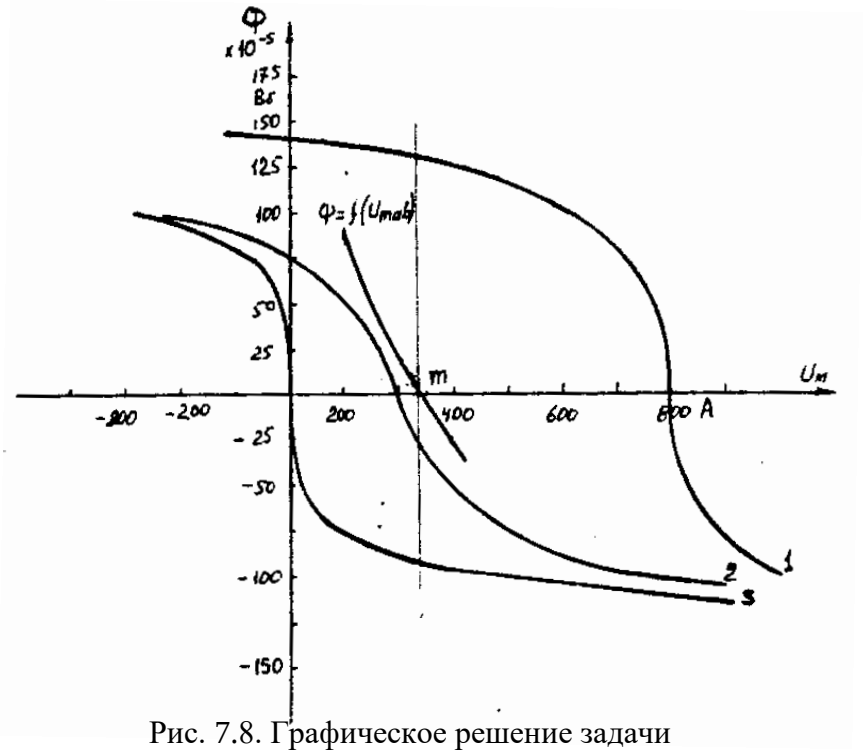


Рис. 7.8. Графическое решение задачи

отсюда

$$U_{Mab} = I_2 w_2 - U_{M2}$$

Построим зависимость $\Phi_2 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 2 (рис. 7.7) смещаем вправо от начала координат на величину I_2w_2 и зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

В аналогичном порядке строим зависимость $\Phi_3 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8)

$$U_{Mab} = U_{M1}$$

Зависимость $\Phi_3 = \int(U_{Mab})$ так же, как и кривая 3 (рис. 7.7) проходит через начало координат.

Построим кривую $\Phi = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8)

Где $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$

Точка (m) пересечения кривой $\Phi = \int(U_{Mab})$ с осью абсцисс дает значение U_{Mab}, удовлетворяющее первому закону Кирхгофа $\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$.

Восстановим в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс. Ординаты пересечения перпендикуляра с кривыми дадут значения магнитных потоков в ветвях;

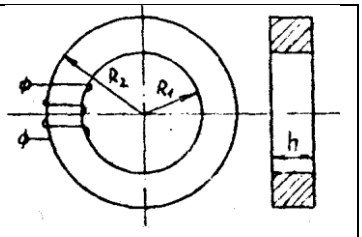
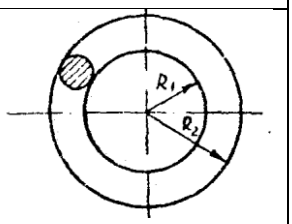
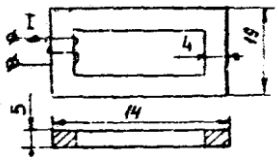
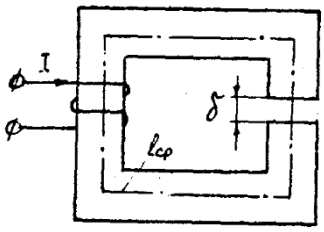
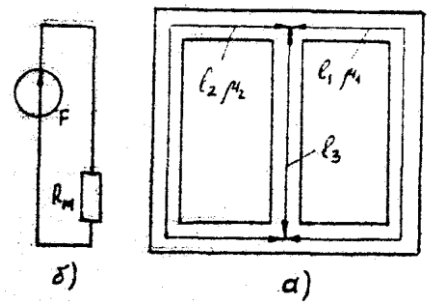
$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб.

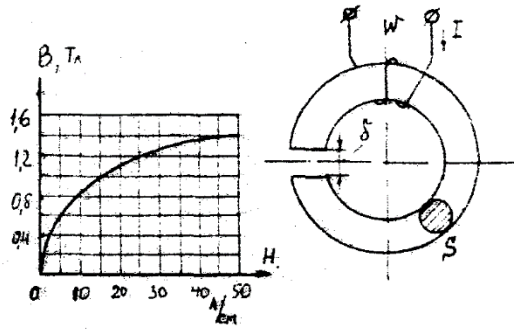
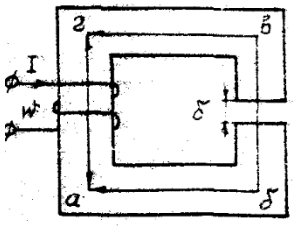
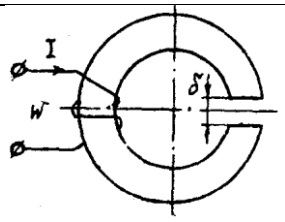
В результате расчета потоки Φ_2 и Φ_3, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

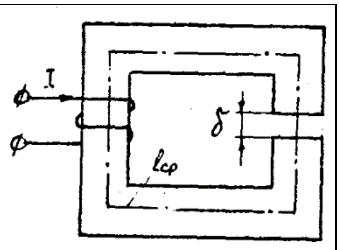
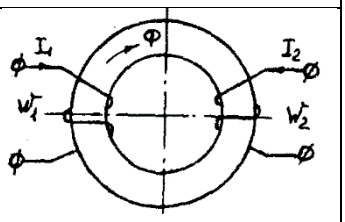
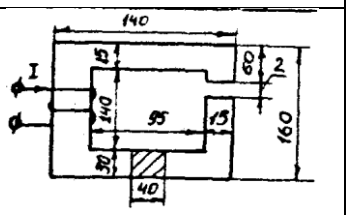
Задания к задаче 7.1.

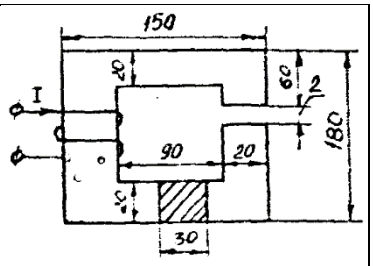
Таблица 7.3

Номер вари-анта	Содержание задания

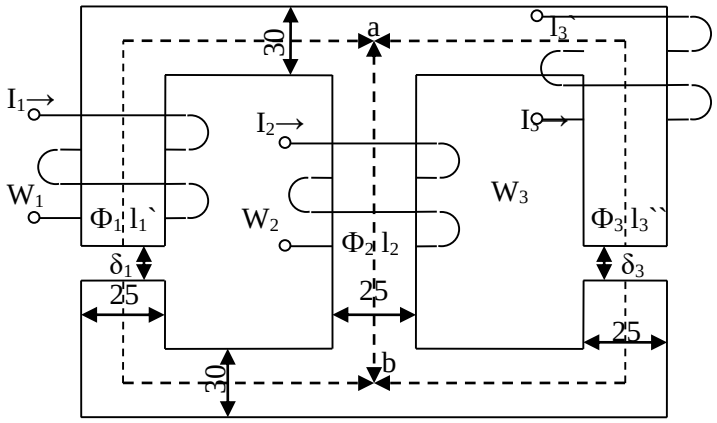
1	Катушка с количеством витков w = 1000 равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами: R_1 = 8 см; R_2 = 12 см, h = 15 см. Значение магнитного потока Ф = 0,025 Вб, магнитная проницаемость μ = 2080. Определить ток в катушке.	
2	На ферромагнитный сердечник равномерно намотана обмотка, w = 2000 витков. По обмотке протекает ток I = 0,1 А. Магнитная проницаемость μ = 1000. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
3	Определить ток в катушке, если значение магнитного потока в сердечнике с магнитной проницаемостью μ = 1000, Ф = 0,025 Вб. Число витков w = 1500.	
4	Катушка равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами R_1 = 8 см, R_2 = 12 см (см. рис. варианта 2). Магнитный поток в сердечнике Ф = $50 \cdot 10^{-3}$ Вб создается намагничивающей силой F = 4000 А. Определить магнитную проницаемость сердечника μ	
5	В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта 10, магнитная индукция B=I,2 Тл,$l_{ср}$=30 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в 1,5 раза. Ток в катушке поддерживается постоянным.	
6	Катушка равномерно намотана на сердечник (см. рис. варианта 1) с размерами:R_1 =I0 см; R_2=I4 см. Магнитная проницаемость сердечника μ=1000; число витков обмотки W=1000; сила тока в обмотке I=0,2 А. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
7	 Магнитопровод (рис .а) с одинаковым сечением всех ветвей S=1 $см^2$ имеет размеры: l_1=l_2=I25,2см; l_3=62,5 см; μ_1=200; μ_2=100; μ_3=100.Такой	

	магнитопровод можно заменить эквивалентной схемой (рис б), эквивалентное магнитное сопротивление $R_м$.
8	Катушка, намотанная на тороидальный сердечник круглого сечения, имеет =200 витков. Размеры сердечника (см. рис. варианта 2): R_1=10 см; R_2=20 см; μ=800. Определить максимальное значение магнитной индукции внутри сердечника, ток в катушке I = I А.
9	Определить индуктивность l катушки, если магния проницаемость сердечника μ= $I0^{-3}$ Гн/м. Число витков W= 100. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах.
10	Намагничивающая сила катушки f=1860 А; длина средней линии кольца $l_{ср}$=69 ,9 см; сечение S=10 $см^2$; зазор δ =0,1 см. Пользуясь характеристикой стали B=f(H), вычислить, магнитный поток в кольце. 
11	На участке *абвг* стальной сердечник имеет сечение S_1=12 $см^2$, длина средней линии на этом участке l=22 см. На участке *аг* сечение сердечника S_2=6 $см^2$. Намагничивающая сила обмоток F=450 А; магнитный поток Ф=6*10^{-4} Вб. Кривая намагничивания представлена на рис. Варианта 10. Определить длину учаска *аг*, если величина воздушного зазора δ=0,1 мм. 
12	Найти , $R_м$ воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,5 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора S=1,5 $см^2$. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 1920 А.
13	Длина стальной части сердечника $l_{ср}$=I38 см; воздушный зазор δ=0,1 мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающую силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=I Тл. 

14	В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта10, магнитная индукция B=I Тл,$l_{ср}$=20 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в два раза. Ток в катушке поддерживается постоянным.	
15	На стальное кольцо, средняя длина которого , $l_{ср}$=120 см, намотаны две обмотки: W_4= 100 витков и W_2=500 витков. Известен ток второй обмотки I_2=2 А и кривая намагничивания сердечника (см. рис. варианта 10). Определить ток первой обмотки, который обеспечил бы в сердечнике индукцию B=1,2 Тл	
16	Определить МДС и ток обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить $B_δ$=1,4 Тл. Число витков обмотки W=1000, кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10.	
17	для магнитопровода, изображенного на рис. варианта 5, задано: l_1=15 см; l_2=5 см; δ=2 мм; l_3=l_5=6 см, l_4=17 см ; l_6=32 см; H_1=H_2=H_3=H_4=H_5=H_6=8 А/см; W=100 витков. Определить ток.	
18	Пользуясь характеристикой стали B=f(H), изображенной на рис. варианта 10, вычислить магнитный поток в кольце, если намагничивающая сила катушки F=2000 А; длина средней линии кольца 75 см; S=I0 см; зазор δ=0,1 см.	
19	Определить индуктивность L катушки, если абсолютная магнитная проницаемость сердечника μ = 3*10 Гн/м. Число витков W=200. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах.	
20	Катушка намотана на ферромагнитный сердечник (рис. варианта 1). размеры сердечника: R_1=10 см; R_2=16 см; h=16 см. Значение магнитного потока Φ=0,040 Вб, магнитная проницаемость μ=2080. Определить число витков катушки при токе I=2 А.	
21	Длина стальной части сердечника, представленного на рис. варианта 10 $l_{ср}$=69,9 см, воздушный зазор δ=0,I мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающию силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=3 Тл.	

22	Определить число витков обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить B_δ= 2 ,б Тл. Ток, протекающий по обмотке, I=10 А. Кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10.	
23	Найти $R_м$, воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,2 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора S_δ=1,5 см^2. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 2400 А.	
24	Определить значение магнитного потока сердечнике, изображенном на рис. варианта 1. Размеры сердечника R_1=12 см; R_2=18 см; h=10 см. По обмотке с числом витков W=3000 протекает ток I=2 А. Магнитная проницаемость μ=1000.	

2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока.



l_1` = 0,24 м S_1 = 9 см^2 U_{Mab}- ?
l_2 = 0,138 м S_2 = 7,5 см^2 $\Phi = \int(U_{ab})$
l_3`` = 0,14 м $S_3$`` = 7,5 см^2 Φ_1, Φ_2, Φ_3 - ?
l_3` = 0,1 м $S_3$` = 9 см^2

Рис. 7.9.

Таблица 7.4

Варианты	I_1w_1, А	I_2w_2, А	I_3w_3, А	δ_1, мм	δ_2, мм	δ_3, мм
1	300	800	0	0	0,05	0,22
2	0	300	550	0,05	0,11	0
3	600	0	300	0,22	0	0,11
4	800	400	0	0	0,22	0,11
5	0	500	600	0,11	0	0,05
6	600	0	0	0	0,05	0,11
7	300	500	0	0,22	0	0,05
8	0	300	800	0,11	0,22	0

9	800	0	600	0,05	0	0,22
10	600	300	0	0,22	0,11	0
11	0	300	600	0	0,22	0,11
12	400	0	800	0,11	0	0,22
13	500	300	0	0,22	0,05	0
14	0	800	300	0	0,11	0,22
15	800	0	300	0,11	0,05	0
16	400	600	0	0,05	0	0,11
17	0	600	400	0	0,22	0,05
18	800	0	300	0,22	0,11	0
19	500	800	0	0,15	0	0,11
20	0	500	400	0	0,15	0,11
21	550	0	600	0,22	0,15	0
22	500	600	0	0,05	0	0,15
23	0	600	300	0	0,11	0,15
24	300	0	600	0,15	0,05	0

Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Условие задачи.

Паспортные данные трансформатора берут из табл. 8.1, где:

m - число фаз, *m=3;*

ВН/НН-*N* - схема и группа соединения обмоток;

$S_Н$ - номинальная полная мощность;

$U_{лн}^{вн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки ВН;

$U_{лн}^{нн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки НН;

$P_{он}$ - потери холостого хода (мощность холостого хода при номинальном напряжении);

$P_{кн}$ - потери короткого замыкания (мощность короткого замыкания при напряжении короткого замыкания);

$u_к$ - напряжение короткого замыкания, *%*, где $u_к = [U_{кн}/U_н]\cdot 100\%$;

i_0 - ток холостого хода, %, где $i_0 = [I_{0н}/I_{1н}]\cdot 100\%$.

При всех расчетах первичной считать обмотку ВН.

Последовательность решения.

По известным паспортным данным сделать следующие расчеты и построения:

1. Начертить схему соединения обмоток трансформатора заданной группы и построить векторную диаграмму напряжений для доказательства, что начерченная схема соответствует заданной группе.

2. На схеме соединения обмоток трансформатора показать линейные и фазные напряжения и токи,

3. Определить номинальные фазные значения напряжений и токов ВН и НН: $U_{1н}$, $U_{2н}$, $I_{1н}$, $I_{2н}$.

4. Рассчитать коэффициент трансформации - *K.*

5. Определить параметры Т-образной электрической схемы замещения трансформатора: R_m, X_m, R_1, R'_2, X_1, X'_2 (при расчете полагать $R_1 = R_2$ и $X_1 = X'_2$). Начертить Т-образную схему замещения с указанием всех параметров и величин.

6. Рассчитать параметры короткого замыкания R_K, X_K, Z_K, $u_{ка}$ (%), $u_{кр}$(%).

7. Составить упрощенную электрическую схему замещения трансформатора и определить фазные значения тока I_2 и напряжения U_2 при включении во вторичную цепь обмотки нагрузки Z_H (см. табл. 8.1). При расчете определить в комплексной форме приведенные значения тока I'_2 и напряжения U_2' а затем их действующие значения I_2, U_2 .

Таблица 8.1

Исходные данные для задачи 8

Номер вари-анта	ВН/НН-N	$S_к$, кВА	$U_{ЛН}^{ВН}$, кВ	$U_{ЛН}^{НН}$, кВ	$P_{0Н}$, Вт	$P_{КН}$, Вт	$U_{К,}$ %	I_0, %	$Z_Н$, Ом
1	Y/Δ - 11	160	35	0,4	700	2650	6,5	2,4	3+ j3
2	Y/Y_N - 0	160	35	0,69	700	2650	6,5	2,4	3+ j2,25
3	Y/Δ -11	250	35	0,4	1000	3700	6,5	2,3	3+ j2,25
4	Y/Y_N - 0	250	35	0,69	1000	3700	6,5	2,3	1,6+ j1,2
5	Y/Δ -11	400	6	0,4	2180	3700	3,5	2,1	1,2+ j0,9
6	Y/Y_N - 0	400	6	0,69	2180	3700	3,5	2,1	1,1+ j1,0
7	Y/Δ -11	630	6	0,4	1560	8500	5,5	2,0	0,8+ j0,6
8	Y/Y_N - 0	630	6	0,69	1560	8500	5,5	2,0	0,7+ j0,7
9	Y/Δ -11	320	6	0,4	1675	2630	2,5	2,2	1,6+ j1,2
10	Y/Y_N - 0	320	6	0,69	1675	2630	2,5	2,2	1,4+ j1,4
11	Y/Y_N - 0	630	35	0,69	1900	7600	6,5	2,0	0,7+ j0,7
12	Y/Δ -11	630	35	0,4	1900	7600	6,5	2,0	0,6+ j0,8
13	Y/Y_N - 0	400	35	0,69	1350	5500	6,5	2,1	1,0+ j1,0
14	Y/Δ -11	400	35	0,4	1350	5500	6,5	2,1	0,6+ j0,8
15	Y/Y_N - 0	250	6	0,23	660	3700	4,5	4	0,2+j0,15
16	Δ/Y_N - 11	250	10	0,69	660	4200	4,7	4	2+ j1,5
17	Y/Δ -11	400	10	0,23	920	5500	4,5	3,5	0,4+ j0,3
18	Δ/Y_N - 11	400	6	0,69	920	5900	4,5	3,5	1,2+ j0,9
19	Y/Y_N - 0	630	10	0,4	1310	7600	5,5	3	0,4+ j0,3
20	Δ/Y_N - 11	630	6	0,69	1310	8500	5,5	3	0,8+ j0,6
21	Y/Δ - 11	200	6	0,4	875	2535	2,8	2,5	2,4+ j1,8
22	Y/Y_N - 0	200	6	0,69	875	2535	2,8	2,5	2,4+ j1,8
23	Y/Y_N - 0	250	6	0,4	740	3350	3,4	2,3	2+ j1,5
24	Y/Y_N - 0	250	6	0,69	740	3350	3,4	2,3	2+ j1,5

8. Определить значение коэффициента нагрузки при включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$ и оптимальное значения коэффициента нагрузки трансформатора $\beta_{опт}$.

9. Рассчитать изменение вторичного напряжения при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки $\beta_{опт}$ и cos□$_{2=}$ 0,95 (созф2 устанавливает предприятию энергоснабжающая организация).

10. Определить КПД трансформатора при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки fW и coscp2 = 0,95. Сравнить полученные в пунктах *а* и *б* значения к. п. д. и сделать вывод.

Методические рекомендации.

При расчете многофазных симметричных электрических цепей переменного тока расчеты выполняют, как правило, на одну фазу, т. е. используя фазные значения напряжений и токов, а все энергетические параметры: мощности на входе и выходе, потери и т. п. обычно рассчитывают на все фазы, паспортные данные по мощности указаны также на все фазы.

Например:

$S=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф$; $P=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф\cdot cos$□$_Ф$; $\Delta P=m\cdot R\cdot I^2{}_Ф$ и т. д., где m – число фаз.

К пункту 7. При переходе от Т-образной электрической схемы замещения приведенного трансформатора к упрощенной пренебрегают током холостого хода ($I_0 = 0$). В этом случае приведенный трансформатор заменяется эквивалентной электрической схемой замещения, представляющей собой комплекс полного сопротивления короткого замыкания

$Z_K = R_K + jX_K$.

К пункту 8. Оптимальным называется значение коэффициента нагрузки, соответствующее максимальному к. п. д. трансформатора при заданном коэффициенте мощности.

Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Условие задачи.

Известны следующие технические данные асинхронного двигателя с фазным ротором, предназначенного для работы в сети с частотой f= 50 Гц (табл. 9.1):

- число фаз m = 3;
- . - схема соединения фаз обмотки статора Δ/Y;
- число полюсов 2р ;
- номинальная мощность (полезная) $P_{2н}$;
- номинальное линейное напряжение обмотки статора $U_{лн}(\Delta)/U_{лн}$ (Y)= 220/380 В (для всех вариантов задачи);
- номинальный к. п. д. $\eta_н$
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_н$;
- номинальная частота вращения $\eta_{2н}$;
- кратность номинального момента $K_м = M_{max}/M_{ном}$;
- активное сопротивление фазы обмотки статора R_1
- активное сопротивления фазы обмотки ротора R_2;
- схема соединения фаз обмотки ротора Y;
- линейная э. д. с. неподвижного ротора $E_{2л}$
- индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки неподвижного ротора X_2.

Последовательность решения.

1. Определить следующие значения, соответствующие номинальному режиму:
- номинальные полную $S_Н$, активную $P_{1н}$ и реактивную $Q_{1н}$ мощности на зажимах обмотки статора асинхронного двигателя;
- номинальные фазные напряжение $U_{1н}$ и ток $I_{1н}$ статора;
- фазную э. д. с. неподвижного ротора E_2;
- номинальное скольжение $S_Н$;
- номинальный момент на валу $M_{2н}$,

2. Начертить электрические схемы замещения фазы обмотки вращающегося и неподвижного ротора и рассчитать:

а) для вращающегося ротора:
- частоту э. д. с. и тока ротора в номинальном режиме $f_{2н}$;
- номинальную фазную э. д. с. ротора $E_{2Sн}$ индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора в номинальном режиме $X_{2Sн}$;

Таблица 9.1

Исходные данные к задаче 9

Номер вари-анта	Тип двигателя	2р	$P_{2н}$, кВт	$\eta_н$, %	$\cos\varphi_н$	$n_{2н}$, об/мин	$K_М$	R_1, Ом	$E_{2Л}$, В	R_2, Ом	X_2, Ом
0	4АК16034УЗ	4	11,0	86,5	0,86	1438	3,2	0,373	305	0,321	0,576
1	4АК160М4УЗ	4	14,0	88,0	0,87	1448	3,5	0,255	300	0,207	0,385

2	4АК180М4УЗ	4	18,5	89,5	0,88	1457	4,0	0,135	294	0,125	0,232
3	4АК200М4УЗ	4	22,0	90,0	0,87	1467	4,0	0,124	338	0,107	0,309
4	4АК2004УЗ	4	30,0	90,0	0,87	1462	4,0	0,099	349	0,0964	0,281
5	4АК1606УЗ	6	7,7	88,5	0,77	951	3,5	0,664	300	0,518	0,906
6	4АКГ60М6УЗ	6	10,0	84,5	0,76	959	3,8	0,401	310	0,358	0,800
7	4АК180М6УЗ	6	13,0	86,0	0,86	957	4,0	0,267	324	0,317	0,608
8	4АК200М6УЗ	6	18,5	88,5	0,81	971	3,5	0,168	360	0,190	0,387
9	4АК2006УЗ	6	22,0	88,0	0,80	969	3,5	0,149	330	0,143	0,308
10	4АК225М6УЗ	6	30,0	90,0	0,85	976	2,5	0,106	141	0,015	0,046
11	4АК1608УЗ	8	5,5	80,0	0,70	706	2,5	0,887	301	0,861	1,605
12	4АК160М8УЗ	8	7,1	82,0	0,70	712	3,0	0,622	290	0,537	1,413
13	4АК180М8УЗ	8	11,0	85,5	0,72	718	3,5	0,333	267	0,253	0,684
14	4АК200М8УЗ	8	15,0	86,0	0,73	719	3,0	0,233	356	0,322	0,625
15	4АК2008УЗ	8	18,5	87,0	0,73	727	3,0	0,187	301	0,1405	0,366
16	4АНК1604УЗ	4	14,0	85,0	0,85	1425	3,0	0,358	328	0,349	0,572
17	4АНК160М4УЗ	4	17,0	87,5	0,87	1441	3,5	0,229	314	0,210	0,388

18	4АНК1804УЗ	4	22,0	87,0	0,86	1423	3,2	0,163	299	0,190	0,315
19	4АНК180М4УЗ	4	30,0	90,0	0,86	1450	3,2	0,097	291	0,088	0,164
20	4АНК1806УЗ	6	13,0	83,5	0,81	940	3,0	0,363	204	0,173	0,240
21	4АНК180М6УЗ	6	18,5	85,0	0,82	941	3,0	0,241	336	0,326	0,466
22	4АНК200М6УЗ	6	22,0	89,0	0,81	967	3,0	0,1505	379	0,201	0,514
23	4АНК1808УЗ	8	11,0	85,0	0,76	711	3,2	0,417	315	0,431	0,640
24	4АНК180М8УЗ	8	14,0	86,5	0,77	722	3,5	0,303	307	0,235	0,392
25	4АНК200М8УЗ	8	18,5	86,5	0,78	721	2,5	0,242	382	0,283	0,734
26	4АНК2008УЗ	8	22,0	86,0	0,79	713	2,5	0,1905	330	0,244	0,470

- номинальный фазный ток ротора $I_{2н}$;
- приведенный номинальный фазный ток $I'_{2н}$;, б) для неподвижного ротора:
- фазный ток ротора 1_2;
- приведенные значения R'_2, X'_2, E'_2, I'_2.

Сравнить вычисленные значения фазного тока $1_{2н}$ и 1_2 (или $I'_{2н}$ и I'_2).

3. Рассчитать энергетические параметры асинхронного двигателя, работающего в номинальном режиме:

- номинальные электромагнитную мощность $P_{эм.н}$ и электромагнитный момент $M_{эм.н}$; '
- номинальную полную механическую мощность $P_{мех.н}$,
- сумму потерь $\Sigma\Delta P$;
- построить энергетическую диаграмму преобразования активной энергии при работе двигателя в номинальном режиме.

4. Вычислить значение критического скольжения $S_{кр}$ при работе асинхронного двигателя с закороченным ротором (без добавочного сопротивления в цепи ротора); определить параметры короткого замыкания R_K и $X_к$ асинхронного двигателя.

5. Начертить электрическую схему пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.

6. В одной системе координат построить следующие механические характеристики $n_2 = f(M_{ЭМ})$.

- естественную при соединении обмотки статора в треугольник и подключении к сети с линейным напряжением 220 В и закороченной обмоткой ротора;
- искусственную при том же соединении обмотки статора и включении в цепь ротора пускового реостата R_a сопротивление которого необходимо выбрать таким образом, чтобы

начальный пусковой момент был равен максимальному *($M_П=M_{max}$).* Рассчитать значение этого сопротивления.

Методические рекомендации.

К пункту 2. В связи с тем, что в асинхронном двигателе с фазным ротором число фаз обмотки статора всегда равно числу фаз обмотки ротора *($m_1 = m_2$),* коэффициент приведения э. д. с. равен коэффициенту приведения токов *($K_E = K_I$).* Коэффициент приведения э. д. с. можно определить из паспортных данных

$$K_E = K_{об1}\, W_1/K_{об2}\, W_2 = U_{1н}/E_2. \quad (9.1)$$

К пункту 3. Добавочные потери в асинхронном двигателе могут быть определены по формуле

$$\Delta P_Д = 0{,}005 P_{1н}(I_1/I_2)^2. \quad (9.2)$$

К пункту 4. Значение критического скольжения можно рассчитать по упрощенной формуле Клосса

$$M_{эм}/M_{max} = 2/(S/S_{кр} + S_{кр}/S) = 1/K_M. \quad (9.3)$$

При решении квадратного уравнения необходимо выбрать корень, удовлетворяющий условию $S_{кр} > S_Н$.

Также значение критического скольжения можно рассчитать по формуле

$$S_{кр} = R'_2/\sqrt{R_1^2 + X_к^2}. \quad (9.4)$$

Индуктивное сопротивление $X_к$ можно определить из

$$M_{max} = \frac{\left(\frac{m_1}{2\Omega_1}\right)\left(\frac{U_{1н}^2}{R_1+\sqrt{R_1^2+X_к^2}}\right)}{}, \quad (9.5)$$

где $\Omega_1 = \omega_1/p = 2\pi f_1/p$ - угловая скорость вращения магнитного поля в воздушном зазоре.

Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Условие задачи.

Известны следующие технические данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (табл. 10.1):

- номинальная полезная мощность *P^,*
- номинальное напряжение якоря и обмотки возбуждения £/н;
- номинальная частота вращения ин;
- номинальный к. п. д. %;
- сопротивление обмотки добавочных полюсов *R_{in}.;*
- сопротивление обмотки параллельного возбуждения *$г_в$;*
- падение напряжения на щетках Д[/щ = 2 В при /„ *Ф* 0.

Исходные данные для задачи 10

Таблица 10.1

Номер вари-анта	$P_{2н}$, кВт	$U_Н$, В	$n_Н$, об/мин	$\eta_Н$, %	R_a, Ом	$R_{ДП}$, Ом	$r_В$, Ом	$R_Р$, Ом	$r_Р$, Ом
1	1,0	110	3000	71,5	0,6	0,35	365	5 R_a	$r_В$
2	0,9	110	2000	73,0	0,64	0,4	340	7 R_a	0,5 $r_В$
3	1,3	110	3150	76,0	0,36	0,36	340	9 R_a	$r_В$
4	0,55	220	3000	71,0	1,0	0,55	222	10 R_a	0,5 $r_В$
5	0,75	110	3000	78,5	0,64	0,4	720	4 R_a	$r_В$
6	1,2	220	2200	76,5	0,79	0,33	103	6 R_a	0,5 $r_В$
7	2,0	110	3000	78,5	0,2	0,14	265	8 R_a	$r_В$
8	1,1	220	1500	74,0	2,2	1,57	81	10 R_a	0,5 $r_В$
9	1,7	110	2200	77,0	0,29	0,24	295	5 R_a	$r_В$

10	2,2	220	3150	81,0	0,52	0,51	81	7 R_a	0,5 r_B
11	1,5	110	1590	70,0	0,42	0,36	181	9 R_a	r_B
12	2,5	220	2200	76,0	0,79	0,68	39,4	4 R_a	0,5 r_B
13	3,4	110	3350	79,5	0,46	0,05	96,3	6 R_a	r_B
14	5,3	220	3000	80,0	0,24	0,2	25,3	8 R_a	0,5 r_B
15	1,4	110	3000	78,5	0,2	0,13	403	10 R_a	r_B
16	1,6	110	790	68,0	0,47	0,31	134	5 R_a	0,5 r_B
17	7,0	110	2200	81,0	0,07	0,05	111	7 R_a	r_B
18	4,0	220	1500	79,0	0,56	0,34	35	9 R_a	0,5 r_B
19	10,5	440	3000	85,0	0,56	0,34	25,6	4 R_a	r_B
20	1,9	110	750	71,0	0,32	0,27	138	6 R_a	0,5 r_B
21	3,0	220	1000	75,5	0,88	0,64	37,5	8 R_a	r_B
22	5,5	110	1500	80,0	0,88	0,07	101	10 R_a	0,5 r_B
23	8,5	440	2240	84,5	0,67	0,45	25	5 R_a	r_B
24	3,7	220	2360	81,0	0,35	0,22	54,5	7 R_a	0,5 r_B

Последовательность решения.

1. Начертить электрическую схему двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с включением добавочных регулировочных резисторов в цепь якоря R_P и в цепь обмотки возбуждения r_P.

2. Определить номинальную мощность на входе двигателя P_{1H}, номинальные токи якоря I_{AH} и возбуждения i_{BH} и номинальный момент на валу двигателя M_{2H}.

3. Рассчитать и построить в одной системе координат механические характеристики двигателя постоянного тока, включенного в сеть с номинальным напряжением U_H:

а) естественную ($R_P = 0$; $r_P = 0$);

б) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь якоря ($R_P \neq 0$; $r_P = 0$);

в) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь возбуждения ($R_P = 0$; $r_P \neq 0$).

4. Объяснить, что произойдет с работающим двигателем при обрыве в цепи возбуждения, если система автоматической защиты из-за неисправности не отключит вовремя двигатель от сети.

5. Рассчитать максимальные значения сопротивления пускового реостата R_{max}, включенного в цепь якоря, при реостатном способе пуска двигателя, если известно, что пусковой ток не должен превышать двойного номинального значения ($I_{AП} \leq 2I_{AH}$).

Методические рекомендации.

К пункту 2. В двигателе постоянного тока параллельного возбуждения номинальный ток $I_H = I_{AH} + i_{BH}$

К пункту 3. Для решения задачи необходимо рассчитать произведение конструктивной постоянной электрической машины на номинальный магнитный поток $c\Phi_H$, при U_n. Это значение можно определить из паспортных данных двигателя, используя выражения:

$$E_A = c\Phi_H \Omega_H$$

$$E_A = U_H - I_{AH}(R_a + R_{ДП}) - \Delta U_{Щ}$$

где E_A - э.д.с. якоря; Ω_H - угловая скорость двигателя постоянного тока; R_a - сопротивление обмотки якоря.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Ч, 1. Электрические цепи. М.: Высшая школа. 1996. 628 с.

2. Каплянский А. Е., Лысенко А. П., Полотовский Л. С. Теоретические основы электротехники / Под ред. А. Е. Каплянского. М.: Высшая школа, 1972. 447 с.

3. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 1: Ч. 1. Основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. Ч. 2. Теория линейных электрических цепей. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 533 с.

4. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники. Т. 2: Ч. 3. Теория нелинейных электрических и магнитных цепей. Ч. 4. Теория электромагнитного поля. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение. 1981.415 с.

5. Атабеков Г. И. Основы теории цепей: Учебник для вузов. М: Энергия, 1969. 424 с.

6. Атабеков Г. И. и др. Теоретические основы электротехники. Ч. 2. Нелинейные цепи. М.: Энергия, 1970. 232 с.

7. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. В 2-х тт. Том 2. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 416 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе _____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

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.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

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;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца 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 выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по
учебно-методической работе
_____ В. В. Зубов

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Б1.В.07 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой	Председатель
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 12.09.2024	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова

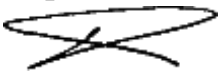
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

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*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2021

317

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	Na^+, K^+, NH_4^+	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, 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 $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, 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 $Cr_2O_7^{2-}$ 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 окислительный 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 ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe ($C_4H_7O_2N_2)_2$].

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 $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

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 Fe_3 [Fe $(CN)_6]_3$. 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 $Fe(OH)_2$ 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 ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ 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, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм^3. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения 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 CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. 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

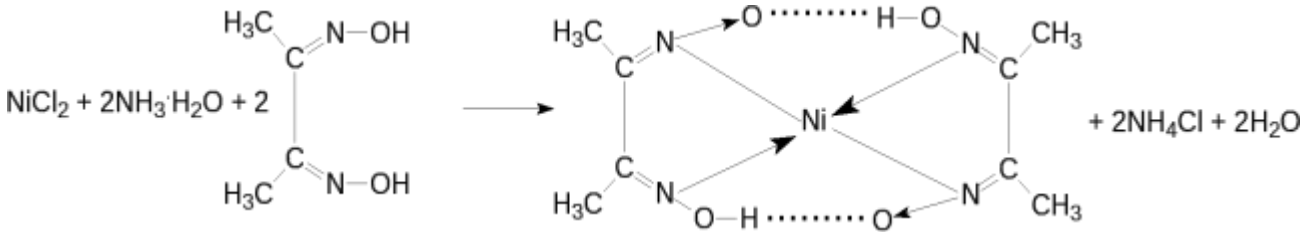
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

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 $C_4H_8N_2O_2$ (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 $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

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 $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ 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 – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+}, соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, 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 $A1^{3+}$, 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 $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

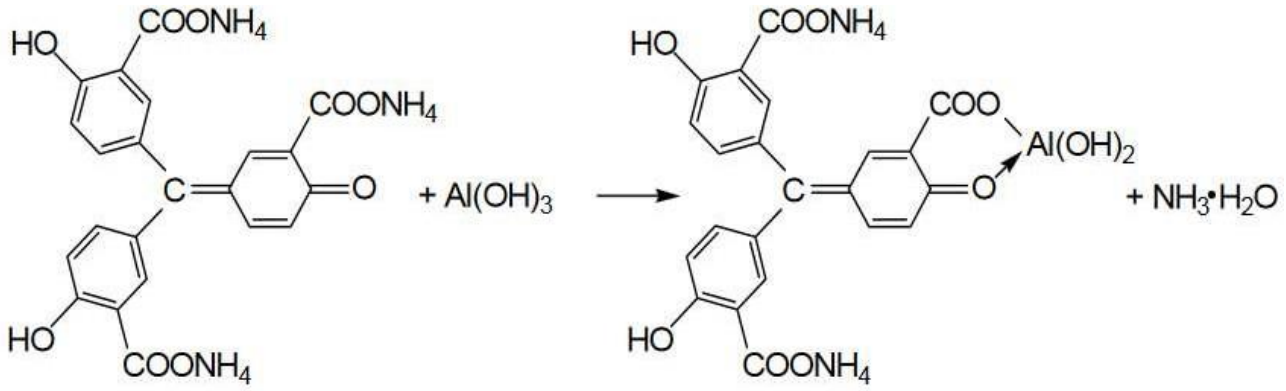
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

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.

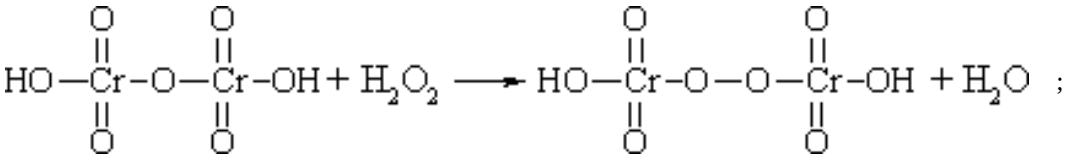
Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

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:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O\ ;$$



$$H_2Cr_2O_8 +3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 +2\ H_2O\ .$$

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 AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_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 тетрайодомеркурата 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», «собрция», «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	отсуствует	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:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

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 сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$\rightarrow 2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

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 выделение бурого газа и образование 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., Эршно А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карапетьянц 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 $A1^{3+}$, 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
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В.В. Зубов

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Б1.В.07 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.20274	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией горно-механического факультета УГГУ
«10» июля 2017 г.
Председатель комиссии
_____проф. В.П. Барановский.

А. М. Амдур, Д. В. Благин

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие для студентов
инженерных специальностей

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017
УДК 541.1
А 46

Рецензент: В.В. Павлов, д-р хим. наук, профессор кафедры химии
ФГБОУ ВО «УГГУ»

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры химии 12 мая 2017 г. (протокол № 10) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Амдур А. М., Благин Д. В.
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ: учебное пособие / А. М. Амдур, Д. В. Благин. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – □ 79 с.

В учебном пособии изложен конспект лекций в соответствии с программой по дисциплине «Физическая химия», которая присутствует в учебных планах инженерных специальностей УГГУ.

Пособие содержит сведения об основных законах и соотношениях термодинамики, о фазовых, адсорбционных и химических равновесиях, об основах теории растворов, адсорбции, седиментации, термодинамике неравновесных процессов, представлены данные о равновесных и неравновесных свойствах растворов электролитов, разобраны преставления о электродных потенциалах, электрохимических цепях и электродвижущих силах. Изложены основы коллоидной химии.

Изложение теоретического материала сопровождается примерами решения прикладных задач, учитывающих специфику вуза горного профиля.

Конспект лекций предназначен для студентов всех специальностей и направлений.

Рис. 23. Библиогр. 7 назв.

© Уральский государственный
горный университет, 2017

© Амдур А.М., Благин Д.В., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	5
1.1	Первый закон термодинамики	5
1.2	Теплоёмкость	8
1.3	Связь между Q_p и Q_v	8
1.4	Следствия 1 закона термодинамики. Закон Гесса	9
1.5	Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа	10
1.6	Второй закон термодинамики	11
1.7	Статический смысл второго закона	13
1.8	Изобарно-изотермный и изохорно-изотермный потенциалы	14
2	ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	19
2.1	Поверхностное натяжение	19
2.2	Капиллярное давление	21
2.3	Связь поверхностного натяжения σ с прочностью межчастичных связей (адгезия и когезия).	22
2.4	Методы измерения поверхностного натяжения	24
2.5	Смачивание	26
2.6	Флотация	29
3	ФИЗИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ	30
3.1	Уравнение Лэнгмюра	32
3.2	Адсорбция в растворах	38
3.3	Уравнение Гиббса	39
3.4	Зависимость поверхностного натяжения растворов от концентрации.	40
4	ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	41
4.1	Экспериментальное определение электропроводности	42

4.2	Эквивалентная электропроводность	44
4.3	Числа переноса	45
4.4	Подвижность ионов	46
4.5	Электропроводность сильных электролитов	48
4.6	Зависимость электропроводности от температуры	49
5	ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ	50
5.1	Классификация дисперсных систем	51
5.2	Дисперсность частиц и поверхностная энергия	52
5.3	Седиментационное равновесие	53
5.4	Седиментационный анализ	54
5.5	Седиментационный анализ полидисперсных систем	55
6	КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ	60
6.1	Двойной электрический слой	60
6.2	Строение двойного слоя	60
6.3	Мицеллярная теория строения лиофобных коллоидов (золей)	62
6.4	Образование коллоидных систем	64
6.5	Образование ядра мицеллы. Теория зарождения новых фаз	65
6.6	Устойчивость дисперсных систем	67
6.7	Коагуляция электролитами	68
6.8	Кинетика (скорость) коагуляции коллоидов	69
6.9	Теория быстрой перикинетической коагуляции	71
6.10	Медленная перикинетическая коагуляция	74
6.11	Ортокинетическая коагуляция	74
6.12	Оптические свойства дисперсных систем	75
	Список литературы	78

1. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

Термодинамика определяет направленность процессов и условия равновесия системы.

Термодинамика, как и геометрия, построена на постулатах, которые называются законами или началами термодинамики. Они получены путем обобщения экспериментального материала. Остальные закономерности выводятся на основе их логического развития.

При решении термодинамических задач из всего мира выбирают тело или группу тел и изучают их взаимодействие с остальным веществом. Следовательно, имеется система и внешняя среда, которые обмениваются энергией. Выбор тел, составляющих систему, зависит от конкретных целей. Обмен энергией происходит в форме теплоты (микроскопическая неупорядоченная форма передачи энергии) или работы (макроскопическая форма). Состояние системы характеризуется совокупностью свойств, называемых термодинамическими параметрами. Температура, давление, плотность и концентрация считаются основными параметрами. Другие свойства рассматриваются как функции основных.

При строгом подходе к решению любой научной или инженерной задачи он должно базироваться на термодинамическом анализе.

1.1 Первый закон термодинамики.

Это частный случай закона сохранения и превращения энергии в применении к процессам, сопровождающимся преобразованием теплоты.

Работа процесса A – энергия, передаваемая одним телом другому при их взаимодействии, не зависящая от температуры T и не связанная с переносом вещества. Она определяется произведением действующих на систему сил на соответствующий путь. Например, работа против сил внешнего давления p выражается, как $A = p\Delta V$, где ΔV – изменение объема системы, против сил

поверхностного натяжения σ $A = \sigma \cdot \Delta\omega$, где $\Delta\omega$ - изменение величины поверхности.

Теплота процесса Q – энергия, передаваемая от одного тела к другому, зависящая лишь от их Т и не связанная с переносом вещества.

Первый закон термодинамики в интегральной форме имеет вид:

$$\Delta U = Q - A,$$

где U – внутренняя энергия.

U - свойство тела, которое складывается из следующих компонент:

1) кинетической энергии молекулярного движения;
2) энергии молекулярного взаимодействия;
3) внутримолекулярной энергии;
4) энергии электронного возбуждения;
5) внутриядерной энергии;
6) лучистой энергии;
7) гравитационной и т.д.

Внутренняя энергия – функция состояния или свойство системы. Теплота и работа могут быть отнесены только к процессу и не являются свойствами, поэтому они не имеют полного дифференциала. Для бесконечно малого изменения состояния первый закон термодинамики запишется в виде:

$$dU = \delta Q - \delta A,$$

где dU – полный дифференциал; δQ, δA вариации Q и A.

Таким образом, первый закон термодинамики позволяет рассчитать количество тепла, выделяемого в экзотермическом или поглощаемого в эндотермическом процессах, и составить тепловой баланс промышленного агрегата.

Рассмотрим его частные случаи.

При адиабатном процессе $\delta Q = 0$ (нет обмена теплотой с внешней средой, система адиабатически замкнута). Следовательно:

$$-dU = pdV,$$

т. е. работа производится за счет убыли энергии системы.

При изохорном процессе $dV = 0$:

$$\delta Q_V = dU_V.$$

(Нижние индексы, как “v” в этом примере, означают, что данный параметр остается постоянным.)

При изобарном процессе $dP = 0$:

$$\delta Q_P = d(U + pV).$$

Теплота процесса δQ_P есть функция состояния или свойство системы, так как $U + pV$ имеет полный дифференциал:

$$U + pV \equiv H.$$

Это свойство называется «энтальпия» (от греческого «нагреваю»). По определению она равна внутренней энергии, сложенной с произведением $P \cdot V$, то есть потенциальной энергией. Таким образом, H – энергия расширенной системы.

$$dU = dH - pdV - Vdp;$$

$$\delta Q = dH - pdV - Vdp + pdV;$$

$$\delta Q = dH - pdV.$$

$$Q = \Delta H - \int_1^2 VdP$$

Из определительного выражения энтальпии следует, что при нагревании H увеличивается.

1.2 Теплоёмкость

Теплоемкость широко используется для расчета термодинамических свойств.

Средняя теплоёмкость – количество теплоты, за счет получения (или отдачи) которой температура системы изменяется на ΔT:

$$C_{T_1 \div T_2} \equiv \frac{Q}{T_1 - T_2} = \frac{Q}{\Delta T}.$$

Истинная теплоёмкость :

$$C = \frac{\delta Q}{\partial T}.$$

Так как δQ зависит от пути процесса, надо указать какой параметр (P или V) остается постоянным при нагреве или охлаждении:

$$Cv = \frac{\delta Q_V}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$$

$$C_P = \frac{\delta Q_P}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P$$

$$Q_P = \Delta H_P = \int_{T_1}^{T_2} C_P dT$$

$$C_P - C_V = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + P\right] \cdot \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

Обычно $\frac{\partial U}{\partial V}$ неизвестно.

1.3 Связь между Q_p и Q_v

$$Q_P = \Delta H;\ Q_V = \Delta U_V$$

$$\Delta H = \Delta U_P + p\Delta V$$

$$Q_p - Q_V = \Delta U_p + p\Delta V - \Delta U_V$$

При малых P $\Delta U_P \approx \Delta U_V$ (для идеальных газов $\Delta U_V = \Delta U_P$).

ΔV - значительно тогда, когда в реакции участвуют газы, для остальных случаев:

$$Q_P \approx Q_V.$$

Для газов, принимая их идеальными и используя закон Менделеева-Клайперона, получим:

$$P\Delta V = \Delta nRT,$$

$$Q_P - Q_V = \Delta nRT$$

Δn - изменение числа молей газообразных веществ, участвующих в реакции.

Пример:

$H_2 + ½\ O_2 = H_2O$ $\quad \Delta H_{298} = -57800$ кал/моль

1 моль + ½ моль = 1 моль

$\Delta n = 1\text{-}1\text{-}0{,}5 = -\ 0{,}5$ моль

$Q_v = -57800 + 0{,}5 \cdot 1{,}986 \cdot 298 = -57500$ кал/моль.

1.4 Следствия 1 закона термодинамики. Закон Гесса

Так как ΔU и ΔH не зависят от пути процесса, то и тепловой эффект химической реакции (см.выражения) не зависит от способов ее осуществления, а определяется лишь начальным и конечным состояниями системы.

Выводы:

1. Теплота образования соединений из исходных веществ не зависит от способа, каким это соединение получено
2. Теплота разложения соединения равна теплоте образования (с противоположным знаком)
3. Тепловой эффект реакции равен алгебраической сумме теплот образования реагентов из простых веществ.

$$\Delta H = \Sigma(\Delta H_{обр})_{прод.} - \Sigma(\Delta H_{обр})_{иск.}.$$

4. Тепловой эффект равен алгебраической сумме теплот сгорания реагентов до одинаковых продуктов

$$\Delta H = \Sigma(\Delta H_{сг})_{иск.} - \Sigma(\Delta H_{сгор})_{прод.}.$$

Пример. Законом Гесса пользуются для расчета теплового эффекта реакций, которые трудно осуществить экспериментально.

1) $C_{тв} + O_2 = CO_2$ $\Delta H_{298} = -94000$ кал/моль

2) $CO + ½\ O_2 = CO_2$ $\Delta H_{298} = -67600$ кал/моль

3) $C_{тв} + ½\ O_2 = CO$ – осуществить трудно, так как в продуктах всегда будет присутствовать и CO_2.

$\Delta H_1 = \Delta H_3 + \Delta H_2$; $\Delta H_3 = -94000 + 67600 = -26400$ кал/моль.

Тепловые эффекты должны быть отнесены к одинаковым условиям, иначе их суммирование станет невозможным. Такие условия называются стандартными: T = 298 K, P = 1 атм, при этом считают, что газы обладают свойствами, присущими им при $P \to 0$.

1.5 Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа

Запишем химическую реакцию в общем виде:

$$n_1A + n_2B = n_3F + n_4D + \Delta H.$$

Тепловой эффект реакции при постоянном давлении равен разности энтальпий продуктов и исходных веществ:

$$\Delta H = Q_P = \left(n_3\Delta H_F + n_4\Delta H_D\right) - \left(n_1\Delta H_A + n_2\Delta H_B\right);$$

$$\left(\frac{\partial \Delta H}{\partial T}\right)_P = \left[n_3\left(\frac{\partial \Delta H_F}{\partial T}\right)_P + n_4\left(\frac{\partial \Delta H_D}{\partial T}\right)_P - n_1\left(\frac{\partial \Delta H_A}{\partial T}\right)_P - n_2\left(\frac{\partial \Delta H_B}{\partial T}\right)_P\right],$$

но $\frac{\partial H}{\partial T} = C_P$. Тогда: C_P

$$\left(\frac{\partial \Delta H}{\partial T}\right)_P = n_3 C_{P_F} + n_4 C_{P_D} - n_1 C_{P_A} - n_2 C_{P_B} = \Delta C_P.$$

ΔC_P - разность суммы теплоемкостей продуктов и исходных веществ, взятых с соответствующими стехиометрическими коэффициентами.

Аналогично: $Q_V = \Delta U$; $\left(\frac{\partial \Delta U}{\partial T}\right)_V = \Delta C_V$ и

$$d\Delta H = \Delta C_P dT. \quad \Delta H = \Delta H_0 + \int_0^T \Delta C_P \, dT,$$

ΔH_0 - константа интегрирования.

Для решения этого уравнения надо знать $C_P = \varphi(T)$. Обычно ее задают в виде полинома:

$$C_P = \Gamma_0 + \Gamma_1 T + \Gamma_2 T^2 + \ldots$$

$$\Delta C_P = \Delta\Gamma_0 + \Delta\Gamma_1 T + \Delta\Gamma_2 T^2, \text{где}$$

$$\Delta\Gamma_0 = n_3\Gamma_{0F} + n_4\Gamma_{0D} - n_1\Gamma_{0A} - n_2\Gamma_{0B}$$

Поэтому получим:

$$\Delta H = \Delta H_0 + \int_0^T \left(\Delta\Gamma_0 + \Delta\Gamma_1 T + \Delta\Gamma_2 T^2\right) dT$$

$$\Delta H = \Delta H_0 + \Delta\Gamma_0 T + \Delta\Gamma_1 \frac{T^2}{2} + \Delta\Gamma_2 \frac{T^3}{3}$$

Обычно, чтобы найти ΔH_0, пользуются тепловым эффектом при 298 К:

$$\Delta H_{298} = \Delta H_0 + \Delta\Gamma_0 298 + \Delta\Gamma_1 \frac{(298)^2}{2} + \Delta\Gamma_2 \frac{(298)^3}{3}.$$

1.6 Второй закон термодинамики

Он определяет направленность самопроизвольно протекающих процессов. Второе начало, как и первое не может быть выделено на основе каких-либо более общих положений, а устанавливается на основании опыта.

Введем ряд определений.

Процесс называется обратимым, если в нем любое состояние системы бесконечно близко к состоянию равновесия. Такой процесс должен идти с бесконечно малыми скоростями.

Если в данном процессе хотя бы одно из состояний далеко от равновесия, то процесс называется необратимым. Так как процессы идут в природе с конечными скоростями, все реальные процессы необратимы.

Характерной особенностью обратимого процесса является то, что в нем возможно возвращение системы в исходное состояние без изменений, как в самой системе, так и в окружающей среде.

Общий критерий направленности – энтропия S, которая является однозначной функцией состояния системы, т.е. всякая система в любом ее состоянии имеет вполне определенное и единственное значение S так же, как и значения P, V, T, U и др. свойств.

Для обратимого процесса можно записать выражение:

$$dS \equiv \frac{\partial Q}{T}.$$

Таким образом дифференциал энтропии при элементарном равновесном процессе равен отношению бесконечно малого количества теплоты, сообщенного системе к ее термодинамической (абсолютной) температуре. Из данного уравнения следует, что энтропия есть приведенная теплота.

Для конечного изменения состояния системы в обратимых процессах изменение энтропии равно:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\partial Q}{T}$$

В адиабатном обратимом процессе $\Delta S = 0$ и $dS = 0$.

Для необратимого процесса $\Delta S > 0,\ dS > 0$.

Для изолированной системы (в которую включен тепловой источник):

$$\Delta S \geq 0; \quad \Delta S = S_2 - S_1 \geq \int_1^2 \frac{\partial Q}{T}.$$

Если система изолирована, то при протекании в ней обратимых процессов энтропия не изменится, при необратимых процессах она растет.

Когда необратимый процесс приводит систему в состояние равновесия, ее энтропия достигает максимума.

Возможно три состояния системы:

$\Delta S > 0$ - процесс в изолированной системе возможен;

$\Delta S < 0$ - невозможен;

$\Delta S = 0$ - система находится в равновесии.

1.7 Статический смысл второго закона

Одно и то же макросостояние системы, заданное термодинамическими параметрами, может существовать при различном распределении энергии между отдельными молекулами, т.е. при различных микросостояниях.

Число микросостояний, с помощью которых можно осуществить данное макросостояние, называется термодинамической вероятностью W. Она определяется общим числом комбинаций, с помощью которых реализуется макрососостояние.

Состояние молекулы характеризуется 3 координатами и 3 импульсами mV. Поэтому оно может быть изображено в гипотетическом 6-мерном пространстве, называемым фазовым (ФП). “Объём” $dxdydzd(mV_x)\cdot d(mV_y)d(mV_z)$ называется ячейкой ФП. Чтобы найти W, надо определить распределение молекул по ячейкам ФП.

N – общее число молекул

N_i – число молекул в i-ой ячейке

$$W = \frac{N!}{N_1!N_2!N_3!\ldots}$$

Когда N=10, то $W = \frac{10!}{3!2!4!1!} = 12600$. Так как в реальном теле число молекул или атомов N больше миллиона, то термодинамическая вероятность W очень большая величина.

Австрийский физик Больцман связал энтропию с термодинамической вероятностью:

$$S = k\ln W,$$

где k – постоянная Больцмана.

Наибольшая вероятность отвечает равномерному распределению частиц. При $N > 10^6$ $W_{равн}$ очень велика и из всех возможных вариантов практически реализуется только равномерное распределение. Потому система стремится занять состояние с W_{max}, при этом $S = S_{max}$.

Таким образом система самопроизвольно переходит от менее вероятного состояния к более вероятному и поскольку W_{max} велика, то из более вероятного состояния система не отклонится на заметное значение. Следовательно в изолированной системе все процессы идут в направлении увеличения энтропии. Состоянию равновесия отвечает S_{max}.

Энтропию можно рассматривать как количественную меру беспорядка в расположении частиц, составляющих данное тело. Если взять кристалл чистого вещества, то при T = 0° К все атомы находятся в узлах решетки, так как кинетическая энергия равна нулю, поэтому W = 1, а S = 0. При нагревании атомы могут переходить междоузлия $W \uparrow \Rightarrow S \uparrow$.

Таким образом второй закон термодинамики – это закон вероятностей.

1.8 Изобарно-изотермный и изохорно-изотермный потенциалы

Пользоваться энтропией как критерием направленности процесса неудобно, поскольку надо включить в систему все тела и сделать ее адиабатически замкнутой.

Поэтому введены менее общие, но более удобные критерии направленности процессов. Они называются термодинамическими потенциалами. Наиболее часто используются следующие потенциалы.

1) При P, T = const потенциал называется энергией Гиббса и обозначается буквой G:

$$G = H - TS.$$

2) При V, T = const потенциал называется энергией Гельмгольца и обозначается буквой потенциал называется энергией Гиббса и обозначается буквой F:

$$F = U - TS.$$

Энергии Гиббса и Гельмгольца связаны между собой следующим образом:

$$H = U + PV;\ U = H - PV \qquad G = F + PV$$

$$F = H - PV - TS = G - PV; \qquad F = G - PV$$

G и F являются однозначными, конечными и непрерывными функциями свойств системы, поэтому их можно рассматривать как функции состояния или свойства системы.

[G] = 1 Дж/моль, [F] = 1 Дж/моль.

Определение направленности процессов по изменению энергии Гиббса ΔG и Гельмгольца ΔF. При P, T = const

$$\Delta S \geq \int_1^2 \frac{\partial Q}{T} \geq \frac{\Delta H}{T}$$

$$T\Delta\Delta \geq \Delta H; \qquad \Delta H - T\Delta\Delta \leq 0 \quad \Delta G \leq 0$$

< - необратимые процессы; = - обратимые процессы. Всякий реальный процесс при P, T = const идет в сторону убыли G. Равновесие наступает при $G = G_{min}$ или dG = 0.

Аналогично $\Delta F \leq 0$.

Связь ΔG с работой обратимого процесса

$$Q - A = \Delta U$$

T =const, процесс обратим

$$\Delta S = \frac{Q_{обр}}{T}$$

$Q_{обр} = T\Delta S \qquad T\Delta S - A = \Delta U; \qquad -A_{обр} = \Delta U - T\Delta S;$

$\Delta F = -A_{обр} = -A_{max}$ (работа обратимого процесса максимальна).

ΔF равно работе изотермического обратимого процесса с обратным знаком.

$$G = F + pV; \quad \Delta G = \Delta F + P\Delta V = -(A_{обр} - P\Delta V).$$

Величина ΔG равна работе обратимого процесса за вычетом работы против сил внешнего давления с обратным знаком.

Парциально-молярные свойства

В технике чистые вещества практически не встречаются. Стали, горные породы, магма – растворы, и в них поведение и свойства компонентов отличаются от поведения чистых веществ.

Свойства веществ, находящихся в растворе называются парциальными или парциально-молярными $\overline{H_i}$ $\overline{V_i}$ и т.д. и зависят от состава.

Определение:

$$\Delta V_{общ} = V_ш = \overline{V}$$

$N_2 \approx \text{const}$

$\Delta V = \overline{V_1}$

$$\Delta V = \overline{V_2} = \left(\frac{\partial V_{общ}}{\partial n_2}\right)_{P,T,n_1}$$

$$\overline{g_i} = \left(\frac{\partial g_{общ}}{\partial n_i}\right)_{P,T,n_{o\neq ш}}$$

$\overline{g_i}$ - приращение общего свойства при добавлении 1 моля

i – компонента, когда P, T и $n_{j\neq i}$ не меняются.

$\overline{G_i} = \mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i}\right)_{P,T,n_{j\neq i}}$ - химический потенциал.

Условие равновесия фаз $\mu_i^I = \mu_i^{II}$.

Цикл Карно – обратный переход тепла от более горячего тепла к холодному, рис. 1.

В основе рассуждений лежит постулат Клаузиуса. Теплота сама собой не может переходить от холодного тепла к горячему.

Предел перехода теплоты в работу далее в обратимом процессе устанавливается циклом Карно.

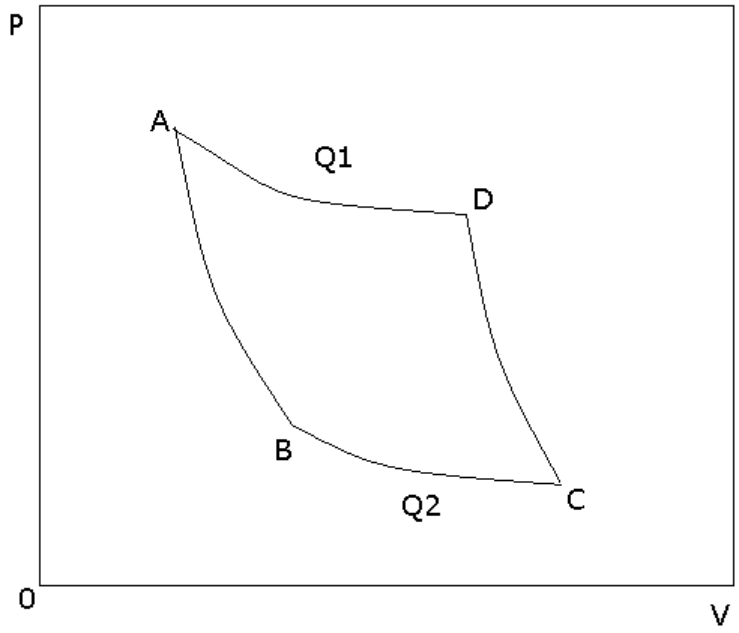


Рис. 1 - Цикл Карно

1) Изотермическое расширение АВ теплота отбирается у теплоотдатчика Q_1.

2) ВС – адиабатическое расширение.

3) СД – изотермическое сжатие – рабочее тело отдает тепло Q_2 теплоприемнику.

4) Адиабатическое сжатие ДА.

$$A = Q_1 - Q_2$$

В обратном цикле Q_2 отбирается и вместе с А передается теплоотдатчику.

Рассчитаем η этой машины. Карно установил, что η при работе по обратимому циклу не зависит от природы рабочего тепла, а определяется только интервалом ΔT, в котором совершается работа.

Доказательство:

Допустим, что проведя в одинаковом температурном интервале цикл Карно с разными телами удалось бы получить разные η_1 и η_2.

Первый цикл в прямом направлении, второй – в обратном.

	Q_1	Q_2	A	η		
1 цикл	+100	- 80	+20	0,20	} ⇒	A- зафиксировано,
2 цикл	- 110	+90	- 20	0,18		т.е. без компенсации работой.
	- 10	+10	0			

Энергия переходит от холодного тепла к горячему без компенсации ΔA = 0, что противоречит принципу Клаузиуса.

Таким образом

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \varphi(T_1, T_2) \quad \text{или} \quad \eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \varphi(T_1, T_2) \qquad (*)$$

Независимость η от природы вещества и позволила ввести абсолютную шкалу T, где за единицу измерения T принимают такую разность между температурами, которое дает возможность совершить 1/100 работы по циклу Карно между $T_{кип}$ и $T_{пл}$

из (*) : $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$

Разобьем цикл Карно на бесконечное число б/м циклов, считая, что на элементарном участке теплообмена T = const.

$$\frac{\delta Q_1}{T_1} + \frac{\delta Q_2}{T} = 0$$

Для всего цикла

$$\int_1^2 \frac{\delta Q_1}{T_1} + \int_2^1 \frac{\delta Q_2}{T_2} = 0 \quad \text{или} \quad \oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

т.е. алгебраическая сумма приведенных теплот для любого обратимого кругового процесса равна 0.

Если круговой интеграл равен 0, то подынтегральная функция полный дифференциал – т.е. свойство системы.

Поэтому $dS \equiv \frac{\delta Q}{T}$

Адиабатический обратимый процесс $dS = 0$ $\Delta S = 0$.

Необратимый процесс – исходное и конечное состояние совпадает с обратимым - ΔU одинаково, а работа меньше: $Q = \Delta U + A$ – теплота тоже меньше, поэтому

$$dS \rangle \frac{\delta Q}{T}$$

Для адиабатического необратимого $dS > 0$.

2. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

2.1 Поверхностное натяжение

Рассмотрим отличия в силах, действующих на атомы, находящиеся в поверхностном слое на границе с газом, вакуумом или конденсированным веществом и объеме фаз, рис. 2.

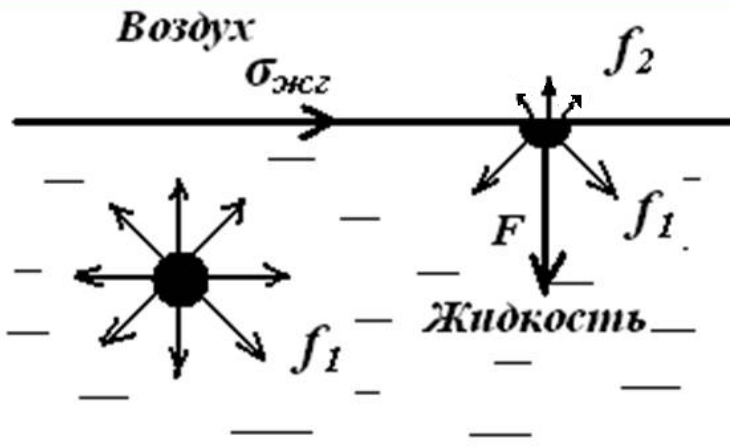


Рис. 2 – Силы взаимодействия атомов на границе раздела и в объёме

1) Для атомов, находящихся в объеме фазы, за время, большее по сравнению с периодом колебаний, силы, действующие со стороны других частиц, одинаковы f_1.

2) Для атомов, находящихся в поверхности, силовое поле асимметрично. Появляется равнодействующая F, стремящаяся втянуть атомы в объем, что вызывает самопроизвольное сокращение поверхности.

Сила, вызывающая сокращение поверхности, отнесенная к единице ее длины и направленная по касательной к ней, называется поверхностным натяжением.

Единица измерения поверхностного натяжения как силы: [γ] = 1 Н/м.

Если не действуют другие силы, то жидкость стремится принять правильную сферическую форму.

Если и вторая фаза конденсированное вещество (жидкое или твердое), то поверхностное натяжение называют межфазным.

Таким образом, причина появления поверхностного или межфазного натяжения – асимметрия силового поля, в котором находятся атомы вещества в поверхностном слое.

Чем меньше объем жидкости (или размер частиц твердого тела), тем больше частиц находится в поверхности, и поверхностные силы приобретает больший удельный вес.

Для увеличения поверхности надо затратить работу против сил поверхностного натяжения, которая в соответствии со 2-м законом термодинамики при V,T = const будет равна изменению свободной энергии:

$$\Delta F = \sigma \Delta \omega = -A_{max} .$$

Тогда σ равно:

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\Delta \omega} \text{ или } \sigma = \left(\frac{\partial F}{\partial \omega} \right)_{V,T} . \qquad (2.1)$$

В соответствии с (2.1) поверхностное натяжение есть свободная энергия единицы поверхности и обозначается греческой буквой σ. В этом варианте единица измерения поверхностного натяжения: [σ] = 1 Дж/м^2.

В обозначение межфазного натяжения в виде индекса вводят номера или названия фаз, например, σ_{12} или $\sigma_{тж}$ - межфазное натяжение на границе фаз 1 и 2 или твердой и жидкой фаз соответственно.

Для жидкостей, обладающих изотропностью, σ = γ, и понятия поверхностного натяжения как силы и энергии не разделяют.

В кристаллах γ является векторной величиной, тогда как σ величина скалярная. В них γ зависит от грани, к которой относится поверхностное натяжение, а в пределах одной грани – даже от выбранного направления.

2.2 Капиллярное давление

Избыточное по сравнению с атмосферным давление ΔP, оказываемое силами поверхностного натяжения жидкости σ, называется капиллярным. Оно направлено к центру кривизны поверхности жидкости и описывается уравнением Лапласа.

Для поверхности правильной сферической формы радиусом R:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}.$$

Если поверхность имеет форму эллипсоида вращения, то

$$\Delta P = \sigma\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right), \qquad (2.2)$$

где R_1 и R_2 – главные радиусы кривизны.

В соответствии с уравнением Лапласа капиллярное давление обратно пропорционально радиусу кривизны. Поэтому в капиллярах или порах мик-

ронного размера это давление очень велико. Например, для магматических расплавов, пропитывающих горные породы с размерами пор порядка 1 мкм, оно составляет около 8 атм. Разность лапласовских давлений на торцах капилляра является движущей силой движения жидкости в пористом теле. На рис. показано, как капля на поверхности вытягивает всю сообщающуюся с ней жидкость, находящуюся в поре. В этом случае каплю называют капиллярным насосом.

Капиллярные явления лежат в основе многих технологий создания конструкционных материалов, широко используются при добыче нефти и т.д.

2.3 Связь σ с прочностью межчастичных связей (адгезия и когезия).

Выделим фрагмент гомогенной жидкости в виде параллелепипеда с площадью основания, равной 1 $см^2$. Его свободную энергию обозначим буквой F. Разделим параллелепипед изотермически и обратимо на 2 части. Затраченная работа будет отвечать созданию новых 2-х $см^2$ поверхности жидкость – газ.

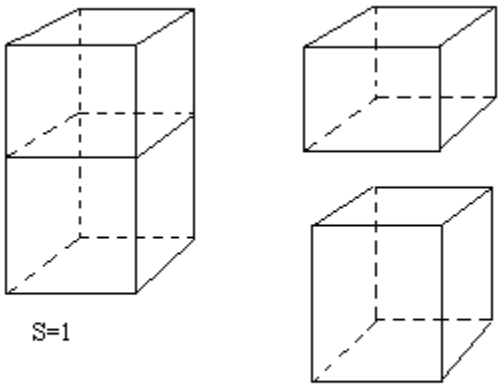


Рисунок 3 – Схема образования новой поверхности при дроблении

Свободная энергия разделенных столбиков жидкости: F + 2σ. Рассчитаем произведенную работу, равную разности свободных энергий в конечном и исходном состояниях:

$$W_K = F + 2\sigma - F = 2\sigma. \qquad (2.3)$$

Определение: Работа обратимого изотермического разрыва столбика жидкости сечением 1 см^2 называется работой когезии или просто когезией W_K

Чем прочнее связи между атомами, тем больше W_K, а значит и $\sigma_ж$, что позволяет рассматривать $\sigma_ж$ в первом приближении как характеристику прочности межчастичных связей.

В общем случае: $\sigma = \left(\frac{\partial F}{\partial \varpi}\right)_{V,T}$;

$$F = U - TS;$$

$$\sigma = \left(\frac{\partial (U - TS)}{\partial \varpi}\right)_{V,T}. \qquad (2.4)$$

Из этих уравнений следует, что σ обусловлена изменением внутренней энергии и энтропии при выводе частиц в поверхность. Представим себе, что параллелепипед состоит из двух несмешивающихся жидкостей (или в общем случае двух фаз), и проведем разделение этих фаз обратимо и при V,T = const по границе раздела. Свободная энергия этой системы в исходном состоянии равна $F + \sigma_{12}$, а после разделения: $F + \sigma_1 + \sigma_2$, так как мы устранили межфазную поверхность и создали две новые.

Совершенная при разрыве работа составит:

$$W_A = \sigma_1 + \sigma_2 + F - (F + \sigma_{12}) = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_{12}. \qquad (2.5)$$

Определение: Работа обратимого изотермического разделения 2^x фаз, относящаяся к единице поверхности, называется работой адгезии или просто адгезией W_A.

Уравнение (2.5) называется уравнением Дюпре. На его анализе основаны сварка, склеивание, эмалирование и другие процессы. Согласно Дюпре для увеличения адгезии надо понизить межфазное натяжение σ_{12} . Оно тем меньше, чем ближе соединяемые фазы по своей природе.

2.4 Методы измерения поверхностного натяжения

Метод отрыва кольца

Метод основан на измерении усилия W, необходимого для отрыва тела в форме цилиндра или кольца от поверхности жидкости:

$$W = \sigma \cdot 4\pi\pi \ ,$$

где R – радиус цилиндра или кольца.

Измерив прибором W и зная R, рассчитывают σ.

Для жидкостей с малой вязкостью, хорошо смачивающих поверхность, относительная погрешность ε составляет 2-3 %.

При η=1÷10 Пз и более метод не применим.

Метод неподвижной капли

Каплю лиофобной жидкости помещают на твердую полированную поверхность. Избыточное давление в жидкости, связанное наличием искривленной поверхности, описывается, как уже отмечалось, уравнением Лапласа (2.2).

Если капля неподвижна, это давление уравновешивается реакцией опоры. Из условия равновесия можно рассчитать σ, определив размеры капли по ее фотоснимку.

Относительная ошибка метода - 0,5 %.

Метод максимального давления при образовании пузырька газа

Опыт организуют следующим образом. К поверхности жидкости до касания с ней подводят капилляр, через который подается газ. В результате на торце капилляра образуется пузырек. Работа расширения газа совершается против сил поверхностного натяжения исследуемой жидкости:

$$\rho dV = \sigma d\varpi \qquad (2.6)$$

(в уравнении (2.6) не учитывается гидростатическое давление жидкости).

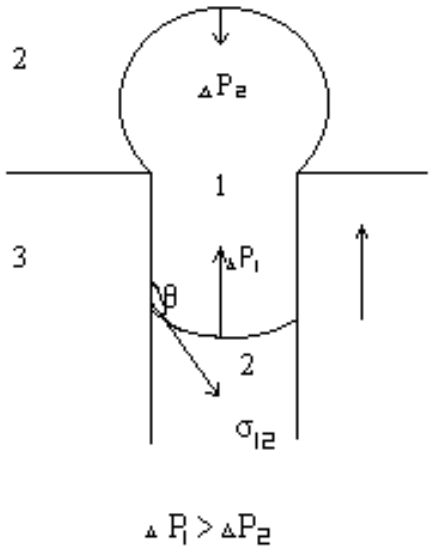


Рисунок 4 – Давление газа в пузырьке

Давление газа будет максимальным P_{max}, когда радиус пузырька $r_п$ достигнет радиуса капилляра $r_к$: $r_п = r_к = r$. Тогда, измеряя P_{max} , можно рассчитать σ, считая, что пузырек имеет правильную

сферическую форму, по уравнению, полученному дифференцированием (2.6):

$$\sigma = \frac{P_{max} r}{2}.$$

Радиус капилляра определяют, замеряя P'_{max} в жидкости, поверхностное натяжение которой измерено другим методом $\sigma_э$:

$$r = \frac{2\sigma_э}{P'_{max}}.$$

Метод становится относительным, поскольку использовано эталонное вещество. Расчетное уравнение имеет вид:

$$\sigma = \sigma_э \frac{P_{max}}{P'_{max}}.. \qquad (2.7)$$

При учете большинства факторов, вызывающих погрешности, точность метода высока - для молекулярных жидкостей ε составляет 0,02 %.

2.5 Смачивание

Явление смачивания рассматривается на границе раздела трех фаз. На рис. 3 приведена граница твердое тело(3)-жидкость(1)-газ(2).

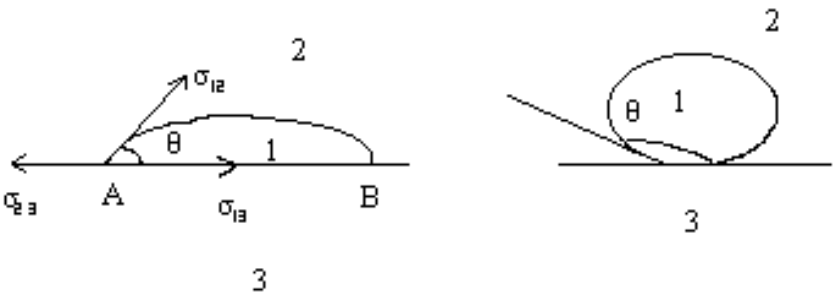


Рис. 5 – Поверхностное натяжение на границе раздела фаз

Имеется три границы раздела: σ_{1-3} – межфазное натяжение на границе твердое тело – жидкость; σ_{1-2} – жидкость – газ; σ_{2-3} – твердое – газ. Угол θ между векторами σ_{1-3} и σ_{1-2} называется углом смачивания. Если $\theta < 90°$, жидкость смачивает твердое тело, при $\theta > 90°$ - не смачивает, когда $\theta = 0$ имеет место абсолютное смачивание. Вторым параметром 3^x фазной границы является ее проекция на плоскость рисунка - линия АВ, которую называют периметром смачивания L.

Рассмотрим эту систему с точки зрения минимума свободной поверхностной энергии F.

1. $\sigma_{2-3} < \sigma_{1-3} + \sigma_{1-2}$. Минимуму F отвечает положение, когда поверхность твердое тело – газ максимальна, а поверхности твердое – жидкое и жидкость – газ минимальны. Тогда $\theta > 90°$, жидкость не смачивает твердую поверхность.
2. $\sigma_{2-3} > \sigma_{1-3} + \sigma_{1-2}$. Из тех же соображений F=min, когда жидкость покрывает твердое тело или, как говорят, растекается по нему: $\theta < 90°$.

Условие равновесия капли на поверхности твердого тела имеет вид:

$$\sigma_{1-3} + \sigma_{1-2} \cdot \mathrm{Cos}\theta = \sigma_{2-3}.$$

Тогда

$$\mathrm{Cos}\,\theta = \frac{\sigma_{2-3} - \sigma_{1-3}}{\sigma_{1-2}} \quad . \qquad (2.8)$$

Из (2.8), которое называется уравнением Лапласа, следует, что угол смачивания определяется соотношением межфазных энергий и может быть изменен. Например, понизить σ_{1-2} можно, добавляя в раствор поверхностно-активные вещества.

Преобразуем это уравнение, используя уравнение Дюпре для адгезии:

$$W_A = \sigma_{2-3} + \sigma_{1-2} - \sigma_{1-3}.$$

Выразим σ_{2-3} из уравнения Лапласа: $\sigma_{2-3} = \sigma_{1-2}\mathrm{Cos}\theta + \sigma_{1-3}$. После подстановки σ_{2-3} в уравнение Дюпре получим:

$$W_A = \sigma_{1-2}\mathrm{Cos}\theta + \sigma_{1-3} + \sigma_{1-2} - \sigma_{1-3} = \sigma_{1-2}(\mathrm{Cos}\theta + 1).$$

Тогда уравнение Лапласа примет вид :

$$\mathrm{Cos}\theta = \frac{W_A^{т-ж}}{\sigma_{1-2}} - 1 \text{ или } \mathrm{Cos}\theta = \frac{W_A^{т-ж}}{\frac{W_K^{ж}}{2}} - 1 \qquad (2.9)$$

$(\sigma_{1-2} = \frac{W_K^{ж}}{2})$.

Из приведенных соотношений можно сделать следующие выводы:

1. $\theta = 0° \rightarrow W_A^{т-ж} = W_к^{ж}$. Взаимодействие атомов жидкого и твердого между собой равно взаимодействию атомов внутри жидкости.

2. $\theta \Rightarrow 180° \; W_A^{т-ж} \Rightarrow 0$. Взаимодействие между атомами жидкости и твердого тела отсутствует.

3. Чем меньше поверхностное натяжение жидкости $\sigma_{1\text{-}2}$, тем она лучше смачивает твердые поверхности.

Рассмотрим границу твердое тело – две несмешивающиеся жидкости, одной из которых является вода, рис. 5. Если $0° < \theta < 90°$, то $\mathrm{Cos}\,\theta = \frac{\sigma_{2-3} - \sigma_{1-3}}{\sigma_{1-2}} > 0$, значит вода лучше смачивает твердую поверхность, чем углеводородная жидкость. Поверхность называется гидрофильной. Если $90° < \theta < 180°$, рис. 5, вода хуже смачивает твердую поверхность. Она в этом случае называется гидрофобной. При $\theta \approx 90^0$ избирательное смачивание отсутствует.

Гидрофильные – поверхности, образованные ионной гетерополярной решеткой – сульфаты, карбонаты, кварц, силикаты, стекло, оксиды металлов, алмазы и т.д.

Гидрофобные – чистые поверхности металлов, сульфиды, графит, углеводороды и органические вещества.

Пользуясь адсорбцией поверхностно-активных веществ, обрабатывая механически поверхность, вызывая образование поверхностных соединений, можно менять параметры смачивания твердых поверхностей жидкостью.

2.6 Флотация

Игла, покрытая жиром не тонет в воде. В основе этого явления, называемого флотацией, лежит смачивание. Флотация – плавание тел, плотность которых больше, чем плотность жидкости, на ее поверхности под действием сил межфазного натяжения.

Рассмотрим баланс сил, действующие на тело цилиндрической формы с длиной окружности в сечении, равной L, когда оно смачивается $\theta < 90^o$ (A) и не смачивается $\theta > 90^o$ жидкостью (B).

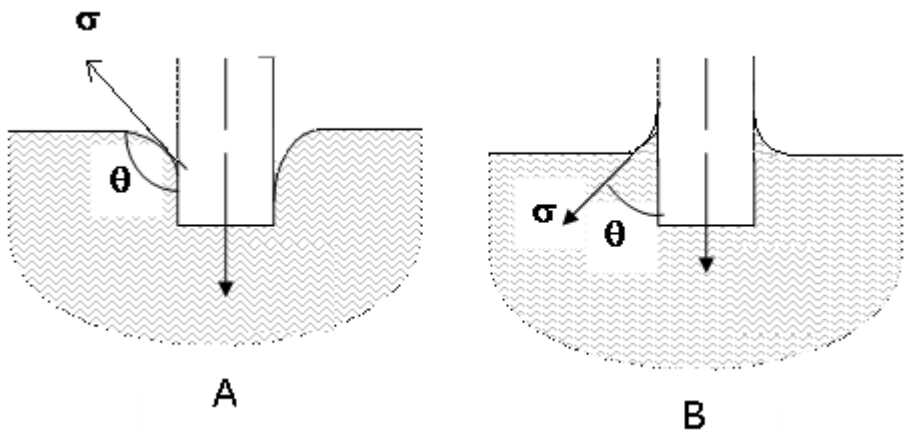


Рис. 6 – Угол смачивания цилиндрического тела жидкостью

Сила поверхностного натяжения, действующая по периметру смачивания равна $\sigma_{1\text{-}2}$ L Cosθ. Равнодействующая: (G – P) - $\sigma_{1\text{-}2}$·CosθL = F, где G – сила тяжести, P – выталкивающая сила.

Для случая A F < 0 и цилиндр любого размера потонет.

Для случая B при $G - P > \sigma_{1\text{-}2}L\cdot\text{Cos}\theta$ произойдет затопление, при

$$G - P < \sigma_{1\text{-}2}L\cdot\text{Cos}\theta \qquad (2.10)$$

тело будет плавать на поверхности.

Когда твердое тело не смачивается жидкостью, независимо от соотношения их плотностей за счет измельчения можно добиться того, что тело будет плавать. Причем при измельчении резко увеличивается поверхность между жидкостью и твердым телом, то есть величины L и $\sigma_{1\text{-}2}L\text{Cos}\theta$ растут, а (G – P) падает ~ L^3. Это способствует выполнению условия флотации (2.10).

Явление флотации лежит в основе одного из способов обогащения руд – отделения полезных минералов от кусков пустой породы. Пенная флотация осуществляется следующим образом.

Руду измельчают до крупности 0,1 - 0,01 мм и сильно перемешивают в воде, к которой добавлено органическое вещество, придающее поверхности ценной породы гидрофобные свойства. При этом в суспензии образуется большое количество пузырьков воздуха. Гидрофобные частицы ценных минералов уносятся с ними в поверхностный слой пульпы, а пустая порода оседает.

3. Физическая и химическая адсорбция

Адсорбцией называется явление концентрирования вещества на границе раздела фаз, например, на границах твердое - раствор, твердое – газ и др.

Адсорбция имеет место при любом гетерогенном процессе: электрохимической коррозии, окислении металлов, флотации и других. Поэтому ее изучение очень важно с практической точки зрения.

Конденсированную фазу, на поверхности которой происходит адсорбция, называют адсорбентом, а вещество, концентрирующееся на межфазной границе – адсорбтивом или адсорбатом.

Количество молей адсорбтива, адсорбированного одним килограммом адсорбента Г, экспериментально определяется как:

$$\Gamma = \frac{\Delta C C_{р-р}}{m}\ , \qquad (3.1)$$

где Г – адсорбция, моль/кг; ΔС – изменение концентрации раствора после завершения адсорбции, моль/м^3;$V_{р-р}$ – общий объем раствора, м^3; m – масса адсорбента, кг.

Согласно второму закону термодинамики изменение энергии Гиббса равно $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

При адсорбции энтропия системы понижается ($\Delta S < 0$), так как число степеней свободы молекул адсорбтива уменьшается от трех в объёме жидкости или газа до двух на поверхности адсорбента. Поскольку процесс возможен только при $\Delta G < 0$, то $\Delta H < 0$ и $|\Delta H| > |T\Delta S|$. Поэтому адсорбция сопровождается выделением тепла, которое называется теплотой адсорбции Q. Можно также сказать, что тепло при адсорбции выделяется , а не поглощается потому, что образуются новые связи между атомами без разрыва старых.

В зависимости от величины Q адсорбцию делят на физическую и химическую (хемосорбция). В первом случае Q = 4 – 30 кДж/моль, а во втором величина близка к энергии химических связей (100 кДж/моль и более). При хемосорбции происходит перестройка поверхности даже у тугоплавких адсорбентов (металлы, оксиды, углеродистые материалы), возможно образование поверхностных химических соединений. При физической адсорбции структура поверхности адсорбента остается неизменной, и равновесие устанавливается очень быстро и обратимо. Хемосорбцию от физической отличает также большая чувствительность к химической природе адсорбента и адсорбата. Поскольку образование химических связей обусловлено короткодействующими силами, предполагается, что хемосорбция протекает в монослое. Адсорбированное вещество с трудом удаляется с поверхности адсорбента, причем десорбция может сопровождаться химическими процессами. Например, при термической десорбции кислорода с угля вместо кислорода выделяется смесь CO и CO_2. При физической адсорбции между адсорбентом и адсорбатом действуют силы Ван-дер-Ваальса.

Фактически процесс хемосорбции состоит из двух стадий: сначала происходит физическая адсорбция, например, газа, а затем он вступает в химиче-

скую реакцию с поверхностью твердого тела. При низких температурах скорость хемосорбции может быть настолько мала, что наблюдается лишь физическая адсорбция. При высоких температурах физическая адсорбция почти незаметна, и имеет место только хемосорбция.

Количество адсорбированного вещества на единице поверхности адсорбента зависит от температуры и давления газа или концентрации раствора С. При постоянной температуре Г = f(C). Эту зависимость называют изотермой адсорбции и находят в большинстве экспериментальных работ.

3.1. Уравнение Лэнгмюра

Предложено много уравнений вида Г = f(C), базирующихся как на экспериментальных, так и на теоретических исследованиях. Одной из важнейших теоретических функций является изотерма адсорбции Лэнгмюра. Его модель адсорбции из растворов или газов на поверхности твердого тела предполагает, что на поверхности имеется определенное число центров (или мест) адсорбции. Ими являются различного рода дефекты: поры, трещины, дислокации и т.д. Все адсорбированные частицы взаимодействуют только с этими центрами и не взаимодействуют друг с другом. Следовательно, адсорбция ограничена монослоем.

Выведем уравнение Лэнгмюра для твердых поверхностей.

Введем следующие обозначения: β- доля занятой поверхности, общую площадь которой можно принять за 1; 1-β - доля свободной поверхности; С – равновесная концентрация адсорбтива; $К_{ад}$, $К_{дес}$ – константы скорости адсорбции и десорбции соответственно.

Адсорбция идет на свободную поверхность, поэтому ее скорость по закону действующих масс равна:

$$V_{адс}=К_{ад}C(1-\beta). \qquad (3.2)$$

Скорость обратного процесса – десорбции не зависит от концентрации адсорбтива:

$$V_{дес} = К_{дес}\beta. \qquad (3.3)$$

В равновесии $V_{адс} = V_{дес}$:

$$К_{дес}\beta = К_{ад}C - К_{ад}C\beta.$$

Выразим из этого выражения долю занятой поверхности:

$$\beta = \frac{К_{ад}C}{К_{дес} + К_{ад}C} = \frac{C}{\frac{К_{дес}}{К_{ад}} + C} = \frac{C\frac{К_{ад}}{К_{дес}}}{1 + C\frac{К_{ад}}{К_{дес}}} = \frac{вс}{1 + вс}, \qquad (3.4)$$

где $\frac{К_{ад}}{К_{дес}} = К_{равн} = в$ - константа равновесия процесса адсорбции-десорбции;

$$в = в' \exp\left(\frac{Q}{RT}\right).$$

где b' - коэффициент пропорциональности.

Когда все центры адсорбции заняты, $\beta=1$, и адсорбция стремится к постоянной и максимальной величине, равной числу молей центров адсорбции: $Г \to Г_о$.

При $\beta<1$ адсорбция составляет долю, равную доле занятой поверхности β, от максимального значения $Г_о$: $Г=\beta Г_о$. Выразив β из (3.4), получим окончательное выражение для изотермы Лэнгмюра:

$$Г = Г_о\frac{вс}{1 + вс}. \text{ или } \quad \frac{Г}{Г_о} = \beta = \frac{вс}{(1 + вс)}. \qquad (3.5)$$

Для газов концентрация *с* пропорциональна парциальному давлению Р, и уравнение Лэнгмюра примет вид:

$$Г = Г_о\frac{в'Р}{1 + в'Р}. \qquad (3.6)$$

При адсорбции нескольких газов будет сумма давлений:

$$\Gamma_i = \Gamma_o \frac{b_i p_i}{1 + \sum_1^n b_i p_i}. \qquad (3.7)$$

Согласно (3.5), при низких концентрациях растворенного вещества вС << 1 и количество адсорбированного вещества прямо пропорционально С: $\Gamma = \Gamma_o вс$.

При высоких концентрациях вС >> 1 и Г достигает предельного значения: $\Gamma = \Gamma_o$.

Следовательно, Γ_o является мерой емкости адсорбента, а константа равновесия b мерой интенсивности адсорбции. В рамках идеальной модели Γ_o не зависит от температуры. Обе постоянные легко определить, представив уравнение Лэнгмюра в виде:

$$\frac{c}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_o в} + \frac{c}{\Gamma_o}. \qquad (3.8)$$

Зависимость С/Г от концентрации С графически изображается прямой, имеющей тангенс угла наклона, равный $1/\Gamma_o$, и отсекающей по оси ординат отрезок $1/\Gamma_o в$ (рис. 7).

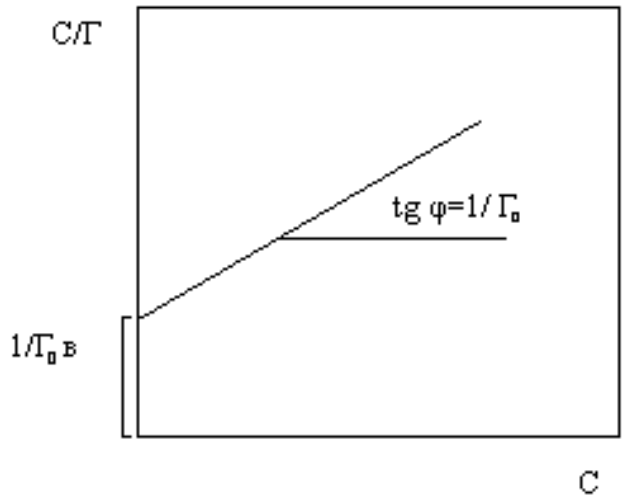


Рис. 7 - Линеаризация экспериментальных данных по уравнению Лэнгмюра

Графически найдя число молей центров адсорбции Γ_o, можно оценить важную характеристику твердого тела – его удельную поверхность S, $м^2/кг$, которая для пористых тел на несколько порядков превышает видимую или геометрическую:

$$\Gamma_o = \frac{S}{Ns_o}, \qquad (3.9)$$

где s_o – площадь одного центра адсорбции, A^2; N – число Авогадро, $N=6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$.

Единственная трудность – выбрать правильное значение площади одного центра адсорбции s_o. При физической адсорбции из растворов s_o зависит в основном от площади молекулы адсорбата, при хемосорбции s_o определяется площадью, занимаемой центрами адсорбции на поверхности адсорбента.

Однако, уравнение Лэнгмюра не описывает процесс адсорбции, когда он идет на неоднородной поверхности (величина *b* меняется в различных ее участках), а также многослойную адсорбцию.

Примером изотермы адсорбции из разбавленных растворов, полученной эмпирически, является уравнение Фрейндлиха:

$$\Gamma = \alpha \cdot c^{1/n}, \qquad (3.10)$$

где Г – количество вещества, адсорбированного адсорбентом массой m и находящегося в равновесии с раствором концентрации С; α, n – эмпирические константы.

Если С = 1, то α = Г, то есть α равно количеству адсорбтива на поверхности, созданной единицей массы адсорбента и характеризует величину его поверхности. Константа n связана с интенсивностью взаимодействия адсорбента и изменяется в пределах: 1/n = 0,1 … 0,5.

Прологарифмировав (3.10) получим:

$$\lg\Gamma = \lg\alpha + \frac{1}{n}\lg C$$

В координатах lgГ – lgC уравнение (3.10) представляется в виде прямой, тангенс угла наклона которой численно равен 1/n, а отсекаемый по оси ординат отрезок - lgα (рис. 8).

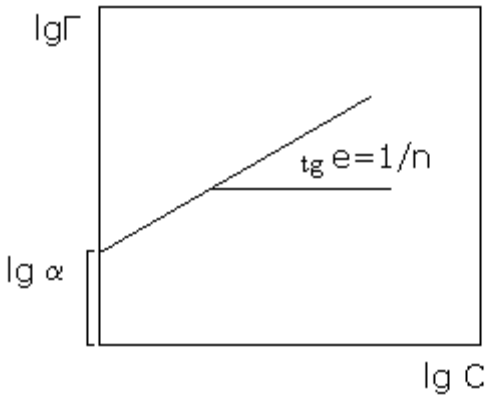


Рис. 8 - Линеаризация экспериментальных данных по уравнению Фрейндлиха

Строят изотерму Лэнгмюра в координатах $\frac{C}{\Gamma} = f(C)$ (С – исходная концентрация); по тангенсу угла наклона прямой рассчитывают число молей центров адсорбции на единицу массы адсорбента Γ_o, что позволяет найти долю занятой поверхности. Стадии заполнения центров адсорбции (рис. 9).

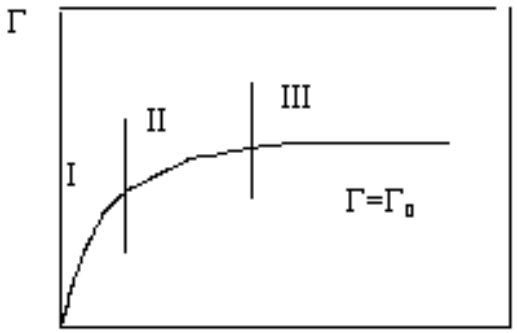


Рис. 9 – Заполнение поверхности адсорбента

Изотерма Фрейндлиха неплохо описывает адсорбцию разбавленных растворов слабо диссоциирующих веществ в различных растворителях на таких адсорбентах, как уголь, руда, горные породы и т.д.

Уравнение (3.10) отличается от изотермы Лэнгмюра тем, что при низких концентрациях не только не дает линейной зависимости, оставаясь вогнутой к оси концентрации, но и не дает предельного значения адсорбции при насыщении (рис. 10)

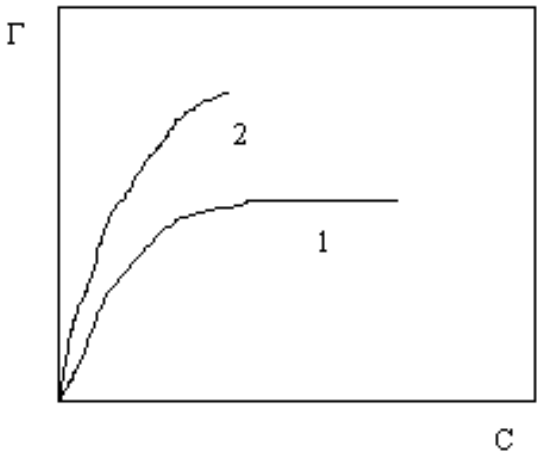


Рис. 10 Вид изотермы адсорбции Лэнгмюра (1) и Фрейндлиха (2).

3.2 Адсорбция в растворах

В растворах силы взаимодействия одноименными и разноименными молекулами не одинаковы. Поэтому сильно взаимодействующие частицы

окружают себя сильно взаимодействующими и оттесняют слабовзаимодействующие. Когда различие в энергиях связи велико, раствор может расслоиться на две жидкости.

Обычно тепловое движение препятствуют полному расслоению. Тогда слабовзаимодействующие частицы преимущественно концентрируются на поверхности раздела, что вытекает из 2-го закона термодинамики: при P, T= const образование раствора идет в сторону убыли энергии Гиббса:

$$dG = d(\sigma\omega) = d\omega\cdot\sigma + d\sigma\cdot\omega<0.$$

Так как первое слагаемое всегда положительно, то $d\sigma<0$ (площадь поверхности $\omega > 0$). Эта убыль и реализуется за счет вытеснения слабых частиц в поверхностный слой (из определения когезии – чем слабее связи, тем меньше σ, поэтому понизить σ можно только за счет частиц со слабыми полями).

Тогда $\Delta\sigma<0$ эта убыль и реализуется за счет вытеснения слабовзаимодействующих частиц в поверхностный слой (из определения когезии – чем слабее связи, тем меньше σ, поэтому понизить σ можно только за счет слабовзаимодействующих частиц).

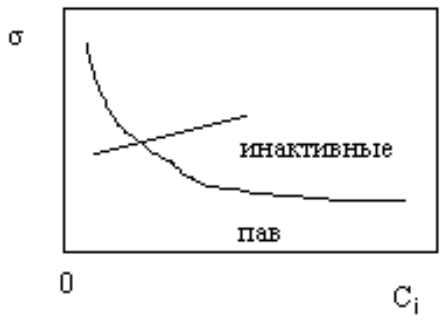


Рис. 11 – Зависимость поверхностного натяжения от концентрации

Вещества, понижающие σ, преимущественно концентрирующиеся в поверхности, называются поверхностно- активными (ПАВ).

Вещества, повышающие σ, имеют в поверхностном слое меньшую концентрацию, чем в объеме раствора, и называются инактивными. Рис. 11.

Адсорбция по определению равна:

$$C^{\omega} - C^{v} = \Gamma,$$

где C^{ω} - концентрация вещества в поверхностном слое; C^{v} – концентрация вещества в объеме раствора.

Для ПАВ $C^{\omega} > C^{v}$, $\Gamma > 0$, для инактивных веществ $C^{\omega} < C^{v}$, $\Gamma < 0$.

Влияние ПАВ на величину σ (характеризуется темпом изменения σ с изменением концентрации $d\sigma/dC$ – поверхностной активностью) сильнее, чем инактивных, так как для изменения концентрации в поверхности достаточно очень малого изменения концентрации в объёме, поскольку толщина адсорбционного слоя мала в сравнении с V.

3.3 Уравнение Гиббса

Уравнение Гиббса широко применяется для описания адсорбции в жидких растворах. В общем виде оно записывается как:

$$d\sigma = -\sum \Gamma_i d\mu_i, \qquad (3.11)$$

где σ - поверхностное натяжение раствора; Γ_i – адсорбция i –того компонента на границе раствор-газ; μ_i – химический потенциал i –того компонента.

Он равен:

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT\ln a_i,$$

где μ^0_i – стандартный химический потенциал; a_i – активность i-компонента; T – температура, К; R –универсальная газовая постоянная.

Из уравнения (3.11) следует:

$$\Gamma_i = -\left(\frac{\partial\sigma}{\partial\mu_i}\right)_{P,T,\mu_{j\neq i}} . \qquad (3.12)$$

Зная зависимость поверхностного натяжения от концентрации i-компонента в растворе $\sigma = f(\mu_i)$ можно рассчитать Γ_i. Но нельзя изменять μ_i без изменения μ_j, поэтому уравнением Гиббса можно пользоваться только для бинарных растворов.

$$d\sigma = -\Gamma_1 d\mu_1 - \Gamma_2 d\mu_2 . \qquad (3.13)$$

По Гиббсу для растворителя $\Gamma_1=0$, тогда:

$$d\sigma = -\Gamma_2 d\mu_2 = -\Gamma_2 RT\frac{da_2}{a_2}; \qquad \Gamma_2 = -\frac{a_2}{RT}\cdot\frac{d\sigma}{da_2}. \qquad (3.14)$$

Для идеальных растворов активность компонента равна его мольной доле $a_2=N_2$. Уравнение (3.14) примет вид:

$$\Gamma_2 = -\frac{N_2}{RT}\cdot\frac{d\sigma}{dN_2}, \qquad (3.15)$$

где $\frac{d\sigma}{dN_2}$ – поверхностная активность.

3.4 Зависимость поверхностного натяжения растворов от концентрации.

Адсорбция растворителя $\Gamma_1 = 0$. Для описания адсорбции растворенного вещества на поверхности растворителя Лэнгмюр использовал свое уравнение в виде:

$$\Gamma_2 = a\frac{C_2}{1+bC_2}. \qquad (3.17)$$

Для бесконечно разбавленного раствора химический потенциал растворенного вещества равен $\mu_2 = \mu_2^0 + RT\ln C_2$. После математических преобразований получим:

$$d\mu_2 = RT\frac{dC_2}{C_2},$$

$$d\sigma = -\Gamma_2 d\mu_2 = -\frac{aC_2}{1+bC_2}RT\frac{dC_2}{C_2},$$

$$\int_{\sigma_1}^{\sigma} d\sigma = \int_{C2=0}^{C2} -\frac{a}{1+bC_2}RT\,dC_2,$$

$$\sigma - \sigma_1 = -\left[\frac{aRT}{b}\ln(1+bC_2)\right]_{C2=0}^{C2},$$

$$\sigma = \sigma_1 + A\ln(1+bC_2), \qquad (3.18)$$

$$A = -\frac{aRT}{b}.$$

1). Площадь, приходящаяся на 1 молекулу в мономолекулярном слое:

[Г] = 1 моль/см^2. Число адсорбционных молекул на 1 см^2 = ΓN_A

$$S_{1\text{ммоле}} = \frac{1cc^2}{\Gamma N_A}$$

$$S_\infty = \frac{1}{\Gamma_\infty N_A}$$

2). Зная Γ_∞ можно вычислить толщину насыщенного поверхностного слоя.

В объёме поверхностного слоя 1 см^2 δ=V масса адсорбционного вещества равна $m=\Gamma_\infty M$, но с другой стороны $m=1\cdot\delta\cdot d$, где d – плотность.

$\Gamma_\infty M=\delta d$ $\qquad\qquad$ $\delta = \frac{\Gamma_\infty M}{d}$

4. Электропроводность электролитов

Удельная электропроводность характеризует способность вещества проводить электрический ток. Она обратна удельному сопротивлению:

$$\chi = 1/\rho \qquad (4.1)$$

и измеряется: $[\chi] = 1$ Ом$^{-1}$м$^{-1}$.

Сопротивление R любого проводника по закону Ома равно:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \qquad (4.2)$$

где ρ - удельное сопротивление, Ом·м; l –длина проводника; S – площадь его поперечного сечения.

Электропроводность различных веществ меняется в широких пределах. Например, при комнатных температурах χ серебра имеет порядок 10^6 Ом$^{-1}$м$^{-1}$, дистиллированной воды - $10^{-4} – 4\ 10^{-4}$ Ом$^{-1}$м$^{-1}$, ацетона- 10^{-5} Ом$^{-1}$м$^{-1}$.

Электрический ток в растворах электролитов, расплавах солей и оксидов (магма, шлак) переносится ионами. Следовательно, электропроводность является функцией концентрации $\chi = f(C)$ или разведения $\chi = f(1/C)$. Эта зависимость имеет экстремальный характер. Часто не удается получить растворы с высокой концентрацией электролита, поэтому восходящая ветвь на кривой $\chi = f(1/C)$ не фиксируется.

4.1 Экспериментальное определение электропроводности

В соответствии с (4.2) необходимо экспериментально определить R и, зная l и S, вычислить ρ, а затем χ.

Часто сопротивление электролитов измеряется компенсационным методом с применением мостика Кольрауша, рис. 12. Измерение сопротивления электролита производят в сосуде, куда помещаются электроды. Он называется электрохимической ячейкой.

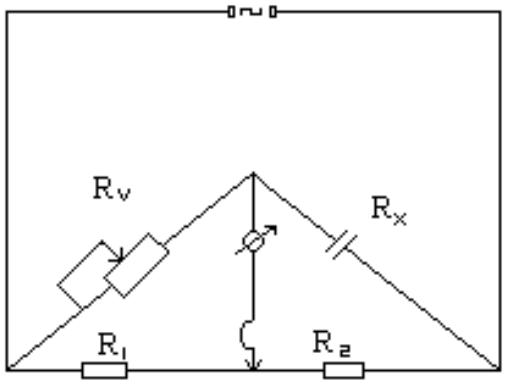


Рис. 12 – Мостик Кольрауша

Электрическая схема питается переменным током определенной частоты. Постоянным током не пользуются: он вызывает электролиз раствора. Это приводит к изменению состояния поверхности электродов и прилегающего слоя раствора. В результате образуется встречная ЭДС, что уменьшает силу тока, и R растет.

Условие баланса моста для постоянного тока, когда ток в диагонали равен нулю:

$$\frac{R_X}{R_V} = \frac{R_2}{R_1}. \qquad (4.3)$$

Для переменного тока:

$$\frac{Z_X}{Z_V} = \frac{Z_2}{Z_1}, \qquad (4.4)$$

где Z = R+Xi – импеданс ветви (полное сопротивление); R – активное сопротивление; X- реактивное (индуктивное, емкостное) сопротивление.

Так как в обычных мостовых схемах измеряют активное сопротивление, то при выполнении (4.3) (4.4) может не выполнятся. Поэтому при балансе моста в диагонали течет минимальный ток $I = I_{min}$. Выполнение этого условия добиваются, подбирая сопротивление магазина R_v . Тогда при известном отношении R_2 / R_1 по (4.3) рассчитывают активное сопротивление ячейки R_x.

При подаче напряжения линии тока выходят за пределы электродов. Следовательно, измерять l и S нет смысла. Поэтому отношение l/S рассматривается как постоянная величина для ячейки данной конструкции и размеров и называется постоянной ячейки l/S = k Ее находят, измеряя сопротивление R раствора с известной электропроводностью. Обычно таким растворам является 0,1н KCl: для него получена надежная зависимость $\chi = f(T)$.

$$K = R_{KCl}/\rho_{KCl} = R_{KCl}\,\chi_{KCl} \qquad (4.5)$$

4.2 Эквивалентная электропроводность

Сложная зависимость удельной электропроводности от концентрации затрудняет сравнение по этому свойству различных электролитов. Поэтому вводится понятие эквивалентной электропроводности λ.

λ есть электропроводность одного моль-эквивалента электролита, помещенного между плоскими, параллельно расположенными электродами, находящимися на расстоянии 1 см.

Если объем электролита между электродами равен 1 $см^3$, то измеренная электропроводность была бы удельной. Но между электродами находится n кубиков по 1 $см^3$. Их сопротивления включены параллельно. Отсюда вытекает очевидная связь между λ и χ:

$$\lambda = n\chi \qquad (4.6)$$

Так как между электродами помещен 1 моль-экв электролита, а число мл равно n, то концентрация раствора, выраженная в моль-экв/мл равна C=1/n. Тогда:

$$\lambda = \frac{1}{C}\chi \text{ или } \lambda = \frac{1000}{C_o}\chi, \qquad (4.7)$$

где $[C_o]$ = 1 моль-экв/л.

Ток в растворах проводят ионы, количество которых в растворах слабых электролитов определяется степенью диссоциации α. При разведении растет α и n в (4.6). Поэтому λ с разведением возрастает, хотя удельная электропроводность уменьшается. При бесконечном разведении $\alpha \to 1$, количество ионов становится постоянным, и электропроводность так же приобретает постоянное и максимальное значение, которое называют эквивалентной электропроводностью при бесконечном разведении λ_∞, рис. 13.

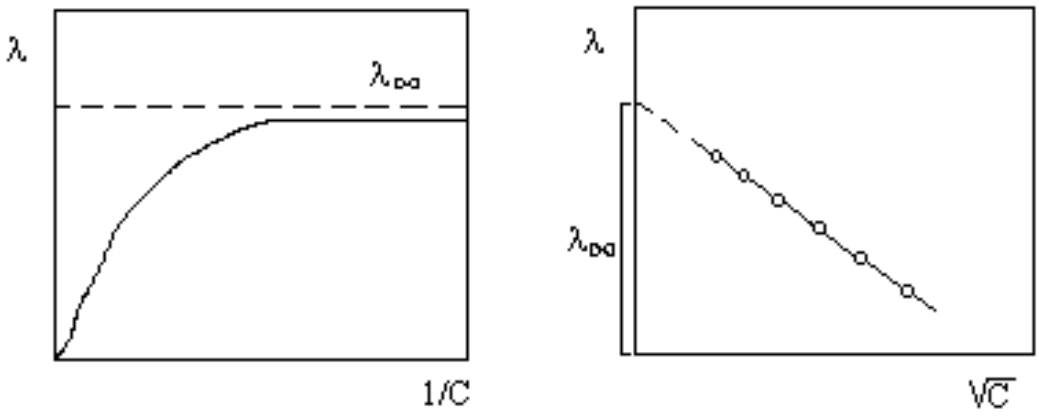


Рис. 13 – Зависимость удельной электропроводности λ_∞ от концентрации электролита.

Так как λ растворов слабых электролитов определяется числом ионов, то $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$. Это одно из основных положений теории электролитической диссоциации.

В разбавленных растворах можно считать, что катионы и анионы движутся независимо друг от друга и обуславливают определенную часть λ_∞ раствора (закон Кольрауша):

$$\lambda_\infty = \lambda_\infty^+ + \lambda_\infty^-. \qquad (4.8)$$

4.3 Числа переноса

Рассмотрим движение ионов при прохождении тока через раствор электролита, заполняющего цилиндрическую трубку сечением S = 1 см^2. Введем следующие обозначения:

U – см/с – скорость движения катионов под действием электрического поля (тепловым движением пренебрегаем); V – см/с – скорость движения анионов; C – концентрация раствора, моль-экв/см^3; $\eta_A = \eta_K = \eta = \alpha \cdot C$, - концентрация катионов K^+ и анионов A^-.

Найдем число моль-эквивалентов K^+ и A^-, проходящих через поперечное сечение за 1 с. За 1 с пройдут все K^+, находящихся в объёме S• U. Число их моль-экв будет равно S U η или U η. За 1 с они перенесут U η F кулонов заряда, то есть ток за счет движения катионов равен, А:

$$i_к = U\ \eta\ F.$$

Аналогично ток за счет движения анионов, А:

$$I_A = V\ \eta\ F.$$

Общий ток $i_o = i_a = i_k$

$$i_o = U\ \eta F + V\ \eta F = \eta F(U + V). \qquad (4.9)$$

Доля участия катионов и анионов в переносе тока называется числом переноса:

$$n_K = \frac{U\ \eta F}{\eta F(U + V)} = \frac{U}{U + V}, \qquad (4.10)$$

$$n_A = \frac{V\ \eta F}{\eta F(U + V)} = \frac{V}{U + V},$$

где n_k и n_a – числа переноса катионов и анионов.

$$n_k + n_a = 1$$

Они показывают, какой ион определяет общую электропроводность электролита, что в свою очередь зависит от соотношения скоростей их движения в растворе.

4.4 Подвижность ионов

Обозначим скорости движения ионов при напряженности электрического поля E = 1В/см U_o, V_o. Тогда общий ток в соответствии с (4.9) равен:

$$i_0 = \alpha cF(U_o + V_o) = \alpha c(U_к + V_а).$$

Произведение абсолютных скоростей движения ионов на число Фарадея *F* при напряженности поля 1 В/см называется подвижностью ионов:

$$U_к = FU_o \qquad V_а = FV_o.$$

По закону Ома: $i_0 = \frac{E}{\rho} = E\chi.$

При E=1 В/см $i_0 = \chi$ и

$$\chi = \alpha c(U_к + V_а), \qquad (4.11)$$

$$\lambda = \frac{1}{C}\chi \qquad \lambda = \alpha(U_к + V_а).$$

Таким образом, электропроводность определяется подвижностью ионов. Последняя зависит от действующей на ион силы, радиуса иона и сопротивления среды, которая выражается её вязкостью ν. Причем эффективные радиусы ионов в растворе больше, чем в кристалле, поскольку в растворе происходит гидратация (сольватация) ионов.

Электропроводность и вязкость связаны соотношением:

$$\lambda_\infty \nu = \text{const}. \qquad (4.12)$$

В разбавленных растворах слабых электролитов расстояния между ионами настолько велики, что электростатическим взаимодействием между ними можно пренебречь. Поэтому сопротивление их движению вызвано только торможением ионов за счет сил трения, то есть вязкостью. Таким образом, основными факторами, определяющими электропроводность, являются: число ионов, вязкость раствора, радиусы ионов.

4.5 Электропроводность сильных электролитов

В сильных электролитах (даже в сильно разбавленных) $\alpha = 1$. Следовательно, λ нельзя связать с числом ионов, и надо рассматривать электростатическое взаимодействие между ними, которое описывается следующими эффектами.

1. Релаксационный эффект.

Катион K^+ движется к катоду. Он окружен ионной атмосферой, в которой преобладает отрицательный заряд. Движение идет скачками из одного положения равновесия в другое. Но покинутая при скачке атмосфера уничтожается не мгновенно, существует некоторое время релаксации $\tau_p \neq 0$ для ее разрушения. В течение этого времени покинутая деформированная атмосфера тормозит движение иона к катоду.

2. Электрофоретический эффект.

Движущийся ион проходит как бы через ионную атмосферу, движущуюся ему навстречу. Ионы этой атмосферы несут с собой сольватирующие их молекулы растворителя. Структурные единицы большие, поэтому эффективная вязкость раствора увеличивается. Это и создает дополнительное сопротивление движению иона.

Оба эффекта зависят от концентрации раствора. При небольших концентрациях выполняется уравнение Онзагера:

$$\lambda = \lambda_{\infty} - (A + B\lambda_{\infty})\sqrt{C}. \qquad (4.13)$$

В соответствии с (4.13) эквивалентная электропроводность линейно уменьшается с ростом $\sqrt{C}$.

Для электролитов типа KCl, HCl, которые диссоциируют на ионы с единичным зарядом: $A = \frac{82,4}{\sqrt{\varepsilon T \nu}}, B = \frac{8,2 \cdot 10^5}{\sqrt{(\varepsilon T)^3}}$, где ε – диэлектрическая проницаемость растворителя; Т – температура, К; ν - вязкость растворителя.

4.6 Зависимость электропроводности от температуры

Для проводников второго рода выполняется уравнение Френкеля:

$$\chi = \chi_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right), \qquad (4.14)$$

где χ_0 – константа; E_a – энергия активации электропроводности.

E_a – энергия, необходимая для осуществления скачка иона из одного положения равновесия в другое.

В соответствии с (4.14) lg χ = f (1/T) представляет собой прямую линию, тангенс угла наклона которой равен E_a / R, рис. 13. Изломы на прямых в координатах lg χ = f (1/T) часто связаны с изменением структуры раствора.

При плавлении электропроводность проводников второго рода возрастает на несколько порядков величины, рис. 14. Это позволяет определить температуру плавления по перегибу кривой χ = f (T).

Рисунок 14 – Зависимость электропроводности от температуры

Таким образом, электропроводность не только определяет электрические характеристики проводников, но и является структурно-чувствительным свойством. Ее исследование позволяет судить о строении растворов и расплавов.

5 Дисперсные системы

В природе и промышленности встречается большое количество микрогетерогенных систем с развитой межфазной поверхностью. Коллоиды земной коры во многом определяют образование минералов, руд и горных пород. Роль дисперсных систем велика для технологических процессов с участием тонкоизмельченных руд и концентратов, флотации и многих других.

В зависимости от размеров частиц дисперсной фазы дисперсные системы делят на три группы: грубодисперсные, к которым относятся суспензии, эмульсии и пены, $r > 0,1$ мкм, коллоидно-дисперсные, $r = 0,1 – 0,001$ мкм и молекулярно- и ионно-дисперсные (истинные растворы), $r < 0,001$ мкм. В последнем случае границы между частицами и средой отсутствует и система является гомогенной. Грубодисперсные и коллоидные системы гетерогенны и состоят из дисперсной среды (газообразной, жидкой или твердой), в которой находятся частицы раздробленного вещества (дисперсной фазы). Так как общая поверхность дисперсной фазы очень велика, то эти системы имеют большую свободную поверхностную энергию. Из термодинамики известно, что любая система стремится уменьшить свободную энергию. Поэтому мелкодисперсные системы термодинамики неравновесны и неустойчивы. Большой запас свободной поверхностной энергии обуславливает такие важные их свойства, как высокая адсорбционная способность, стремление к агрегации частиц, каталитическое действие.

Находящиеся в гравитационном поле достаточно крупные частицы (начиная с 1 микрона) оседают под действием силы тяжести. Этот процесс называется седиментацией. Для более мелких частиц сила тяжести компен-

сируется броуновской диффузией, стремящейся выровнять концентрации частиц, наступает седиментационное равновесие.

Таким образом грубодисперсные системы седиментационно неутойчивы, частицы в них не принимают участия в броуновском движении. Поскольку частицы в реальных условиях имеют разные размеры, то есть системы являются полидисперсными, необходимо выявить их распределение по размерам. Для этой цели используют седиментационноый анализ.

5.1 Классификация дисперсных систем

В зависимости от размеров частиц r дисперсной фазы дисперсные системы делят на три группы: грубодисперсные, к которым относятся суспензии, эмульсии и пены, $r > 10^{-7}$ м; коллоидно-дисперсные, $r = 10^{-7} \ldots 10^{-9}$ м и молекулярно- и ионно-дисперсные (истинные растворы), $r < 10^{-9}$ м. В последнем случае граница между частицами и средой отсутствует и система является гомогенной. Грубодисперсные и коллоидные системы гетерогенны и состоят из дисперсной среды (газообразной, жидкой или твердой), в которой находятся частицы раздробленного вещества (дисперсной фазы).

Дисперсность системы характеризуется удельной поверхностью s отношение общей поверхности S к объему или массе дисперсной фазы

$$\bar{S} = \frac{S}{V} \quad \text{или} \quad \bar{S} = \frac{S}{m} \qquad 5.1$$

В зависимости от агрегатного состояния дисперсная среда – газ.

Ж/Г – облака, туман – аэрозоли.

Дисперсная среда – жидкость.

Тв/Ж – суспензия: коллоидные растворы золота, серебра, платины.

Ж/Ж – эмульсии: масло в воде, вода а нефти.

Г/Ж – пены.

Дисперсионная среда – твердое.

Тв/Тв – сплавы, сталь, чугун.

Ж/Тв – природные материалы с жидкими включениями.

Г/Тв – пемза, туф.

5.2 Дисперсность частиц и поверхностная энергия

Так как общая поверхность дисперсной фазы очень велика, то эти системы имеют большую свободную энергию. Из термодинамики известно, что любая система стремится уменьшить свою свободную энергию. Поэтому мелкодисперсные системы термодинамически неравновесны и неустойчивы. Большой запас свободной поверхностной энергии обуславливает такие важные их свойства, как высокая адсорбционная способность, стремление к агрегации частиц, каталитическое действие.

Покажем как меняется поверхность при дроблении.

Возьмем куб с l = 1см, S = 6 см^2.

Длина ребра, см	Число кубиков	Общая поверхность, см^2
1	1	6
10^{-1}	10^3	$6 \cdot 10$
10^{-4}	10^{12}	$6 \cdot 10^4$
10^{-6}	10^{18}	$6 \cdot 10^6$
10^{-7}	10^{21}	$6 \cdot 10^7$ (~0,6 га)
10^{-8} = 1А		межфазная поверхность исчезает

Вывод: с увеличением поверхности возрастает доля частиц (атомов, молекул, ионов), находящихся на поверхности и имеющих избыточную энергию. Поэтому поведение дисперсных фаз определяется поверхностными свойствами.

5.3 Седиментационное равновесие

Известно, что давление газа в атмосфере и соответствующая ему концентрация меняется с высотой по закону Лапласа.

$\ln \frac{P_0}{P} = \frac{Mgh}{RT}$ - гипсометрическая формула

M – масса моля газа

P_0 – давление на начальном уровне.

Коллоидные системы подчиняются тем же законам, что и газы, поэтому их распределение по высоте опишется так же.

Заменим P_0/P на концентрацию n_0/n

$M=N_0m$, где N_0 – число Авогадро, m – масса одной частицы.

$m = V(d_1 – d_2)$ – с учетом закона Архимеда.

$$\ln \frac{n_0}{n} = \frac{N_0 V \Delta dgh}{RT}; \quad n = n_0 \exp[H]$$

Если бы не было силового поля, то частицы под влиянием диффузии распределяются равномерно.

Земное тяготение приводит к уменьшению их концентрации с высотой.

Когда сила тяжести уравновешивается диффузией, что имеет место для коллоидных и малых (диаметром менее 1 мкм) дисперсий частиц, то наступает седиментационное равновесие.

Его и возможные промежуточные формулы изучил Перрен на суспензии нерастворимой в воде смоле ф = 0,2 мкм. Наблюдая суспензию под микроскопом он вычислил значение h, где $n = n_0/2$ и нашел $N_0 = 6 \cdot 10^{23}$, что близко к другим значениям.

5.4 Седиментационный анализ

Седиментация заключается в свободном оседании частиц суспензий под действием силы тяжести, если плотность частиц больше ρ дисперсионной среды.

Для эмульсий (ρ плотность дисперсной фазы меньше, чем дисперсионной среды) седиментация заключается в том, что капли эмульгированной жидкости выплывают.

Седиментация ведет к расслоению дисперсной системы – образов высококонцентрированного осадка (в суспензиях) и “сливок” (в эмульсиях) и в слоях чистой дисперсионной среды. Таким образом грубодисперсные системы седиментационно не устойчивы.

При этом надо иметь в виду, что реальные дисперсные системы полудисперсны. Глаз видит частицы более 10 мкм.

Частица r, плотностью d_1, оседает в среде с плотностью d_2 и вязкостью η.

Сила тяжести с учетом выталкивающей силы

$$F = \frac{4}{3}\pi r^3 (d_1 - d_2) g$$

Сила сопротивления – Стокса

$$f = 6\pi\pi r\eta$$

V – скорость движения

Сила f возрастает с увеличением V до тех пор пока не уравновесится F. С этого момента частица движется равномерно с V_{max}.

$$\frac{4}{3}\pi r^3 (d_1 - d_2) g = 6\pi\,\eta\,V$$

$$V = \frac{2}{9}\frac{r^2 (d_1 - d_2)}{\eta} g$$

Если $d_1 > d_2$, частицы движутся сверху вниз – в суспензиях $d_2 > d_1$ – в эмульсиях – частицы всплывают, образуя “сливки”.

$$r = \sqrt{\frac{9\eta}{2(d_1 - d_2)g}} = C\sqrt{V}$$

C – постоянная Стокса

То есть, зная V оседания, можно определить радиус частиц.

5.5 Седиментационный анализ полидисперсных систем

Суспензии и эмульсии с размером частиц 1 – 200 мкм исследуются с помощью седиментации. Экспериментальные методы основаны на измерении скорости оседания частиц в жидкой или газообразной среде.

На сферическую частицу радиусом r, свободно оседающую в дисперсной среде, действует сила тяжести, с учетом силы Архимеда:

$$f_T = \frac{4}{3}\pi r^3 (d_1 - d_2)g \qquad (5.2)$$

где g – ускорение силы тяжести.

Одновременно на частицу действует сила трения, которую можно найти по закону Стокса:

$$f_{\text{тр}} = 6\pi\pi r\eta \qquad (5.3)$$

где η- вязкость среды, Н·с/м^2;

V – скорость седиментации, м/с.

С момента, когда сила тяжести уравновесится силой сопротивления, частица движется равномерно с максимальной скоростью. Из равенства (5.2) и (5.3) получим ее значение:

$$V = \frac{2}{9}\frac{r^2 (d_1 - d_2)}{\eta} g \qquad (5.4)$$

Направление движения зависит от знака разности плотностей. Если плотность частицы больше плотности дисперсной среды, как обычно имеет место в суспензиях, частицы оседают, образуя осадок. Если же выше плотность среды, как часто бывает в эмульсиях (например, бензола в воде), то частицы (капельки эмульсии) всплывают, образуя сливки.

Из (5.4) можно найти радиус частиц, оседающих со скоростью:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta}{2(d_1 - d_2)g}} V \qquad (5.5)$$

В уравнении (5.4) все величины, кроме V, постоянны:

$$c = \sqrt{\frac{9\eta}{2(d_1 - d_2)g}} \qquad (5.6)$$

Тогда

$$r = c\sqrt{V} \qquad (5.7)$$

или

$$r = c\sqrt{\frac{H}{\tau}} \qquad (5.8)$$

где H – расстояние, которое проходят частицы при осаждении, м;

τ - время осаждения, с.

Для проведения анализа используются приборы, называемые седиментометрами. Для суспензии наиболее точен и прост весовой седиментометр Фигуровского (рис. 15)

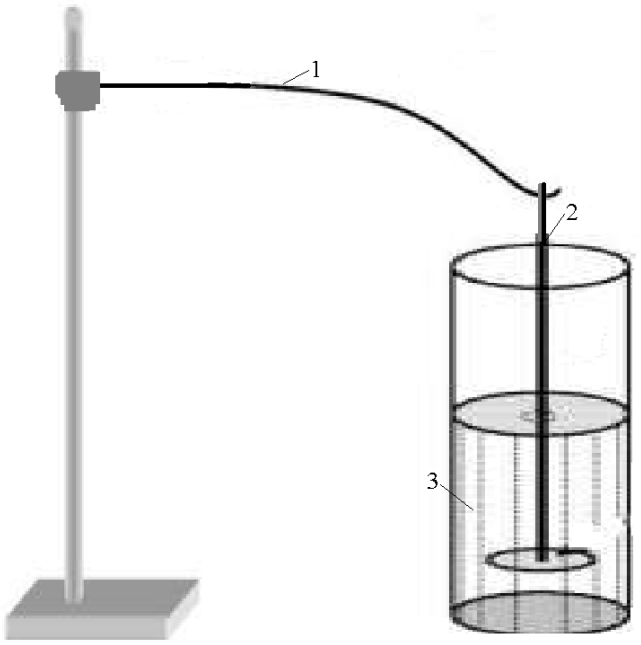


Рис. 15 – Седиментометр Фигуровского

Прибор состоит из кварцевого коромысла 1, оканчивающегося крючком, на который подвешивается чашечка 2. Последняя опускается в стеклянный цилиндр с суспензией 3, которую перемешивают перед опытом. Глубина погружения чашечки должна быть около 10 см. Процесс осаждения суспен-

зии фиксируется по деформации коромысла под действием веса частиц, которую наблюдают в отсчетный микроскоп.

Достоинством весов Фигуровского является возможность исследования разбавленных суспензий, содержащих 0,001 - 0,2 % дисперсной фазы, что полностью исключает коагуляцию частиц.

По результатам опыта строят график в координатах “ значения шкалы измерительного прибора – время”: n = f(τ), называемый кривой осаждения (рис. 16).

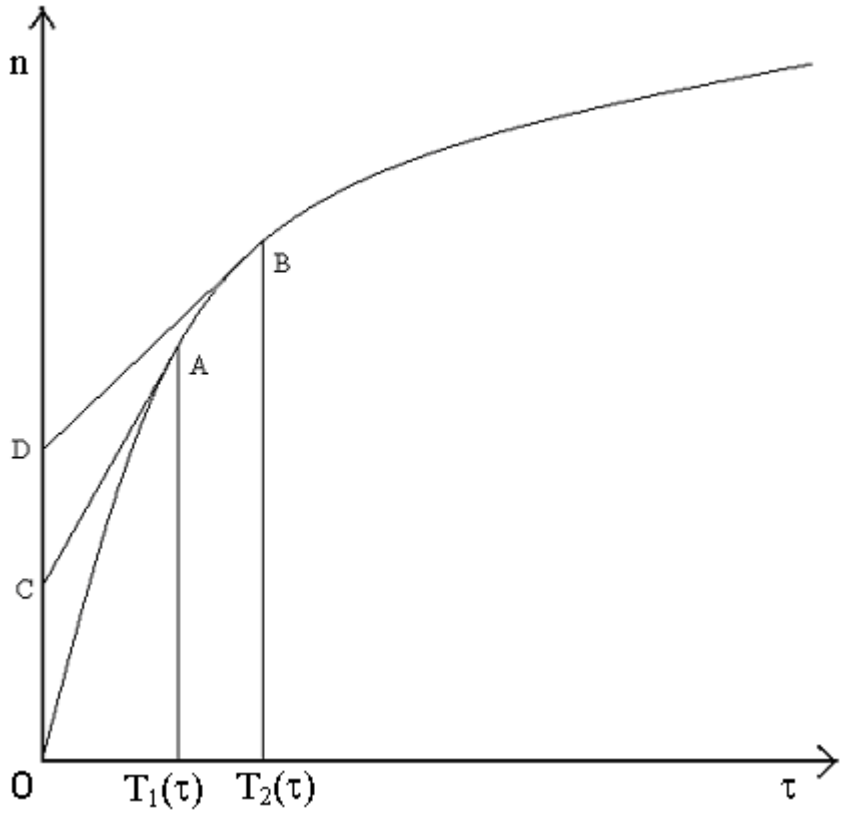


Рисунок 16 - Кривая осаждения частиц дисперсной фазы

Пользуясь уравнением (5.8) и кривой осаждения можно определить процентное содержание частиц различных размеров данной суспензии, то есть построить кривую распределения. Следует отметить, что седиментационный анализ не позволяет найти количество частиц данного определенного размера, он лишь показывает, каков вес частиц, имеющих размеры в интервале между одним радиусом (например,) и другим (например,). Поэтому вся

полидисперсная система разделяется на ряд групп-фракций, к которым относятся частицы размерами, лежащими между двумя данными радиусами r_1 и r_2, r_2 и r_3 и т. д. Выбор фракций зависит от системы и конкретной цели исследования. В общем случае для выделения фракций поступают следующим образом. Ось времени на графике осаждения от $\tau_o = 0$ до $\tau = \tau_{max}$, соответствующему полному осаждению, делят на ряд произвольных отрезков. При этом согласно уравнению (5.7) каждому значению времени соответствует определенная величина радиуса частиц. Чтобы найти все фракции из точек, определяющих начало и конец осаждения частиц данной фракции восстанавливают перпендикуляры до пересечения с кривой $n = f(\tau)$ (точки и), через которые проводят касательные до пересечения с осью ординат в точках C и D . Отрезок CD и будет равен весу фракций ΔQ, выраженному в условных единицах. Общий вес осаждения дисперсной фазы равен отрезку 0D. По полученным данным строят кривую распределения весового количества вещества в координатах (рис. 17), где $\frac{\Delta Q_i}{\Delta r_i}$ - вес данной фракции,

- средний радиус частиц фракции.

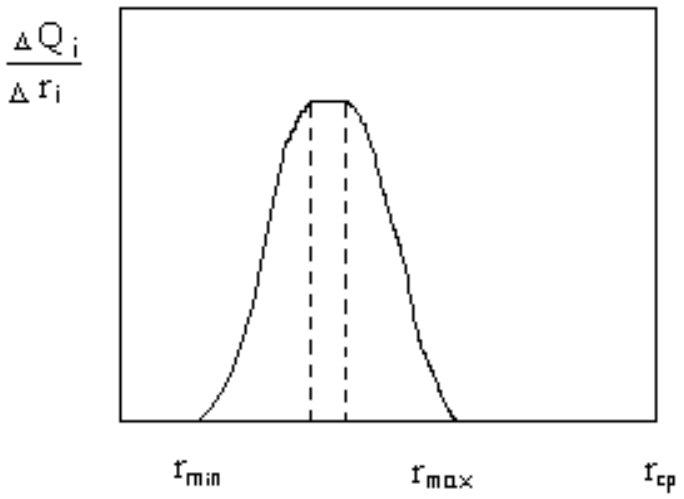


Рис. 17 – Кривая распределения весового количества фракций

Заштрихованная область на рис. 17 соответствует весу фракции. Кривая распределения позволяет охарактеризовать дисперсную систему: чем выше максимум, тем ближе она к монодисперсной, растянутая кривая свидетельствует о большом различии в размерах частиц.

Кривую распределения весового количества вещества легко пересчитать на фракцию распределения числа частиц, так как

$$\Delta Q_i = \frac{4}{3}\pi r_{cp_i}^{\ 3}\gamma\Delta N_i \qquad (5.9)$$

где ΔN_i – число частиц фракции со средним радиусом r_{cpi};

γ - плотность дисперсной фазы.

Тогда

$$\frac{\Delta N_i}{\Delta r_i} = \frac{3}{4\pi}\frac{1}{r_{cp_i}^{\ 3}\gamma}\frac{\Delta Q_i}{\Delta r_i} \qquad (5.10)$$

Вид кривой $\frac{\Delta N_i}{\Delta r_i} = f(r_{cp_i})$ аналогичен изображенному на рис. 17.

6 Коллоидные растворы

Дисперсные частицы коллоидного раствора обладают свойствами фазы.

Коллоидные частицы – отличаются от дисперсных только меньшими размерами.

Лиофобные (для случая водной сферы – гидрофобные) – коагулируют при добавлении малых концентраций электролитов.

Лиофильные – коагулируют только под влиянием больших (молярных) концентраций электролитов. В большинстве случаев они являются растворами полимеров.

6.1 Двойной электрический слой

На границе раздела 2^x фаз разного химического состава происходит перераспределение электрического заряда при переходе заряженных частиц – ионов и электронов из одной фазы в другую. Это приводит к появлению заряда на поверхности одной фазы и равного, но противоположного по знаку на поверхности другого.

Причины образования заряда на поверхности:

- переход катионов Me в раствор
- соприкосновение двух растворов электролитов или 2^x несмешивающихся жидкостей (масло – вода) с распределенными в них ионами
- адсорбция на поверхности ионов из раствора
- диссоциация поверхностных соединений.

6.2 Строение двойного слоя

Гельмгольц предложил рассматривать слой как модель плоского конденсатора. К слою зарядов на металле жестко притянуты ионы противоположного знака; расстояние между обкладками – порядка диаметра молекул H_2O.

Знак скачка потенциалов условно принят совпадающим со знаком заряда поверхности металла.

Штерн, а затем российские ученые А.Н.Фрумкин, О.А.Есин и др. развили теорию следующим образом.

Двойной слой состоит из плотного слоя и диффузионного, которые разделены внешней плоскостью Гельмгольца. Толщина плотного равна радиусу гидратированных ионов $\delta_0 = 3 – 4$ Å, а диэлектрическая постоянная $E_1 << E_p$ в связи с ориентацией диполей, например, растворителя.

Далее идет диффузионный слой, в нем благодаря тепловому движению ионов распределены подобно дисперсным частицам по закону Лапласа.

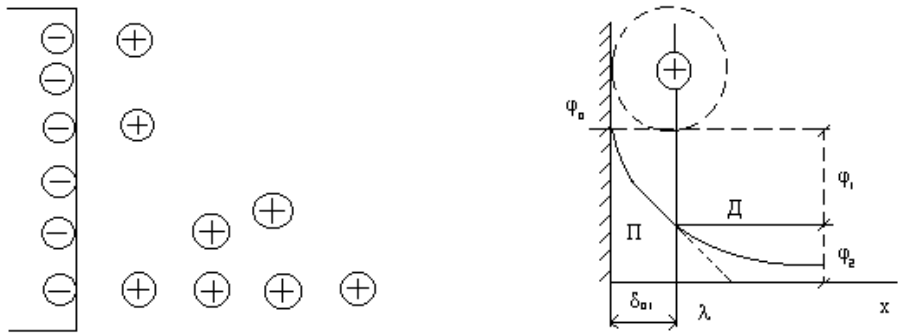


Рисунок 18 – Двойной электрический слой и появляющийся потенциал на электроде

Толщина его теоретически бесконечна, но вводят его эффективную величину λ. В нем потенциал изменяется по закону, близкому к экспоненциальному.

Плотная часть, в силу малой подвижности ионов, называется еще адсорбционным слоем. Но в отличие от теории Гельмгольца число зарядов ионов второго ряда не совпадает с числом зарядов первого ряда. Компенсация происходит за счет зарядов в диффузионном слое.

Разность потенциала между диффузионным подвижным и адсорбционной частью двойного слоя называется электрокинетическим или дзета-потенциалом ξ.

В разбавленных растворах ξ совпадает с φ_2, т.к. в них граница скольжения совпадает с δ_{01}. В общем случае они не совпадают. Движение жидкости (скольжение)идет не по твердой, а за пределами плотной части двойного слоя.

Измерить ξ нельзя, он вычисляется из данных по скоростям движения жидкости относительно твердой поверхности под действием некоторой разности потенциалов, приложенной извне (электроосмое) или твердых частиц под действием поля (эектрофорез) оба явления называются электрокинетическими.

1) ξ зависит от концентрации раствора электролита – чем больше концентрация тем меньше толщина диффузионного слоя и меньше ξ, при этом измеряемая величина термодинамического электродного потенциала не изменяется. Когда диффузионный слой сжимается практически до толщины δ ξ = 0 – изоэлектрическое состояние. Такие частицы не реагируют на приложенное извне напряжение. Число потенциалопределяющих ионов остается неизменным, но они полностью нейтрализованы противоионами. В этом заключается причина разрушения коллоидных частиц.

2) ξ зависит от заряда ионов электролита. Чем больше заряд иона, (противоположного по знаку иону поверхности), тем сильнее они снижают ξ, т.к. компенсируют заряд потенциалопределяющих ионов.

3) При одинаковом заряде катион оказывает тем более сильное воздействие на ↓ ξ, чем больше его радиус.

$$Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$$

Т.к.: а) с увеличением r возрастает его поляризуемость, что позволяет ему ближе подойти к поверхности.

б) с увеличением r уменьшается степень гидротации (если речь идет о водных растворах) или сольватации. Т.е. падает эффективный радиус и ион легче входит в адсорбционный слой.

4) Особенно сильное воздействие оказывают многозарядные ионы. Вследствие высокой адсорбционной способности они могут войти в плотную часть двойного слоя, заместить там потенциал определяющие ионы и перезарядить поверхность.

Вывод: чем выше ξ, тем выше устойчивость коллоидов.

6.3 Мицеллярная теория строения лиофобных коллоидов (золей).

В них почти полностью отсутствует взаимодействие между частицами дисперсной фазы и средой. Поэтому они называются лиофобными.

Если частицы, например, крахмала, желатины и вообще белков сильно сольватированы, то система называется лиофильными коллоидами. В последнее время показано, что они представляют собой истинные растворы высокомолекулярных веществ, т.е. системы гомогенные и т/д устойчивые. Их структурная единица - макромолекула.

Состоят из 2^x частей: мицеллы – (дисперсная фаза) и дисперсной среды – растворитель и растворенные в нем электролиты и неэлектролиты.

Мицелла золя состоит из ядра, адсорбционного и диффузного слоёв.

Ядро мицеллы имеет кристаллическое строение, рост размеров ядра можно приостановить созданием адсорбционного слоя из ионов стабилизатора. Для получения устойчивого золя надо, чтобы скорость адсорбции ионов опережала скорость роста ядра.

Гидрозоль образуется по реакции $AgNO_3 + KI$

$\{ m[AgI]\ nAg^+\ (n - x)NO^-_3\}^+ \times NO_3$

m – количество молекул в ядре

n – количество ионов, адсорбированных на поверхности ядра. Они определяют ее заряд и поэтому называются потенциалопределяющими.

x – количество противоионов в диффузионном слое.

n-x – часть противоионов в адсорбционном слое.

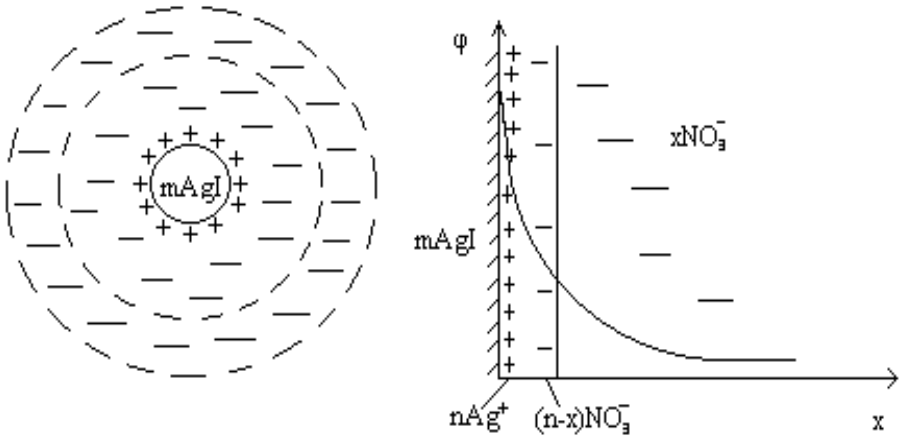


Рисунок 19 – Строение мицеллы и двойной электрический слой

Частицы, образующие двойной слой перемещаются вместе с ядром и поверхность скольжения находится за его пределами.

6.4 Образование коллоидных систем

Изменение дисперсности твердой фазы в буровых растворах – основной происходящий в них процесс.

Применительно к ним есть 2 основных способа.

1. Механическое диспергирование (дробление, истирание и т.п.). Совершаемая при этом работа равна:

$$\Delta A = \sigma \Delta \omega,$$

Из этого уравнения видно, что работа растет по мере уменьшения размеров частиц, так как растет ω. Поэтому способ очень энергоемкий: в цементной промышленности ¾ всех затрат относится к механическому измельчению.

Приборы, в которых происходит измельчение до крупности 1 – 0,1 мкм называются коллоидными мельницами. Они основаны на явлениях удара, трения, вибрации. Есть ультразвуковые мельницы и т.д. В буровой технике используются гидравлические и механические мешалки.

2. Пептизация – процесс разрушения агрегатов частиц под действием жидкости или растворенных в ней веществ.

Пример 1.

Пептизация глины под действием воды. Молекулы воды разрушают связи между частицами глины, образуется суспензия.

Пример 2.

Получение коллоидного раствора $Fe(OH)_3$. Свежеосажденный и быстро промытый осадок обрабатывают небольшим количеством $FeCl_3$. На поверхности частиц идет реакция

$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$

$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6Cl^- = 2Fe^{3+} + 6Cl^- + 3H_2O$

Fe^{3+} адсорбируются ядром частицы, образуется двойной электрический слой, обуславливающий устойчивость золя.

$\{m[Fe(OH)_3]\cdot nFe^{3+} + 3(n - x)Cl^-\}3xCl^-$.

Пептизация как метод диспергирования глины более эффективен. Лимитирующий фактор – ограниченный контакт со средой при крупных агрегатах твердой фазы. Наиболее эффективно сочетать оба метода.

Существенное влияние на диспергирование в целом оказывает присутствие ПАВ. С этим связан эффект понижения прочности твердых тел при адсорбции ПАВ на их поверхности (эффект Ребиндера). Их адсорбция понижает поверхностную энергию, что облегчает развитие микротрещин. Причем молекулы ПАВ должны быть невелики, чтобы проникнуть во все щели.

Эти же реагенты обладают и пептизирующим эффектом при небольших концентрациях.

NaOH, LiOH, NH_4OH, $Na_2B_4O_7$ и т.д. При этом надо помнить, что те же вещества при больших концентрациях действуют как коагуляторы.

6.5 Образование ядра мицеллы. Теория зарождения новых фаз.

$AgNO_3 + KI = AgI + KNO_3$

$Ag^+ + I^- = AgI_{тв}$

$CaCO_3 = CaO + CO_2$

Во всех этих случаях внутри одной фазы должны появиться зародыши другой.

Мицелла кремневой кислоты

Заряд возникает без адсорбции ионов извне, а за счет электролитической диссоциации поверхностного слоя самого ядра.

SiO_2 реагирует с водой, образуя H_2SiO_3

$$H_2SiO_3 \leftrightarrow 2H^+ + SiO^{2-}_3$$

$\{ m[SiO_2]\cdot nSiO^{2-}{}_3\ 2(n-x)H^+ \}^{2-}\ 2\times H^+$

По Френкелю зарождение новых фаз идет за счет флуктуаций – отклонений какой-то величины от среднего значения.

За счет флуктуаций в каком-то участке объема собралось много ионов Ag^+ и I^- - скачком образовался кристаллик AgI.

Для гетерогенных флуктуаций изменение энергии Гиббса при образовании зародыша новой фазы равно:

$$\Delta G_{обр} = \Delta G_V + \Delta G_S$$

ΔG_V - работа при образовании объема при появлении зародыша новой фазы.

ΔG_S - работа при образовании поверхности при появлении зародыша новой фазы.

$$\Delta G_V = n_{зар}(G_1 - G_2),$$

$n_{зар}$ – число зародышей новой фазы

G_1 – энергия Гиббса, соответствующая новой фазе

G_2 – в исходной состоянии.

$$n_{зар} = \frac{V_з}{V} = \frac{V_з\rho}{m}$$

ρ – плотность вещества ядра

m – масса новой фазы.

$$\Delta G_S = \sigma S$$

σ – межфазные натяжения на границ фаз.

S – площадь поверхности зародышей.

$$\Delta G_{обр} = \frac{V_з\rho}{m}(G_1 - G_2) + \sigma S$$

Зародыши имеют сферическую форму.

$$\Delta G_{обр} = \frac{\rho}{m}\frac{4}{3}\pi r^3(G_1 - G_2) + \sigma \cdot 4\pi\pi^2$$

Если процесс идет самопроизвольно, то $\Delta G_{обр} < 0$

Если $\Delta G_{обр} < 0$, то значит $G_1 - G_2 < 0$.

Зародыши, имеющие размер, при котором $\Delta G = 0$, называются критическими.

Если r > $r_{кр}$, то $\Delta G < 0$, поэтому такие зародыши устойчивы и самопроизвольно растут.

Если r < $r_{кр}$, то $\Delta G > 0$, зародыши неустойчивы и самопроизвольно растворяются.

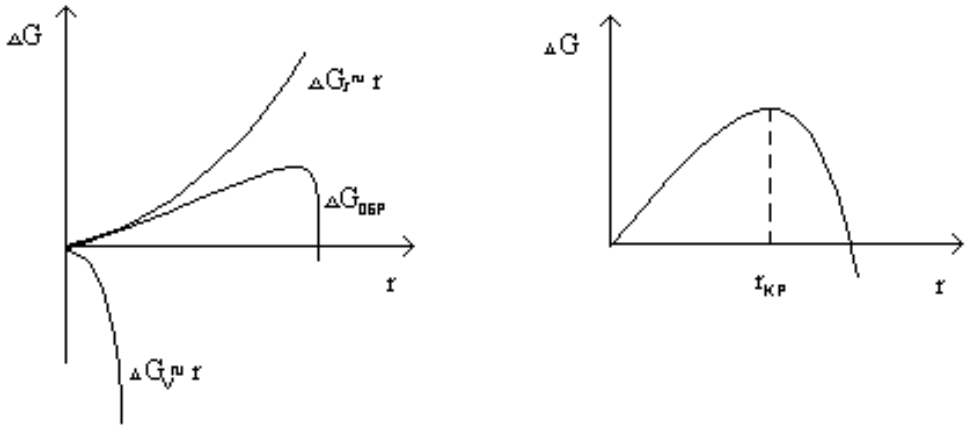


Рисунок 20 – Изменение энергии Гиббса с ростом размера зародышей

Таким образом для образования новой фазы необходимы флуктуации критического размера.

6.6 Устойчивость дисперсных систем

Рассмотрение с помощью понятий термодинамики

$$\sigma = \left(\frac{\partial G}{\partial \omega}\right) \qquad \text{или} \qquad \Delta G = \sigma \Delta \omega$$

Увеличение ΔG связано с увеличением поверхности. Поэтому если σ на границе дисперсная фаза – дисперсная среда велика(сотни, тысячи мДж/м^2), то ΔG > 0, т.е. система т/д неустойчива.

Но при диспергировании возрастает беспорядок в системе и следовательно энтропия. Это сказывается на устойчивости, когда $\sigma > 1$ мДж/м^2. В этом случае система может быть т/д устойчивой.

Если система неустойчива, то частицы должны укрупняться.

а) – без образования поверхности раздела между ними - коалесценция.

- соединение частицы с образованием поверхности раздела с каплей жидкости – коагуляция.

Обычно оба процесса называются коагуляцией.

б) Перекристаллизация дисперсной фазы.

Если частицы растворимы в дисперсной среде, то идет растворение мелких и за счет того растут крупные.

AgCl и $BaSO_4$ заметно растворимы в воде и золи их мало устойчивы, если добавить спирт и уменьшить растворимость, то устойчивость существенно повышается.

Особенно сильное влияние на коагуляцию оказывают электролиты.

6.7 Коагуляция электролитами

В принципе лиофобные золи могут быть коагулированы любыми электролитами, при сравнительно невысоких концентрациях.

Мерой коагулирующей способности является порог коагуляции – минимальная концентрация электролита ммоль/л, необходимая для явной, т.е. видимой невооруженным глазом, коагуляции, за определенный промежуток времени.

Коагулирующей частью электролита является тот ион, заряд которого противоположен потенциалопределяющему заряду дисперсной частицы.

Для положительно заряженных – анион.

Отрицательно заряженных – катион.

Согласно влиянию ионов на сжатие диффузионной части двойного слоя коагулирующая способность возрастает с ростом заряда иона и его радиуса (правило Шульце-Гарди).

Особенно велика коагулирующая способность органических ионов вследствие их высокой адсорбируемости.

Коагуляция начинается раньше, чем частица достигает изоэлектрического состояния ($\xi = 0$). То наибольшее значение ξ, при котором начинается коагуляция, называется критическим.

Если $\xi > \xi_{кр}$, то золь относительно устойчив.

Если $\xi < \xi_{кр}$, то скорость коагуляции тем больше, чем меньше ξ и достигает максимума при $\xi = 0$.

Для многих лиофобных золей величина $\xi_{кр} = 0{,}03$ В, т.е. разным порогам коагуляции отвечает близкое значение $\xi_{кр}$.

Эта теория не объясняет причины возникновения $\xi_{кр}$ и не описывает адсорбционные эффекты внедрения в плотную часть слоя.

6.8 Кинетика (скорость) коагуляции коллоидов

Под коагуляцией понимается любое укрупнение частиц. По данным опыта зависимость скорости коагуляции от концентрации электролита имеет следующий вид.

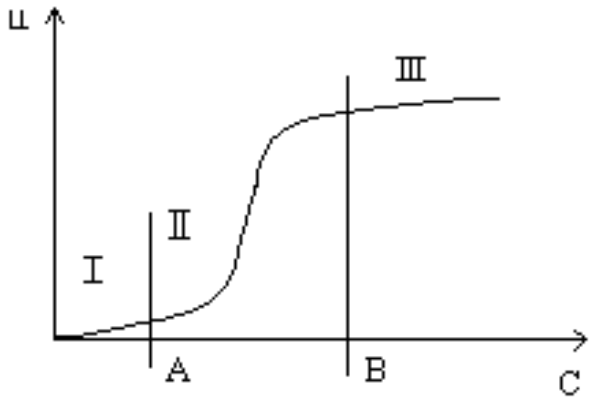


Рисунок – 21 Зависимость скорости коагуляции коллоидного раствора от концентрации электролита

Область I – коллоидный раствор устойчив U→ 0.

Область II – область медленной коагуляции U = f(C).

A – порог коагуляции – та min концентрация электролита, при которой начинается коагуляция.

$\xi^{A} = \xi_{кр}$

B – та концентрация, при которой ξ = 0 – изоэлектрическое состояние золя. Поэтому дальнейшее увеличение C не сказывается на скорости.

Область III – область быстрой коагуляции.

U – энергия взаимодействия, x – расстояние между частицами.

Если потенциальный барьер больше энергии броуновского движения,

$$U > \frac{3}{2}kT$$

то частицы не могут его преодолеть и сблизиться на расстоянии x < δ, где преобладают силы притяжения. Коллоидная система устойчива.

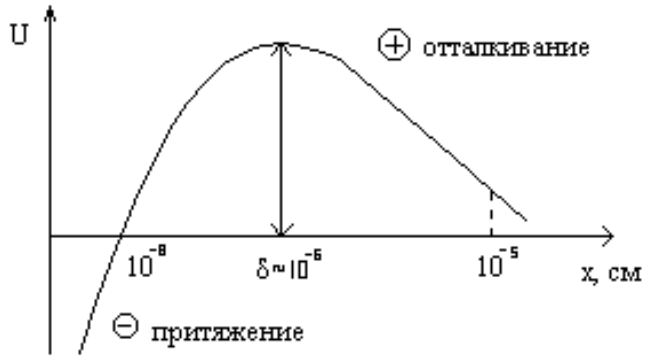


Рисунок 22 – Зависимость энергии взаимодействия от расстояния между частицами

Порог коагуляции соответствует критической концентрации электролита γ_c, при котором исчезает потенциальный барьер.

$$\gamma_c = \alpha \frac{1}{Z^6}$$

Z – заряд противоиона.

Чем больше заряд, тем меньше γ_c – правило Шульце-Гарди.

6.9 Теория быстрой перикинетической коагуляции

Разработана Смолуховским. Перикинетическая – осуществляется за счет сил взаимодействия между частицами, одинаково действующими по всем направлениям. Частота встреч всех частиц тоже одинакова. Частицы встречаются в результате броуновского движения.

Быстрой называется коагуляция, при которой любая встреча частиц, сблизившихся на расстоянии $R_{ij} = r_i + r_j$ приводит к их соединению (r_i, r_j – радиусы частиц).

Вероятность встречи любой пары частиц пропорциональна их концентрации.

$$W = kn_i n_j$$ - закон убывающих масс,

где к – константа скорости коагуляции.

$$k = 4\pi\pi_{ij} R_{ij}$$

D_{ij} – константа диффузии.

$$D_{ij} = D_i + D_j,$$

где D_i и D_j – коэффициенты диффузии, 4π – телесный угол сферы радиуса R_{ij}.

Смолуховским рассмотрена кинетика монодисперсной системы сферических частиц.

В начальный момент t = 0 система содержит n_0 частиц в единице объема радиусом r_0.

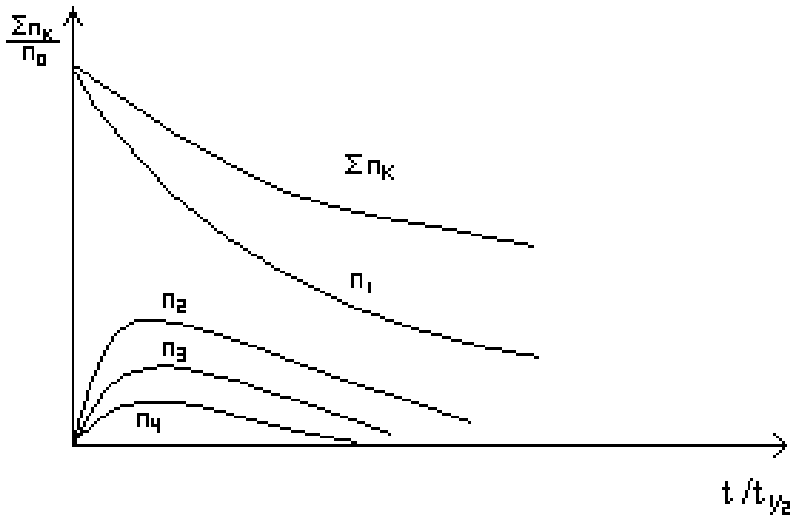


Рисунок 23 – Коагуляция в монодисперсной системе

Через время t ряд частиц укрупнится:

n_1 – исходных (или первоначальных n_0)

n_2 – вторичных – получаются в результате встречи исходных

n_3 – третичных – сталкиваются вторичные с оставшимися первичными

n_4 – четверные – вторичные с вторичными

---

n_k – число катых частиц.

Надо найти изменение к-частиц в системе с течением времени – это и есть скорость коагуляции.

$U = \frac{dn_K}{dt}$ = скорость их появления – скорость исчезновения в результате соединения с любой другой частицей.

$$\frac{dn_K}{dt} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{K-1}\sum_{j=K-1}^{i} 4\pi\pi_{ij} R_{ij} n_i n_j - n_K \sum_{i=1}^{i=\infty} 4\pi\pi_{iK} R_{iK} n_i$$

Решим это дифференциальное уравнение – возьмем интеграл

$$\sum n_K = \frac{n_0}{1 + 8\pi\pi_0 r_0 n_0 t}$$

Эйнштейн: $D_0 = \frac{kT}{6\pi\pi_0\eta}$ $\quad D_0 r_0 = \frac{kT}{6\pi\pi}$

$$\sum n_K = \frac{n_0}{\frac{4}{3}\frac{kT}{\eta} n_0 t + 1}$$

В данный момент времени $\Sigma\, n_K$ тем меньше, чем больше Т и ниже вязкость.

Обычно пользуются термином “время коагуляции” – время, в течение которого число частиц уменьшится в два раза.

$$\sum n_K = \frac{n_0}{2}$$

$$\frac{n_0}{2} = \frac{n_0}{1 + 8\pi\pi_0 r_0 n_0 t_{1/2}} \qquad 1 + 8\pi\pi_0 r_0 n_0 t_{1/2} = 2$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{8\pi\pi_0 r_0 n_0} = \frac{3\eta}{4kTn_0}$$

Время коагуляции:

1. $t_{1/2} \approx \eta$ - чем больше вязкость, тем длительнее идет укрупнение частиц.

2. $t_{1/2} \approx \frac{1}{T}$ - чем выше температура, тем быстрее коагуляция, кроме того с ростом температуры падает вязкость. Поэтому Т очень сильно ускоряет коагуляцию.

3. $t \approx \frac{1}{n_0}$ - чем больше число исходных частиц, т.е. чем более мелкодисперсная система, тем больше вероятность встречи, а значит и укрупнения, тем меньше время коагуляции.

Часто приходиться бороться с загущающим действием выбуренной породы на буровой раствор. Это требует улучшения его очистки от коллоидных фракций и в частности введения компонентов, понижающих вязкость для улучшения условий коагуляции.

$\Sigma\, n_к$ и n_1 должно во время коагуляции непрерывно уменьшаться.

Число же вторичных, третичных и т.д. частиц с течением времени проходит через максимум – поскольку они сначала появляются, а затем исчезают в результате соединения с другими.

Пример:

Концентрация золь AgI. $n_0=4\cdot10^{14}$ 1/мл (r_0 = 30 мкм).

$t_{1/2} = 5\cdot10^{-4}$ с.

С нападением n_0 $t_{1/2}$ возрастает до 1 мин = 60 с.

6.10 Медленная перикинетическая коагуляция

В этом случае не каждая встреча приводит к коагуляции. Причины стабилизации различны, в частности расклинивающее давление.

Эффективной оказывается доля встреч α. Можно пользоваться теми же формулами, но

$$\sum n_K = \frac{n_0}{1+8\pi\pi_0 r_0 n_0 t\alpha} \qquad (6.1)$$

$$t_{1/2} = \frac{3\eta}{4kTn_0}\alpha \qquad (6.2)$$

α подбирают из опытных данных. Зная все значения в (6.2) подбирают α, чтобы расчет соответствовал опыту $t^{p}_{1/2} = t^{оп}_{1/2}$

$10^{-6} <\alpha <1$. Теория становится полуэмпирической.

6.11 Ортокинетическая коагуляция

Ортокинетической называется коагуляция, осуществляемая под действием сил, имеющих преимущественное направление, поэтому частота встреч в одном направлении больше, чем в другом.

Причины:

1) частицы имеют разную плотность;
2) разные размеры;

3) разная форма частиц:

4) наличие потоков жидкости.

Все эти факторы ускоряют коагуляцию, поэтому ее скорость больше, чем в случае перикинетической.

Примеры:

2. $\frac{r_i}{r_j} = 10$ - коагуляция зашла далеко. В этом случае V в 3,5 раза больше, чем для монодисперсной смеси.

$\frac{r_i}{r_j} = 100 \qquad \frac{V_{100}}{V_1} = 26$

Вывод: Создание полидисперсной системы позволяет ускорить коагуляцию.

1. Сферическая форма. Частицы коагулируют только, когда $R_{ij} = r_i + r_j$.

Частота встреч увеличивается, т.к. коагуляция происходит и при повороте. Однако, ускорение небольшое.

4. Наличие потоков жидкости играет заметную роль, когда в систему вводятся крупные частицы r ~ 10^{-3} см. Т.о. введение крупных частиц позволяет ускорить коагуляцию при наличие конвективных потоков.

Вывод: В практике бурения на коагуляцию буровых растворов оказывает влияние 3 основных фактора:

1) повышение концентрации глинистой твердой фазы;

2) повышение температуры;

3) действие электролитов.

6.12 Оптические свойства дисперсных систем

Специфика обусловлена гетерогенностью и дисперсностью. Гетерогенность обуславливает отражение, преломление световых, е и других лучей на границе раздела фаз и неодинаковое поглощение (или пропускание) сопряженными фазами.

Оптические методы – самые распространенные. Ими получают:

- дисперсность системы
- форму и строение отдельных частиц
- пористость, профиль поверхности
- толщину слоев, состав и дефекты

Рассеяние света (опалесценция)

Эффект Тиндаля (1868г.)

Светорассеяние, наблюдаемое сбоку при фокусировании пучка света внутри золя на темном фоне – образуется конус.

В совершенно однородной среде свет не рассеивается. Оно характерно и для газов, жидкостей, истинных растворов, в которых обусловлено флуктуациями плотности и концентрации – непрерывным возникновением и исчезновением ассоциатов.

Если размер неоднородности больше λ - в основном наблюдается отражение.

Если λ > размера частицы – колебания рассеиваются по всем направлениям. Рассеяние возможно, когда расстояние между частицами больше λ.

Теория светорассеяния разработана Релеем. Сферические частицы находятся далеко друг от друга – пренебрегают вторичным рассеянием. Поэтому рассеяние ~ концентрации дисперсной системы ν.

Формула устанавливает связь интенсивности рассеянного света I_p единицей объема дисперсной системы с частицами, значительно меньшими λ ($d<0{,}1\lambda$) на расстоянии R от частиц в направлении, составляющем угол θ с направлением излучения:

$$I_p = I_0[F\frac{\nu V^2}{\lambda^4 R^2}(1+\cos^2\theta)]$$

V – объем частицы; ν - концентрация дисперсных частиц.

$F = (\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + n_0^2})^2$; n –показатель преломления.

Если $n_1 = n_0$, то рассеяние отсутствует и в неоднородной среде.

Он не выполняется для систем с частицами, поглощающими свет – металлами. Поглощение света вырывает окраску золей.

Золь окрашивается в цвет (по законам оптики), дополнительный к поглощенному. Например, при поглощении синей части спектра (435-480нм) видимого спектра золь оказывается желтым.

Золи с металлическими частицами очень сильно поглощают свет, что обусловлено регенерацией в них электрического тока. Для них характерна селективность поглощения, зависящая от дисперсности. Сростом дисперсности максимум поглощения сдвигается в сторону коротких волн.

С изменением дисперсности меняется интенсивность окраски. Она максимальна для средних размеров ультрамикрогетерогенных систем.

Окраска многих минералов и драгоценных камней часто связана с изменением в них высокодисперсных частиц металлов и их оксидов.

Интенсивность окраски золей с металлическими частицами в сотни раз превышает интенсивность окраски красителей.

На явлении рассеяния света основаны ультрамикроскапия и нефелометрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимон, А.Д. Физическая химия / А.Д. Зимон. - М.: Красанд, 2015. - 318 с.

2. Кудряшева, Н.С. Физическая и коллоидная химия: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н.С. Кудряшева, Л.Г. Бондарева. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 379 с.

3. Лукьянов, А.Б. Физическая и коллоидная химия / А.Б. Лукьянов. - М.: Альянс, 2016. - 288 с.

4. Фирилёва, Ж.Е. Физическая химия: Учебное пособие / Ж.Е. Фирилёва, А.И. Рябчиков, О.В. Загрядская. - СПб.: Лань П, 2016. - 464 с.

5. Фролов, Ю.Г. Физическая химия: учебное пособие / Ю.Г. Фролов, В.В. Белик. - М.: Альянс, 2016. - 464 с.

6. Хмельницкий, Р.А. Физическая и коллоидная химия / Р.А. Хмельницкий. - М.: Альянс, 2015. - 400 с.

7. Хуснутдинов, Р.Ш. Физическая химия: Учебное пособие / Р.Ш. Хуснутдинов, В.А. Жихарев. - СПб.: Лань, 2015. - 496 с.

Учебное издание

Алексей Миронович Амдур
Дмитрий Валерьевич Благин

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие для студентов
направлений: 21.05.04 «Горное дело»
специализации «Обогащение полезных ископаемых»,
21.05.02 Прикладная геология.

Редактор изд-ва В.В. Баклаева
Компьютерная верстка Д. В. Благин

Подписано в печать . .2017. Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 5. Уч.-изд. л. 4,9. Тираж 15 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В.В. Зубов

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Б1.В.07 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.20274	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург



Федеральное агентство по образованию

ФГОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Т.И. Чупахина, С.Ю. Меньшиков

ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

Учебно-методическое пособие для выполнения заданий курса «Химия» для студентов всех специальностей

Екатеринбург

2019

Федеральное агентство по образованию

ФГОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Одобрено

методической комиссией

горно-механического

факультета

"____" апреля 2019г

Председатель комиссии

_____

проф. В.П.Барановский

Т.И.Чупахина, С.Ю.Меньшиков

ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

Учебно-методическое пособие

для выполнения заданий

курса «Химия»

для студентов всех специальностей

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензент: *Л.Д. Курбатова*, д-р хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии 27 марта-2019 г. (протокол №_7_) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Чупахина Т.И., Меньшиков С.Ю..

ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ: учебно-методическое пособие / Т.И.Чупахина, С.Ю.Меньшиков – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – ___с.

В учебно-методическом пособии изложены сведения об основных положениях химической термодинамики, предложены примеры решения задач, практические и тестовые задания, справочные данные. Пособие содержит необходимые сведения для изучения основ химической термодинамики.

Для студентов всех специальностей.

© Чупахина Т.И., Меньшиков С.Ю.. 2019

© Уральский государственный

Раздел I. Основные положения

Система – тело или группа тел, мысленно выделенных из окружающей среды.

Окружающая среда – все, что находится за пределами системы.

Фаза – часть системы, ограниченная поверхностью раздела.

Классификация систем:

1. По отношению к окружающей среде

Открытая система – обменивается с окружающей средой массой и энергией

Закрытая система – обменивается с окружающей средой только массой

Изолированная система – не обменивается ни массой, ни энергией.

2. По количеству фаз в системе.

Гомогенная система состоит из одной фазы

Гетерогенная система состоит из двух и более фаз.

Совокупность всех химических и физических свойств системы характеризует ее *состояние.*

Термодинамические *параметры состояния* – величины, которые могут быть непосредственно измерены (давление - P, температура - T, концентрация - C, объем - V).

Математическое выражение, связывающее параметры состояния, называется уравнением состояния:

$$PV = \nu RT$$

ν – количество вещества.

Термодинамические *функции* – величины, которые не могут быть непосредственно измерены и зависят от параметров состояния.

Подразделяются на:

1. *Функции состояния* (U – внутренняя энергия, H – энтальпия, S – энтропия).

Измерение функций состояния не зависят от пути и способа проведения процесса, а зависят только от начального и конечного состояния системы.

Изменение функции, например, $\Delta U = U_2 - U_1$, не зависит от того, как осуществляется процесс.

2. *Функции процесса* (Q – теплота, A – работа). Изменение функций процесса зависит от того, в каких условиях и каким путем протекал процесс.

Энергия системы – мера способности системы совершать работу. общая качественная мера движения и взаимодействия материи. Энергия является неотъемлемым свойством материи. Потенциальная энергия, обусловленная положением тела в поле некоторых сил ($E_п$), кинетическая энергия, обусловленная изменением положения тела в пространстве ($E_к$) и внутренняя энергия (U) составляют полную энергию системы. Единица измерения – Джоуль (Дж)

В термодинамике большую роль играет *внутренняя энергия системы* (U). Включает в себя энергию поступательного и вращательного движения молекул, энергию взаимодействия между атомами, энергию вращательного движения электронов, энергию, заключенную в ядрах атомов и т.д. Абсолютное значение U вещества неизвестно, так как нельзя привести систему в состояние, лишенное энергии. Внутренняя энергия является функцией состояния, т. е. ее изменение однозначно определяется начальным и конечным состоянием системы и не зависит от пути перехода, по которому протекает процесс $\Delta U = U_2 - U_1$, где ΔU – изменение внутренней энергии системы при переходе от начального состояния (1) в конечное (2). Если $U_2 > U_1$, то $\Delta U > 0$; если $U_2 < U_1$, то $\Delta U < 0$.

Теплота и работа - две разные формы передачи энергии от одной системы к другой или от системы к окружающей среде.

Теплота это форма передачи энергии путём неупорядоченного движения молекул. Передача энергии, вызываемая градиентом температуры, называется *передачей теплоты*. **Теплота не является параметром состояния системы**. Например, вода в стакане может иметь температуру

40°C, но нельзя сказать, что вода содержит теплоту. Если нагреть воду до 70°C, то ей нужно передать некоторую энергию в форме теплоты. Наоборот, при охлаждении воды до комнатной температуры часть энергии передается окружающей среде в виде теплоты.

Итак, понятие «теплота» относится не к состоянию системы, а к какому-то **процессу** ее передачи, то есть, теплота является функцией процесса. Единица измерения теплоты – Джоуль (Дж). Если теплота поглощается системой, то величина $Q<0$, так как количество теплоты в окружающей среде уменьшается. Если теплота выделяется в окружающую среду, то величина $Q>0$.

Работа процесса – это энергия, передаваемая одним телом другому при их взаимодействии и не зависящая от температуры. Система выполняет работу только если она преодолевает внешнее сопротивление. В этом случае работа положительна ($A>0$). Если работа выполняется над системой, то $A<0$. Пример – процесс расширения и сжатия газа. То есть, работа также является функцией процесса.

Теплота и работа характеризуют качественно и количественно две различные формы передачи движения от данной части материального мира к другой. Теплота и работа не могут содержаться в теле. Теплота и работа возникают только тогда, когда возникает процесс, и характеризуют только процесс. В статических условиях теплота и работа не существуют. Различие между теплотой и работой, принимаемое термодинамикой как исходное положение, и противопоставление теплоты работе имеет смысл только для тел, состоящих из множества молекул, т.к. для одной молекулы или для совокупности немногих молекул понятия теплоты и работы теряют смысл. Поэтому термодинамика рассматривает лишь тела, состоящие из большого числа молекул, т.е. так называемые макроскопические системы.

Термодинамические процессы – это изменения, происходящие в термодинамической системе, при изменении хотя бы одного из параметров.

Классификация термодинамических процессов:

1. В зависимости от условий, в которых протекает процесс, он может быть:

Изохорным – протекает при постоянном объеме системы (V = const);

Изобарным - протекает при постоянном давлении в системе (P = const);

Изотермическим - протекает при постоянной температуре (T = const);

Изохорно-изотермическим – (V = const и T = const);

Изобарно-изотермическим – (P = const и T = const);

Адиабатным – система не отдает теплоту в окружающую среду и не получает теплоты из окружающей среды (Q = 0).

2. В зависимости от способа проведения процесса он может быть:

Термодинамически обратимым – после проведения процесса окружающая среда и система могут вернуться в первоначальное состояние. В результате такого процесса в окружающей среде и в системе не происходит никаких изменений, отсутствуют всякие энергетические потери, и система совершает **максимально возможную работу**. Такой процесс можно провести только путем последовательных бесконечно малых воздействий на систему, в результате чего система пройдет через ряд равновесных состояний. Так что, обратимый процесс допускает возможность возвращения системы в исходное состояние без того, чтобы в окружающей среде остались какие-либо изменения.

Если процесс протекает под влиянием конечного воздействия, то его протекание сопряжено с энергетическими потерями и ни система, ни окружающая среда не могут вернуться в исходное состояние. Такой процесс называется *термодинамически необратимым.* Работа, которая совершается при необратимом процессе всегда меньше максимально возможной. Реальные процессы всегда необратимы.

Равновесный процесс– процесс, при котором система проходит через непрерывный ряд равновесных состояний.

Раздел II. Первое начало термодинамики

При любом процессе соблюдается закон сохранения энергии как проявление более общего закона природы – закона сохранения материи.

Теплота (Q), поглощенная системой, расходуется на изменение ее внутренней энергии (ΔU) и на совершаемую системой механическую работу (A):

$$Q = \Delta U + A$$

Первое начало термодинамики представляет собой частный случай закона сохранения энергии в применении к процессам, сопровождающимся преобразованием теплоты.

1.1. Термохимия

При химических реакциях A – это работа против внешнего давления, т. е. в первом приближении A= pΔV, где ΔV- изменение объема системы (V_2-V_1). Так как большинство химических реакций проводят при постоянном давлении, то для изобарно-изотермического процесса (p=const, T=const) теплота Q будет равна;

$Q_p = \Delta U + p\Delta V$

$Q_p = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1)$

$Q_p = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1)$

Сумму U + pV обозначим через H, тогда

$Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$

Величину H называют энтальпией. Таким образом, теплота при p=const в T=const приобретает свойство функции состояния и зависит от пути, по которому протекает процесс. Отсюда теплота реакции в изобарно-изотермическом процессе Q_p равна изменению энтальпии системы ΔH (если единственным видом работы является работа расширения)

$Q_p = \Delta H$

В целях сравнения значений этой величины для различных реакций их определяют в стандартных условиях (T = 298 K, атмосферное давление 101,325 кПа) и обозначают ΔH^0_{298}. Стандартной энтальпией образования ΔH^0_{298} данного соединения называют тепловой эффект реакции образования 1 моль этого соединения из простых веществ, взятых в их устойчивом состоянии при данных условиях.

Энтальпия (H), как и внутренняя энергия (U), является функцией состояния, ее изменение (ΔH) определяется только начальными и конечными

состояниями системы и не зависит от пути перехода. Нетрудно видеть, что теплота реакции в изохорно-изотермическом процессе (Q_v) (V=const; T=const), при котором ΔV=0. равна изменению внутренней энергии системы ΔU:

$Q_v = \Delta U$

Раздел термодинамики изучающий тепловые эффекты химических реакций, называется *термохимией.* Реакции, которые сопровождаются выделением теплоты, называются экзотермическими, а те, которые сопровождаются поглощением теплоты, – эндотермическими Тепловые эффекты реакций являются, таким образом, мерой изменения свойств системы, и знание их может иметь большое значение при определении условий протекания тех или иных реакций.

Энтальпии химических процессов, протекающих при p,T=const и V,T=const, называют *тепловыми эффектами*.

При экзотермических реакциях энтальпия системы уменьшается и ΔH <0 ($H_2<H_1$), а при эндотермических энтальпия системы увеличивается ΔH >0 ($H_2>H_1$). В дальнейшем тепловые эффекты всюду выражаются через ΔH.

Почему практически все химические реакции сопровождаются определенными тепловыми эффектами? Для ответа на этот вопрос нужно учесть, что при реакции происходит разрыв и образование химических связей. Рассмотрим в качестве примера взаимодействие водорода с хлором:

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (1)

Энергии связи:

H-H	36 кДж/моль
H-Cl	242,3 лДж/моль
Cl-Cl	431,4 кДж/моль

Очевидно, что для образования 2 моль хлорида водорода должны быть разорваны связи в 1 моль водорода и в 1 моль хлора. Образование связей в 2 моль хлорида водорода приведет к выделению 431,4 * 2 = 862,8 кДж. Для разрыва связей в H_2 и Cl_2 должно быть израсходовано 436+242,3 = 678,3 кДж. Таким образом, рассматриваемая реакция сопровождается выделением теплоты 862,8 – 678,3 = 184,5 кДж.

Химические уравнения, в которых указан тепловой эффект реакции при постоянном давлении называются термохимическими уравнениями. Стехиометрические коэффициенты могут быть дробными, если, если в рассматриваемой реакции образуется 1 моль вещества и вычисляется стандартная энтальпия образования этого вещества. Для реакции (1) термохимическое уравнение должно быть записано так:

$½H_{2(г)} + ½Cl_{2(г)} = HCl_{(г)}$; $\Delta H^0 = -92{,}25$ кДж/моль.

Составим термохимическое уравнение реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием.

Любые реакции нейтрализации сильных кислот сильными основаниями могут быть выражены сокращенным ионным уравнением

$H^+ + OH^- = H_2O$

Указывая состояние частиц в растворе и рассматривая образование 1 моль воды при 298 К и 1 атм., можем записать6

$H^+_{ж} + OH^-_{ж} = H_2O_{ж}$; $\Delta H = -57{,}1$ кДж/моль

Изменение энтальпии в реакции нейтрализации буде всегда одним и тем же, независимо от природы сильной кислоты (например, H_2SO_4, HNO_3 или HCl) и сильного основания (NaOH, KOH и др.).

В основе термохимических расчетов лежит закон Гесса (1840): *тепловой эффект реакции зависит* только от природы и физического состояния исходных веществ и конечных продуктов, но не зависит от пути перехода. Часто в термохимических расчетах применяют следствие из закона Гесса: тепловой эффект реакции ΔH равен сумме стандартных энтальпий образования $\Delta H_{обр.}$ продуктов реакции за вычетом сумм стандартных энтальпий образования исходных веществ, с учетом коэффициентов перед формулами этих веществ в уравнении реакции:

$$\Delta H_г = \Sigma \Delta H_{\text{обр. прод.}} - \Sigma \Delta H_{\text{обр. исх.}}$$

Например, для реакции $2A + 4C = 3B + 3E$ имеем $\Delta H_{р\text{-}и} = (3\Delta H^0_B + 3\Delta H^0_E) - (2\Delta H^0_A + 4\,\Delta H^0_C)$.

Энтальпия образования вещества относится к прямому синтезу некоторого сложного вещества из простых, поэтому *энтальпии образования простых веществ принимаются равными нулю*.

1.2. Примеры решения задач

Пример 1. При взаимодействии кристаллов хлорида фосфора с парами воды образуются жидкий $POCl_3$ и хлористый водород. Реакция сопровождается выделением 111,4 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции.

Решение:

Записываем уравнение реакции:

$PC1_5$ (к) + H_2O (г) = $POC1_3$ (ж) + 2HC1 (г); ΔH = - 111,4 кДж

Реакция экзотермическая, поэтому $\Delta H<0$.

$\Delta H_{р\text{-}и} = \Sigma\ \Delta H^0_{298\ продуктов} - \Sigma\ \Delta H^0_{298\ исходных\ веществ}$

Выписываем в таблицу стандартные энтальпии образования исходных веществ и продуктов реакции:

Вещество	$PCl_{5(k)}$	$H_2O_{(г)}$	$POCl_{3(ж)}$	$HCl_{(г)}$
ΔH^0_{298}, кДж/моль	-445,89	-241,81	-597,5	-92,31

$\Delta H_{р\text{-}и}$ = 2 (-92,31)+(-597,5)-(-241,81)-(-445,89) = -111,4 (кДж)

Ответ: $\Delta H_{р\text{-}и}$ = - 111,4 (кДж). Реакция экзотермическая.

Пример 2. Вычислите стандартную энтальпию реакции

0,5 $O_{2(г)}$ + $SO_{2(г)}$ = $SO_{3г))}$

Решение. $\Delta H_{р\text{-}и} = \Delta H^0_{298}$ (SO_3) - ΔH^0_{298} (SO_2) = -396 - (-297) = -99 кДж. Реакция экзотермическая, т.к. $\Delta H_{р\text{-}и} < 0$.

С термохимическими уравнениями, как и с химическими, можно производить алгебраические преобразования, например, их складывать или вычитать.

Пример 3. Окисление солей Fe^{2+} в щелочном растворе сопровождается следующими превращениями:

$Fe^{2+}_{(р)} + 2OH^-_{(р)} = Fe(OH)_{2(к)}$ (1)

$Fe(OH)_{2(к)} + 0{,}25O_{2(г)} + 0{,}5H_2O_{(ж)} = Fe(OH)_{3(к)}$ (2)

Какова энтальпия образования $Fe(OH)_{3(к)}$?

Решение:

В уравнение (2) подставляем уравнение (1), получаем:

$Fe^{2+}_{(р)} + 2OH^-_{(р)} + 0{,}25O_{2(г)} + 0{,}5H_2O_{(ж)} = Fe(OH)_{3(к)}$

Выписываем в таблицу значения энтальпий образования реагентов:

Вещество	$Fe^{2+}_{(р)}$	$OH^-_{(р)}$	$H_2O_{(ж)}$	$Fe(OH)_{3(к)}$
ΔH^0_{298}, кДж/моль	-87,2	-230,2	285,8	-826,6

Ответ: ΔH^0 = -826,6 - (-87,2 -2-230,2 - 0,5-285,8) = -131,5 кДж. Реакция экзотермическая.

Пример 4. Реакция горения этана выражается термохимическим уравнением:

$C_2H_6(г) + 3 1/2O_2$ (г) = $2CO_2$ (г) + $3H_2O$ (ж); ΔH = - 559,87 кДж

Вычислите стандартную энтальпию образования этана, если известны стандартные энтальпии образования CO_2 (г) и H_2O (ж).

Решение.

1 способ:

Нужно вычислить тепловой эффект реакции, термохимическое уравнение которой имеет вид,

2С (граф) + $3H_2$ (г) = C_2H_6 (г); ΔH=?

исходя из следующих данных:

а) C_2H_6 (г) + $3½O_2$ (г) = $2CO_2$ (г) + $3H_2O$ (ж); ΔH = -1559,87 кДж

б) С (граф) +O_2 (г) = CO_2 (г); ΔH - 393,51 кДж

в) H_2(г) + $1/2O_2$(г) = H_2O (ж); ΔH = 285,84 кДж

Для получения искомого результата следует уравнение (б) умножить на 2 уравнение (в) – на 3, а затем сумму этих уравнений вычесть из уравнения (а):

$C_2H_6 + 3½O_2 - 2C - 2O_2 - 3H_2 - 3/2O_2 = 2CO_2 + 3H_2O - 2CO_2 - 3H_2O$

$C_2H_6 = 2C+3H_2$ - реакция разложения C_2H_6

$\Delta H_{разл} = - 1559,87 + 787,02+ 857,52$; $\Delta H = + 84,67$ кДж.

Так как энтальпия образования равна энтальпии разложения с обратным знаком, то $\Delta H_{обр}C_2H_6(г) = - 84,67$ кДж.

Ответ: $\Delta H_{обр}C_2H_6(г) = - 84,67$ кДж.

2 способ:

Для решения задачи применяем следствие из закона Гесса:

$\Delta H_{.р-и} = 2\ \Delta H^0_{298}(CO_2) + 3\ \Delta H^0_{298}\ (H_2O) – \Delta H^0_{298}\ (C_2H_6) – 3½\ \Delta H^0_{298}\ O_2)$

Учитывая, что теплоты образования простых веществ условно приняты равными нулю

$\Delta H^0_{298}\ (C_2H_6)_. = 2\ \Delta H^0_{298}\ (CO_2) + 3\ \Delta H^0_{298}\ (H_2O) - \Delta H_{р-и}$;

$\Delta H^0_{298}\ (C_2H_6) = 2(- 393,51) + 3(- 285,84) + 1559,87 = - 84,67$ (кДж).

Пример 5. Реакция горения этилового спирта выражается термохимическим уравнением:

C_2H_5OH (ж) + $3O_2$(г) = $2C0_2$ (г) + $3H_2O$(ж); $\Delta H = ?$

Вычислите тепловой эффект реакции, если известно, что энтальпия парообразования C_2H_5OH (ж) равна + 42,36 кДж и известны энтальпии образования C_2H_5OH (г), $CO_{2(г)}$; $H_2O_{(ж).}$

Решение: Для определения ΔH реакции необходимо знать энтальпию образования C_2H_5OH (ж). Последнюю находим из данных задачи:

C_2H_5OH (ж) = C_2H_5OH (г); $\Delta H = + 42,36$ кДж

$+42,36 = -235,31 - \Delta H\ (C_2H_5OH(ж))$

$\Delta H\ (C_2H_5OH(ж)) = - 235,31- 42,36 = - 277,67$ кДж

Пример 6. Растворение моля безводной соды Na_2CO_3 в достаточно большом количестве воды сопровождается выделением 25,10 кДж теплоты, тогда как при растворении кристаллогидрата $Na_2CO_3\ 10H_2O$ поглощается 66,94 кДж теплоты. Вычислите энтальпию гидратации Na_2CO_3 (энтальпию образования кристаллогидрата).

Решение: Составляем термохимические уравнения соответствующих реакций:

а) $Na_2CO_3 + aq = Na_2CO_3\ aq \quad \Delta H = -25{,}10$ кДж

б) $Na_2CO_3\ 10H_2O + aq = Na_2CO_3\ aq \quad \Delta H = +66{,}94$ кДж

Вычитая уравнение (6) из уравнения (а) (см. пример 2), получаем

$Na_2CO_3 + 10H_2O = Na_2CO_3\ 10H_2O; \qquad \Delta H = -92{,}04$ кДж,

Т. е. при образовании $Na_2CO_3\ 10H_2O$ выделяется 92,04 кДж теплоты.

1.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Задача 1.

Около 90% всего объема руд цветных и черных металлов добывают взрывным способом. В состав широко применяемых взрывчатых веществ входят тротил и нитроглицерин - вещества, химическая энергия которых при взрыве преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу, которую совершают в горной породе нагретые и сжатые продукты взрыва. Тротил

$C_7H_5N_3O_{6(к)} = 1{,}5N_2 + 3{,}5C_{(к)} + 2{,}5H_2O_{(г)} + 3{,}5CO_{(г)}$

ΔH^0_{298}, кДж/моль:

$C_7H_5N_3O_{6(к)}$: -53,4; $H_2O_{(г)}$: -241,8; $CO_{(г)}$ -110,5

Нитроглицерин

$C_3H_5(NO_3)_{3(к)} = 1{,}5N_2 + 0{,}25O_2 + 3CO_{2(г)} + 2{,}5H_2O_{(г)}$

ΔH^0_{298}, кДж/моль:

$C_3H_5(NO_3)_{3(к)}$: -365; $CO_{2(г)}$: -393,5; $H_2O_{(г)}$: -241,8.

Сколько молей газа выделяет при взрыве 1 моль а) тротила, б) нитроглицерина. Вычислите тепловые эффекты реакций разложения этих взрывчатых веществ.

Ответ: а) 7,5 моль газа; $\Delta H^0 = -1420$ кДж/моль

б) 7,25 моль газа; $\Delta H^0 = -932$ кДж/моль

Задача 2.

Стандартная энтальпия смешивания 1 моль концентрированной серной кислоты и воды $\Delta H^0_{см} = -73$ кДж

$H_2SO_{4(ж)} + x\ H_2O_{(ж)} = 2\ H_3O^+_{(р)} + SO_4^{2-}{}_{(р)}$

Какое отношение имеет значение $\Delta H^0_{см}$ к приготовлению разбавленных растворов серной кислоты из серной кислоты и воды? Вычислите количество молей воды *x* .которое согласно термодинамическому расчету реагирует с одним молем концентрированной серной кислоты.

Ответ: 6 моль

Задача 3.

Сульфат железа (Ш) - химический растворитель сульфидных минералов - особенно активен в присутствии тионовых бактерий, ускоряющих и окисление и растворение во много раз

$CuS_{(кр)} + Fe_2(SO_4)_{3(р)} = CuSO_{4(р)} + 2FeSO_{4(р)} + S_{(к)}$

ковеллин

Тионовые бактерии не только непосредственно окисляют и растворяют сульфиды, но и окисляют продукт их разложения Fe^{2+}, регенерируя сульфат железа (Ш), продолжающий окисление и растворение

$2FeSO_{4(р)} + 0{,}5O_{2(г)} + H_2SO_{4(ж)} = Fe_2(SO_4)_{3(р)} + H_2O_{(ж)}$

Вычислите тепловой эффект суммарной реакции процесса окисления ковеллина в кислой среде, используя энтальпии $\Delta H^0_{298,}$ кДж/моль

Вещество	$H_2O_{(ж)}$	$CuSO_{4(р)}$	$CuS_{(кр)}$	$H_2SO_{4(ж)}$
ΔH^0_{298}	-285,8	-843,9	-53,1	-814,2

Ответ: $\Delta H^0 = -262,4$ кДж/моль

Задача 4.

Для размораживания мерзлых грунтов, для вторичного дробления руды иногда применяют термит - смесь алюминиевого порошка и оксида металла, способную к экзотермической реакции

$2\ Al_{(к)} + Me_2O_{3(к)} = 2\ Me_{(к)} + Al_2O_{3\ (к)}$

Какой оксид Cr_2O_3 или Fe_2O_3 является наиболее теплопроизводительным в смеси с алюминиевым порошком, если:

Вещество	$Cr_2O_{3\ (к)}$	$Fe_2O_{3\ (к)}$	$Al_2O_{3\ (к)}$	$H_2SO_{4(ж)}$
ΔH^0_{298}	-1140	-822	-1676	-814,2

Ответ: $\Delta H^0 = -536$ кДж/моль (Cr_2O_3); $\Delta H^0 = -854$ кДж/моль (Al_2O_3)

Задача 5.

В реактивном двигателе истребителя "Мессершмитт-153" в качестве горючего использовался гидразин N_2H_4, а окислителя - пероксид водорода H_2O_2

$N_2H_{4\ (ж)} + 2\ H_2O_{2\ (ж)} = N_{2(г)} + 4H_2O_{(г)}$

В ракетах американского космического корабля "Аполлон", летавшего на Луну, также использован гидразин, а в качестве окислителя - диоксид азота

$N_2H_{4\ (ж)} + N_2O_{4\ (ж)} = 1,5N_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$

Какой окислитель эффективнее, если известны стандартные энтальпии образования, кДж/моль

Вещество	$N_2H_{4\ (ж)}$	$H_2O_{(г)}$	$H_2O_{2(г)}$	$N_2O_{4\ (ж)}$
ΔH^0_{298}	-50,5	--241,8	-188	19

Большее или меньшее количество теплоты выделится, если в качестве окислителя будет работать: а) O_3 с энтальпией образования 142,3 кДж/моль, б) O_2?

Ответ: В качестве окислителя эффективнее H_2O_2, так как тепловой эффект первой реакции выше чем с N_2O_4 $\Delta H^0 = -641,7$ кДж/моль (H_2O_2); ΔH^0

= - 543,6 кДж/моль (N_2O_4); большее количество теплоты выделяется, если в качестве окислителя будет работать O_3, а не O_2 ΔH^0 = -1886,9 кДж/моль (O_3); ΔH^0 = - 534,1 кДж/моль (O_2)

Задача 6.

Вычислите тепловой эффект реакции восстановления 1 моль Fe_2O_3 металлическим алюминием. Значения стандартных энтальпий образования возьмите из справочных таблиц.

Ответ: - 847,7 кДж.

Задача 7.

При твердении строительного и медицинского гипса происходит реакция присоединения воды к полугидрату сульфата кальция с образованием двуводного сульфата кальция

$CaSO_4 * 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O_{(ж)} \leftrightarrow CaSO_4\ 2H_2O$

Вещество	$CaSO_4\ 0{,}5H_2O$	$H_2O_{(ж)}$	$CaSO_4\ 2H_2O$
ΔH^0_{298}	-1578	--285,8	-2024

Гидратация сульфата кальция - процесс обратимый. Сколько молей воды можно испарить за счет теплоты гидратации одного моля полугидрата, если в процесс испарения воды $H_2O_{2(ж)}$ –- $H_2O_{2(г)}$ энтальпия образования изменяется с -285,8 до 241,8 кДж/моль?

Как удается на практике получать гипсовые изделия?

Ответ: ΔH^0 =17,3 кДж/моль (реакции); ΔH^0 = 44,0 кДж/моль (испарения); ΔH^0(реакции)/ΔH^0(испарения)=0,39 моля

Задача 8.

Газообразный этиловый спирт C_2H_5OH можно получить при взаимодействии этилена C_2H_4 (г) и водяных паров. Напишите термохимическое уравнение этой реакции, вычислив ее тепловой эффект. Данные возьмите из таблиц.

Ответ: - 45,76 кДж.

Задача 9.

Известно, что химические грелки выделяют тепло в течение нескольких часов благодаря химическим реакциям.

$Me_{(к)} + Cu^{2+}{}_{(р)} = Me^{n+}{}_{(р)} + Cu_{(к)}$

Хорошие результаты дает активная масса из хлорида меди, металлических стружек и древесных опилок в присутствии влаги. С помощью расчетов энтальпии для данной реакции покажите, какой из металлов - цинк, железо, алюминий, магний или никель- наиболее эффективен для изготовления химической грелки?

ΔH^0_{298} образования ионов металлов

Катион	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}
ΔH^0_{298}	66.9	-53.2	-153.7	-46	-530	-467

Ответ: ΔH^0 = - 220,6 кДж/моль (Zn); ΔH^0 = -112,9 кДж/моль (Fe); ΔH^0 = -596,9 кДж/моль (Al); ΔH^0 = - 120,1 кДж/моль (Ni); ΔH^0 = -533,9 кДж/моль (Mg)

Задача 10.

Вычислите тепловой эффект реакции восстановления оксида железа (П) водородом, исходя из следующих термохимических уравнений:

$FeO\ (к) + CO\ (г) = Fe\ (к) + C0_2\ (г)$ $\quad \Delta H$ = - 13, 18 кДж

$CO\ (г) + ½\ O_2(г) = CO_2\ (г)$ $\quad \Delta H$ = - 283,0 кДж

$H_2\ (г) + ½\ O_2 = H_2O_{\ (г)}$ $\quad \Delta H$ = - 241,83 кДж

Ответ: +27,99 кДж

Задача 11.

Какое количество теплоты выделяется при сгорании 1 моля бензина C_8H_{18} в автомобильном двигателе, работающем в следующих режимах:

$C_8H_{18(ж)} + 12{,}5\ O_{2(г)} = 8CO_{2(г)} + 9H_2O_{(ж)}$

$C_8H_{18(ж)} + 8{,}5\ O_{2(г)} = 8CO_{(г)} + 9H_2O_{(ж)}$

$C_8H_{18(ж)} + 4{,}5\ O_{2(г)} = 8C_{(к)} + 9H_2O_{(ж)}$

ДН^дд, кДж/моль -250,8 -285,8 -110,5 -393,5

$\Delta H^0_{298}(C_8H_{18(ж)})$ = -250,8 кДж/моль. Значения энтальпий CO_2, CO и $H_2O_{(ж)}$ взять из таблиц.

Сделать вывод, в каком режиме двигатель работает наиболее эффективно (способен произвести наибольшую работу и обеспечить выделение наименее вредных продуктов). Какие меры следует предпринять для достижения оптимальной работы двигателя?

Ответ: ΔH^0 = -5469,6 кДж/моль (1); ΔH^0 = -3205,4 кДж/моль (2); ΔH^0 = -2321,4 кДж/моль (3)

Задача 12

При взаимодействии газообразных сероводорода и диоксида углерода образуются пары воды и сероуглерод CS_2 (г). Напишите термохимическое уравнение этой реакции, вычислив ее тепловой эффект.

Ответ: + 65,43 кДж.

Задача 13

Взрывчатые смеси на основе аммиачной селитры являются наиболее распространенными промышленными взрывчатыми веществами. Это объясняется сравнительной безопасностью переработки смесей на ее основе и тем, что в смесях она выполняет роль окислителя, разлагаясь по реакции

$NH_4NO_{3(к)} = N_2(r) + H_2O_{(г)} + 0.5O_{2(г)}$

При недостаточном инициировании и при тепловом взрыве селитра разлагается с выделением токсичных оксидов азота

$4\ NH_4NO_{3(к)} = 3N_{2(г)} + 2NO_{2(г)} + 8H_2O_{(г)}$

Сравнивая величины тепловых эффектов реакций, покажите, оптимально ли используется селитра при неполноценном взрыве. Сколько молей газов выделяется в расчете на 1 моль селитры по той и другой реакции?

Вещество	$NH_4N0_{3(к)}$	$NO_{2(г)}$	$H_2O_{(г)}$
ΔH^0_{298}	-365.4	33	-241.8

Ответ: ΔH^0 = -118,2 кДж/моль (1); ΔH^0 = - 406,8 кДж/моль (2)

Задача 14.

Напишите термохимическое уравнение реакции между CO (г) и водородом, в результате которой образуются CH_4 (г) и H_2O (г). Сколько теплоты выделится при этой реакции?

Ответ: +206,16 кДж.

Задача 15.

При взаимодействии газообразных метана и сероводорода образуются сероуглерод CS_2 (г) и водород. Напишите термохимическое уравнение этой реакции, вычислив ее тепловой эффект.

Ответ: ΔH^0 = + 230,43 кДж.

Задача 16

В качестве компонента горючей смеси топлив можно использовать метан и этан. Определить, какой из двух этих газов в расчете на 1 г наиболее эффективен

$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$

$C_2H_{6\,(г)} + 3{,}5O_{2(г)} = 2CO_{2(г)} + 3\,H_2O_{(г)}$

если: а) получать кислород из окружающей среды;

б) использовать кислород, запасенный вместе с топливом, как в ракете.

Вещество	$CH_{4(г)}$	$C_2H_{6\,(г)}$	$H_2O_{\,(г)}$	$CO_{2(г)}$
ΔH^0_{298}	-74,9	-88,6	-241.8	-393,5

Ответ: ΔH^0 = - 802,2 кДж/моль (1); ΔH^0 = -1423,8 кДж/моль (2)

Задача 17.

Выделяющуюся в результате брожения глюкозы энергию поглощают микроорганизмы дрожжей, активно участвующие в этой реакции

$C_6H_{12}O_{6(к)} = C_2H_5OH_{(ж)} + CO_{2(г)}$

Полное окисление глюкозы происходит согласно уравнению

$C_6H_{12}O_{6(к)} + 6O_2 = 6CO_{2(г)} + 6H_2O_{(ж)}$

Вещество	$C_6H_{12}O_{6(к)}$	$C_2H_5OH_{(ж)}$	$H_2O_{(г)}$	$CO_{2(г)}$
ΔH^0_{298}	-1260.1	- 277,6	- 241.8	- 393,5

Рассчитать, какая часть энергии приходится на долю дрожжей?

Ответ: ΔH^0 = - 81,9 кДж/моль (1); ΔH^0 = - 2653,7 кДж/моль (2);

$\Delta H^0(1) / \Delta H^0(2) = 0,03$

Задача 17

Кристаллический хлорид аммония образуется при взаимодействии газообразных аммиака и хлорида водорода. Напишите термохимическое уравнение этой реакции, вычислив ее тепловой эффект. Сколько теплоты выделится, если в реакции было израсходовано 10 л аммиака в пересчете на нормальные условия?

Ответ: Q = + 78,97 кДж

Задача 18

Биохимические и химические процессы, протекающие внутри пиритсодержащей горной породы на развитой поверхности микротрещин и пор, сопровождаются выделением тепла. В присутствии влаги с растворенным в ней кислородом воздуха и тионовыми бактериями пирит FeS_2 вступает-в реакцию

$3,5\ O_{2(г)} + H_2O_{(ж)} + FeS_{2(к)} = FeSO_{4\ (ж)} + H_2SO_{4(ж)}$

Вещество	$H_2O_{(ж)}$	$FeS_{2(к)}$	$FeSO_{4(\ ж)}$	$H_2SO_{4(ж)}$
ΔH^0_{298}	-74,9	-88,6	-241.8	-393,5

Вычислите тепловой эффект реакции окисления и выщелачивания пирита. Сравните теплопроизводительность этого- процесса с теплотами сгорания угля: 33 кДж/г, метана 50 кДж/г и выскажите мнение о возможности самонагревания пиритсодержащих вскрышных и отвальных пород угольных

месторождений. Какая среда создается в водных растворах при окислении и выщелачивании пирита, содержащегося в углях или вмещающих породах?

Ответ: ΔH^0 = -1375,8 кДж/моль

Задача 19.

Вычислите энтальпию образования метана, исходя из следующих термохимических уравнений:

$H_2O_{(г)} + 1/2O_2$ (г) = H_2O (ж); ΔH = - 285,84 кДж

C(к)+0_2 (г)=$C0_2$ (г); ΔH = - 890,31 кДж

CH_4 (г) + 20_2 (г) = $2H_2O$ (ж) + CO_2 (г); ΔH = -890,31 кДж

Ответ: - 74,88 кдж.

Задача 20

Вычислите энтальпию образования гидроксида кальция, исходя из следующих термохимических уравнений:

Ca (к)+ $1/2O_2$(г)=CaO (к); ΔH = - 635,60 кДж

H_2 (г) + $1/2O_2$(г) = H_2O (ж); ΔH = - 285,84 кДж

CaO (к) + H_2O (ж) = $Ca(OH)_2$ (к); ΔH = - 65,06 кДж

Ответ: ΔH = - 986,50 кДж.

Задача 21

Выделенные из соединений мелкодисперсные порошки металлов Fe и Ni обладают пирофорными свойствами, т.е способностью самовозгораться на воздухе при комнатной температуре, образуя красивый дождь искр. Энтальпии образования соответствующих оксидов ΔH^0_{298} (Fe_2O_3) = - 822.2 кДж/моль, ΔH^0_{298}(NiO = - 239,7 кДж/моль.

Частицы какого металла - железа или никеля - при попадании на бумагу прожигают в ней более широкие отверстия?

Ответ: Частицы железа прожигают более широкие отверстия в бумаге по сравнению с частицами никеля

Задача 22. При высокотемпературном выщелачивании в промышленном автоклаве мелкораздробленного концентрата пентландита $FeNiS_2$ переводят 35% связанной серы пентландита в элементарную серу по реакции

$2{,}75O_{2(г)} + FeNiS_2 = 0{,}5\ Fe_2O_{3(к)} + 4S_{(к)} + NiSO_{4(р)}$

Вещество	$NiSO_{4(р)}$	$Fe_2O_{3(к)}$	$FeNiS_2$
ΔH^0_{298}	--873.5	825	--200.4

Тепловой эффект этого окислительного выщелачивания составляет -8500 кДж/кг. Сравнить этот тепловой эффект с расчетным и объяснить возможные причины расхождения.

Ответ: $\Delta H^0 = -1458{,}4$ кДж/кг

Задача 23. При добыче полезных ископаемых используются взрывчатые вещества. К ним относится нитрат аммония, который разлагается при взрыве с теплотой взрыва 1500 кДж/кг

$NH_4NO_{3(к)} = -N_{2(г)} + 2H_2O_{(г)} + 0{,}5O_{2(г)};\ \Delta H^0_{298}$

Вещество	$NH_4NO_{3(к)}$	$2H_2O_{(г)}$
ΔH^0_{298}	- 365.4	241.8

Более высокими энергетическим показателями характеризуются аммоналы - смеси NH_4NO_3 с алюминием. Теплота взрыва 5800 кДж/кг.

$2Al_{\{к)} + 3NH_4NO_{3(к)} = Al_2O_{3(к)} + 6H_2O_{(г)} + 3N_{2(г)}$

Произведите пересчет полученных тепловых эффектов этих реакций на приведенные энтальпии

Вещество	$NH_4NO_{3(к)}$	$Al_2O_{3(к)+}$	$H_2O_{(г)}$
ΔH^0_{298}	--365.4	-1676	--241.8

взрывов. Сколько молей газов выделяется при взрыве 1 моля а) селитры, б) селитры в составе аммонала?

Ответ: Смоль (1); $\Delta H^0 = -2030{,}6$ кДж/моль (2)

Задача 24

Тепловой эффект реакции сгорания жидкого бензола с образованием паров воды и диоксида углерода равен -3135,58 кДж. Составьте

термохимическое уравнение этой реакции и вычислите энтальпию образования C_6H_6(ж).

Ответ: +49,03 кДж.

Задача 25

При взаимодействии трех молей оксида азота N_2O с аммиаком образуются азот и пары воды. Тепловой эффект реакции равен - 877,76 кДж. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите энтальпию образования N_2O(г).

Ответ: +81,55 кДж.

Задача 26

При сгорании газообразного аммиака образуются пары воды и оксид азота NO (г). Напишите термохимическое уравнение этой реакции, вычислив ее тепловой эффект в расчете на 1 моль NH_3 (г).

Ответ: ΔH = - 226,18 кДж.

Задача 27

В технологии химического обогащения руд используется процесс выщелачивания золотосодержащего пирита FeS_2 по уравнению

$3{,}5O_{2(г)} + FeS_{2(к)} + 4OH^-_{(р)} = Fe(OH)_{2(К)} + 2SO_4^{2-}{}_{(р)} + H_2O_{(ж)}$

Вещество	$FeS_{2(к)}$	$OH^-_{(р)}$	$Fe(OH)_{2(К)}$	$SO_4^{2-}{}_{(р)}$	$H_2O_{(ж)}$
ΔH^0_{298}	-163	-230.2	-561.7	-911	-285.8

Окисление тонкого порошка, содержащего 35% пирита, происходит при 80°С и сопровождается выделением 15 кДж/г. Сравните этот тепловой эффект с расчетным и объясните возможные причины расхождения.

Ответ: ΔH^0 = - 11,2 кДж/г

Задача 28. Демонстрационный эксперимент - разложение бихромата аммония - производит впечатление извержения вулкана, сопровождается искрением, образованием объёмного зелёного осадка

$(NH_4)_2Cr_2O_{7(к)} = N_{2(г)} + Cr_2O_{3(к)} + 4\ H_2O_{(ж)}$

Почему среди продуктов реакции не обнаруживается вода?

Ответ: ΔH^0 = - 484,2 кДж/моль

Задача 29. Сгорание черного пороха в закрытом цилиндре происходит согласно реакции

$2KNO_{3(к)} + 3C_{(к)} + S_{(к)} = K_2S_{(к)} + 3CO_{2(г)} + N_{2(г)}$

Вещество	$KNO_{3(к)}$+C +S	$K_2S_{(к)+}$	$CO_{2(г)}$
ΔH^0_{298}	--365.4	--428	--393.5

Определите тепловой эффект превращения 135 г смеси нитрата калия, угля и серы (молярная масса пороха 270 г/моль). Во сколько раз изменится при взрыве объем смеси, если объем 1 моль исходной смеси составил 0,1л?'

Ответ: ΔH^0 = -557,8 кДж; Объем смеси увеличится в 896 раз

Задача 30. На территорию площадью 30 тысяч квадратных километров (примерно площадь Бельгии или Армении) выпало 24 мм дождя, что составило $72*10^{10}$ килограммов воды.

Рассматривайте конденсацию воды из облаков как превращение $H_2O_{(г)} \rightarrow H_2O_{(ж)}$ ΔH^0_{298} = -44 кДж/моль.

При взрыве одного килограмма тринитротолуола (тротила) выделяется энергия, равная 400С кДж. Сколько мегатонн тротила (1 мегатонна – 10^6 тонн) при взрыве выделят такую же энергию, какая рассчитана для выпавшего дождя?

Поразмышляйте над полученными цифрами.

Ответ: ΔH^0 = $-1,76*10^{15}$ кДж; Такая энергия равна 440 мегатонн тротила

Задача 31

Реакция горения метилового спирта выражается термохимическим уравнением:

$CH_3OH(ж) + 3/2O_2 (г) = CO_2 (г) + 2H_2O (ж)$;

Вычислите тепловой эффект этой реакции, если известно, что энтальпия парообразования CH_3OH (ж) равна +37,4 кДж.

Ответ: - 726,62 кДж.

Задача 32

Напишите термохимическое уравнение реакции горения1 моль этилового спирта, в результате которой образуются пары воды и оксид углерода (IV). Вычислите теплоту образования C_2H_5OH (ж). $\Delta H_{р-и}$ =-1234,85 кДж.

Ответ: -277,6 кДж/моль

Задача 33

Реакция горения бензола выражается термохимическим уравнением:

C_6H_5 (ж) + 7*1/2 O_2(г) = 6CO_2 (г) + 3H_2O (г) ΔH = ?

Вычислите тепловой эффект реакции, если известно, что молярная теплота парообразования бензола равна +33,9 кДж.

Ответ:ΔH - 3135,58 кДж.

Задача 34

Вычислите тепловой эффект и напишите термохимическое уравнение реакции горения 1 моль этана C_2H_6 (г), в результате которой образуются пары воды и диоксид углерода. Сколько теплоты выделится при сгорании 1 $м^3$ этана в пересчете на нормальные условия?

Ответ: 63742,86 кДж.

Задача 35

Реакция горения аммиака выражается термохимическим уравнением:

4NH_3 (g) + 3O_2(g) = 2N_2(g) + 6$H_2O_{(ж)}$; ΔH = -1530,28 кДж.

Вычислите энтальпию образования NH_3(г).

Ответ: ΔH= -46,19 кДж.

Задача 36

Энтальпия растворения безводного хлорида стронция $SrCl_2$ равна -47,70 кДж, а энтальпия растворения кристаллогидрата $SrCl_2$ 6H_2O равна +30,96 кДж. Вычислите энтальпию гидратации $SrCl_2$.

Ответ: ΔH = -78,66 кДж.

Задача 37

Энтальпия растворения сульфата меди $CuSO_4$ и медного купороса $CuSO_4 5H_2O$ соответственно равны -66,11 кДж и +11,72 кДж. Вычислите энтальпию гидратации $CuSO_4$.

Ответ: ΔH = -77,83 кДж.

Задача 38

При получении эквивалентной массы гидроксида кальция из CaO (к) и H_2O (ж) выделяется 32,53 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите энтальпию образования оксида кальция.

Ответ: ΔH = -635,6 кДж.

Пример расчета изменений внутренней энергии системы.

Задача 39

Рассчитайте изменение внутренней энергии системы в стандартных условиях (ΔU°) при протекании реакции

$2Cl2 + 2H_2O(г) \rightarrow 4HCl(г) + O_2$,

если стандартные энтальпии образования H_2O и хлороводорода (HCl) соответственно равны -241,84 и 92,3 кДж/моль.

Решение. Изменение внутренней энергии рассчитывается по формуле ΔU=ΔH-A, для газов A (работа расширения) = ΔnRT →

$\Delta U = \Delta H - \Delta nRT$,

где Δn - изменение числа моль газообразных продуктов реакции и исходных веществ. Для данной реакции Δn = 5-4 = 1 моль.

Рассчитаем ΔH°р-ции, используя следствие из закона Гесса:

$\Delta H°р\text{-ции} = 4\Delta H_{(HCl)} - 2\Delta H_{(H2O)} = 4(-92,3)-2(-241,84) = 114,48$ кДж/моль;

R – газовая постоянная, равна $8,3 \cdot 10^{-3}$ кДж/моль·К; T = 298 К (25°C).

Рассчитываем изменение внутренней энергии:

$\Delta U° = 114,48 – 1 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3} \cdot 298 = 112,0$ кДж/моль.

Следовательно, в процессе реакции внутренняя энергия увеличилась на 112 кДж/моль.

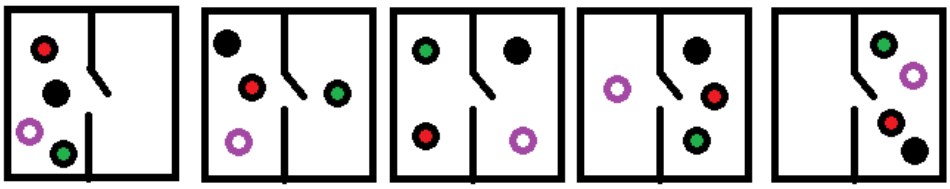
РАЗДЕЛ III. Второе начало термодинамики.

3.1. Вычисление энергий Гиббса и определение направления химических реакций.

Предмет химии – химическая реакция. В результате химической реакции исчезают одни и образуются другие химические вещества, при которых обязательно выделяется или поглощается энергия. Таким образом, химическая реакция состоит в изменении строения и энергии испытывающей химическое превращение системы. Большинство химических реакций в мире необратимо, так что мир изменяется в некотором направлении. Говорят, что всякая система стремится перейти в состояние с наименьшей энергией. Но если энергия одной системы понижается, то должна повышаться энергия какой-то другой системы. Самопроизвольные процессы могут идти как с выделением, так и поглощением энергии системой. Наиболее очевидный пример – обратимые химические реакции, которые в одном направлении могут идти с выделением, а в другом- с поглощением энергии. На самом деле самопроизвольными являются такие процессы, которые сопровождаются диссипацией (рассеиванием) энергии без изменения ее общего количества в мире. Что такое рассеивание в физическом смысле? Это максимально равномерное распределение энергии и вещества, при котором выравниваются интенсивные (не зависящие от числа молей вещества в системе) параметры системы. К ним относятся температура, давление, электрический потенциал, а в гомогенных системах – плотность и концентрация. Система с интенсивными параметрами, одинаковыми во всех частях системы, является равновесной, в ней происходят только обратимые процессы, ее свойства не меняются во времени. Такое состояние системы является наиболее вероятным. Покажем это на следующем примере.

Пусть мы имеем изолированную систему, состоящую из ящика, в котором находятся 4 абсолютно одинаковых по физическим свойствам молекулы. Чтобы их различать, можно их пронумеровать или покрасить в

разные цвета. Молекулы свободно двигаться по всему объему и способны находится в обеих половинках ящика, попадая в ту или другую половину случайным образом. На рисунке показаны возможные варианты их распределения по двум половинкам сосуда. Назовем эти варианты состояниями системы. Очевидно, что состояние 1 (0:4) может быть реализовано единственным способом: $W_1 = 1$ (W – число способов, которым может быть реализовано данное состояние системы или же *термодинамическая вероятность системы*).



Для состояния 2 (1:3) возможно 4 варианта распределения молекул (в левой половине сосуда может быть любая из четырех молекул): $W_2=4$. Для состояния 3 (2:2) $W_3 = 6$. Далее $W_4= W_2$; $W_5= W_1$. Таким образом, существует $W_1+ W_2 + W_3 + W_4 + W_5 =16$ способов размещения четырех молекул по двум половинкам сосуда. Какое же состояние наиболее вероятно при случайном распределении молекул? Очевидно, то, которое возникает в большем числе случаев – то есть, равномерное распределение. Система самопроизвольно переходит от менее вероятных распределений (0:4) и (1:3) к более вероятному (2:2). *В результате случайных движений происходит направленный самопроизвольный процесс.*

С увеличением числа молекул вероятность отклонения от равномерного распределения быстро уменьшается и становится ничтожно малой для макроскопических систем. Например, в объеме газа 0,2 мкм^3 отклонение плотности на 1% происходит каждые 10^{-9} сек. Вероятность того, что плотность в объеме газа 1мм^3 будет отличаться от средней на 0,01%, равна 10^{-60}.

Для реальных веществ величина $W = 10^n$, где n=10 10^{23} , то есть, $W=10^{240}$.

Если учесть, что наша Вселенная содержит 10^{100} частиц, то понятно, что пользоваться этой величиной чрезвычайно неудобно.

В реальности мерой вероятности существования системы в том или другом состоянии является *э н т р о п и я* (S), связанная с термодинамической вероятностью (W) уравнением Больцмана.

$$S = k\ln W$$

k – это константа Больцмана, одна из фундаментальных мировых констант.

$k = 1{,}38\ 10^{-23}$ Дж/К. Обратите внимание на порядок численного значения. Сравним с числом Авогадро $N_A = 6{,}02\ 10^{23}$. Так что, фундаментальные константы показывают нам, что все в мире взаимосвязано.

С увеличением термодинамической вероятности увеличивается и энтропия. То есть, тенденция к равномерному распределению частиц, наблюдаемая в самопроизвольных процессах связана с увеличением энтропии ($\Delta S>0$).

Величина энтропии в термодинамических таблицах дается в расчете на 1 моль, тогда ее размерность Дж/(К моль).

Чем меньшим числом способов описывается система, тем выше в ней порядок. Следовательно, увеличение энтропии является мерой увеличения беспорядка в системе.

Представим себе идеальный кристалл из 20 атомов, в котором все атомы расположены строго на определенных позициях. В таком кристалле W=1. Энтропия в таком кристалле равна 0.

Если в этом кристалле есть хоть одна вакансия (удаленный атом, причем мы не знаем, который из 20), то реализация состояния такой системы может осуществляться W способами, а энтропия такого кристалла $S = k\ln W >> 0$. При повышении температуры даже в идеальном кристалле появляются атомы или ионы, имеющие разную энергию. Следовательно, при повышении температуры энтропия возрастает. Повышение температуры определяется сообщением системе некоторого количества теплоты. В этом случае изменение энтропии описывается формулой

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Если система поглощает теплоту, то ее энтропия увеличивается ($\Delta S>0$). Если система теряет теплоту, то ее энтропия уменьшается ($\Delta S<0$).

Энтропии многих веществ вычислены или определены экспериментально и приведены в справочниках. Для вычисления изменения энтропии в химических реакциях применимо использование следствия из закона Гесса, поскольку энтропия (как и энтальпия, внутренняя энергия), является функцией состояния системы. Поэтому изменение энтропии в химической реакции описывается как разность энтропий продуктов и реагентов:

$\Delta S_{р\text{-}и} = \Sigma S^0_{прод} - \Sigma S^0_{исх.}$

Например

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ $\Delta H_{среды} = + 571,7$ Кдж; ($\Delta H_{системы} = - 571,7$ Кдж)

Соединение	H_2	O_2	$H_2O_{(ж)}$
S^0_{298} : Дж/моль·К	130,6	205,1	69. 9

$\Delta S_{р\text{-}и} = 2 \cdot 69. 9 – (2 \cdot 130,6 + 205,1) = -326,5$ Дж/К

В этом процессе изменение энтропии намного меньше нуля, следовательно, он невозможен как самопроизвольный. Тем не менее, известно, что реакция соединения водорода и кислорода идет со взрывом (взрыв гремучего газа).

Дело в том, что в результате реакции изменяется не только система, но и окружающая среда, в которую выделилась теплота реакции, при этом энтропия среды тоже изменяется. Таким образом, информации об энтропиях участвующих в реакции веществ недостаточно для решения вопроса о ее протекании. Нужно учитывать не только изменение энтропии системы ($\Delta S_{сист}$), но и изменение энтропии среды ($\Delta S_{ср}$). Критерий возможности самопроизвольного процесса – суммарное увеличение системы и окружающей среды, которое называют изменением *энтропии мира* ($\Delta S_м$).

$\Delta S_м = \Delta S_{сист} + \Delta S_{ср}$

В данном случае $\Delta S_{сист}$ = -326,5 Дж/К. В окружающей среде рассеялась теплота +571,7 Кдж и при комнатной температуре изменение энтропии среды

$\Delta S_{ср} = \Delta H_{ср}/T = 5717000/298 = 1918,5$ Дж/К

Тогда

$\Delta S_{м} = \Delta S_{сист} + \Delta S_{ср} = -326,5 + 1918,5 = 1592,0$ Дж/К >> 0

Именно поэтому данный процесс осуществляется как самопроизвольный. Для проведения его в противоположном направлении (разложение воды) при комнатной температуре необходимо затратить работу, например, электрического тока.

Таким образом

$\Delta S_{м} = \Delta S_{сист} + \Delta S_{ср} = \Delta S_{сист} + \Delta H_{ср}/T = \Delta S_{сист} - \Delta H_{сист}/T$

Условие возможности протекания самопроизвольного процесса в некоторой системе (где изменения энтропии и энтальпии относятся только к самой системе)

$\Delta S - \Delta H/T > 0$ или $\Delta H - T\,\Delta S < 0$

Это выражение обозначается как ΔG:

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

Знак этой функции определяет направление процесса. G – это еще одна функция состояния системы, называемая энергией Гиббса или изобарно-изотермическим потенциалом, а также свободной энергией системы. В системе возможет только тот процесс, в результате которого свободная *энергия системы уменьшается $\Delta G<0$.*

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$ – это основное уравнение химической термодинамики, так как связывает возможность протекания химической реакции с изменениями H и S. Анализ уравнения показывает, что знак изменения свободной энергии зависит от знаков и относительных величин изменения энтальпии и энтропии, а также от температуры.

При низких температурах член $T\Delta S$ мал и величина ΔG будет определяться величиной и знаком ΔH. Это означает, что при низких температурах самопроизвольно происходят преимущественно

экзотермические реакции ($\Delta H<0$), то есть, как правило, реакции соединения. При высоких температурах член $T\Delta S$ велик и величина ΔG будет определяться величиной и знаком ΔS. Это означает, что при высоких температурах преимущественно самопроизвольно происходят эндотермические реакции ($\Delta H <0$). А это, как правило, реакции разложения. Поэтому при достаточно больших температурах не могут существовать сложные системы. Начиная с некоторых температур не существуют молекулы, а затем и атомы. Так, на Солнце нет атомов, а есть смесь атомных ядер, многозарядных ионов и электронов.

ΔG – функция состояния системы, поэтому возможность самопроизвольности реакции может быть также рассчитана исходя из свободных энергий образования реагентов и продуктов реакции, которые также являются справочными данными.

3.2. Примеры решения задач.

Пример 1.

Смесь сульфидных минералов в сернокислой среде окисляют кислородом воздуха. Рассчитайте стандартную энергию Гиббса реакции

$$0{,}5\ O_{2(г)} + 2H^+ + SO_4^{2-} + PbS_{(к)} = PbSO_{4(к)} + H_2O_{(ж)}$$

ΔG^o_{298}, кДж/моль	-745	-98,8	-813,8	-237,2

и укажите, будет ли в стандартных условиях галенит PbS окисляться до англезита $PbSO_4$?

Решение.

$\Delta G_{р\text{-}и}$ = (-813,8 -237,2) - (-74 5-98,8) = -207,2 кДж

Данная реакция при стандартных условиях будет протекать самопроизвольно, так как $\Delta G_{р\text{-}и} < 0$.

Эти расчеты можно произвести по формуле $\Delta G = \Delta H – T\Delta S$, если отсутствуют данные значений свободной энергии для каких-либо компонентов реакции. При таких расчетах необходимо учитывать размерность стандартных величин энтальпии (кДж/моль) и энтропии (Дж/моль К). кроме того, знание величин ΔH и ΔS необходимо при расчетах $\Delta G_{р\text{-}и}$ при различных температурах.

Пример 2.

Возможна ли реакция восстановления Fe_2O_3 углеродом при температурах 500 и 1000 К?

$Fe_2O_{3(к)} + 3C(к)=2Fe(к)+3CO(г)$; $\Delta H_{р-и}$ =490,54кДж

Решение.

Стандартная энтропия реакции ΔS_r^0

$\Delta S_{р-и}$ =3 S^0 (CO)+2S^0(Fe)-S^0 (Fe_20_3)- 3S^0 (C) = 3·197,91 + 2·27,2 - 89,96 - 3·5,69 = 541 Дж/(К·моль).

Энергия Гиббса при 500 и 1000К:

$\Delta G°_{500} = \Delta H_{р-и}^0$- T·$\Delta S^0$= 490,54 – 500· 0,541 = +219,99 кДж;

$\Delta G°_{1000}$ = 490,54 – 1000·· 0,541 = -50,56 кДж.

Ответ: восстановление возможно при 1000К ($\Delta G°_{1000} < 0$) и невозможно при 500 К ($\Delta G°_{500} > 0$).

3.2. Термодинамическое равновесие

Итак, при постоянстве температуры и давления в системе самопроизвольно протекают только процессы, ведущие к уменьшению энергии Гиббса. В состоянии равновесия энергия Гиббса равна нулю.

$\Delta G<0$ - реакция самопроизвольно протекает в прямом направлении;

$\Delta G>0$ - в обратном направлении

$\Delta G=0$ - реакция находится в состоянии равновесия.

Критериями направления самопроизвольного протекания необратимых процессов являются неравенства $\Delta G<0$ (для закрытых систем), $\Delta S>0$ (для изолированных систем). В самопроизвольной реакции:

- $\Delta G<0$; $\Delta S>0$: направление реакции →
- $\Delta G>0$; $\Delta S<0$: направление реакции ←

Таким образом, *любая химическая реакция протекает самопроизвольно только в направлении, приближающем систему к состоянию равновесия.* Движущей силой данного процесса является *изменение изобарно-изотермического потенциала системы* ΔG. Чем ΔG меньше, тем дальше

система находится от состояния равновесия и тем более она реакционноспособна. Равновесие может существовать только для обратимых реакций.

По признаку обратимости все химические реакции делятся на **обратимые** и **необратимые**.

Необратимые химические реакции при данных условиях самопроизвольно протекают только в одном направлении и при этом получившиеся продукты не взаимодействуют друг с другом с образованием исходных веществ. В связи с этим необратимые реакции заканчиваются либо полным расходованием всех исходных веществ (если они взяты в стехиометрическом соотношении), либо – одного из них, находящегося в недостатке (если исходные вещества взяты в нестехиометрическом соотношении). *Реакция с высокой долей вероятности будет необратимой, если при ее протекании выделяется или затрачивается большое количество энергии.*

Важно понимать, что обратимость реакции по направлению нельзя отождествлять с термодинамической обратимостью процесса осуществления этой реакции. *Реакция может быть обращена по направлению при изменении условий*, например, при понижении или повышении температуры.

Итак, реакция не идет ни в одном из направлений, если $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$. При $\Delta G = 0$ $\Delta H = T\,\Delta S$. И $T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$. Эта температура называется температурой термодинамического равновесия. Осуществление реакции при этой температуре невозможно ни в прямом, ни в обратном направлении. Диапазон температур термодинамического равновесия теоретически достаточно обширен – от $T > 0$ К и выше. Температура ниже 0 К невозможна, а что касается другого конца температурной шкалы, то здесь стоит ограничиться реальными температурами, при которых не происходит распада молекул на ядра, электроны и другие частицы, что имеет место, например, на Солнце. Таким образом, при ответе на вопрос, при какой температуре данная реакция, протекающая самопроизвольно при стандартных условиях, может пойти в

обратном направлении, следует обратить внимание на реальность протекания процесса при вычисленной температуре. Если же при расчетах Т получилась отрицательная величина, то при ответе на вопрос следует сказать, что для данной реакции термодинамическое равновесие невозможно.

3.4. Примеры решения задач.

Пример 3.

При какой температуре наступит равновесие системы

$4HCI_{(г)} + O_{2\,(г)} = 2H_2O_{\,(г)} + 2C1_{2\,(г)}$; $\Delta H_{р\text{-}и} = -114{,}42$ кДж

Хлор или кислород в этой системе является более сильным окислителем и при какой температуре?

Решение:

Уравнение реакции имеет вид:

$$4HCI_{\,(г)} + O_{2\,(г)} = 2H_2O_{\,(г)} + 2C1_{2\,(г)};\ \Delta H_{р\text{-}и} = -114{,}42 \text{ кДж}$$

$\Delta H_{р\text{-}и} < 0$, значит, реакция экзотермическая, идёт с выделением теплоты. Находим $\Delta S_{р\text{-}и}$ из соотношения:

$$\Delta S_{р\text{-}и} = \Delta S_{р\text{-}и} = \Sigma S^0_{прод} - \Sigma S^0_{исх}$$

Для данной реакции:

$$\Delta S_{р\text{-}и} = 2\Delta S^0(H_2O) + 2\Delta S^0(Cl_2) - (4\Delta S^0(HCl) + \Delta S^0(O^2);$$

$$\Delta S_{р\text{-}и} = 2(188{,}72) + 2(222{,}95) - [4(186{,}69) + 205{,}03] = 128{,}41 \text{ Дж/моль·К}.$$

Зная ΔH и ΔS, и, то, что $\Delta G = 0$ можно вычислить температуру, при которой наступит равновесие системы.

При $\Delta G = 0$ получим равенство:

$$\Delta H = T\,\Delta S$$

$$\text{Тогда } T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$T = 114,42/(128,41 \cdot 10^{-3}) = 891 \text{ К}.$$

Находим энергию Гиббса реакции:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -114,42 - 298(-0,12841) = -76,15 \text{ кДж}.$$

Так как $\Delta G<0$, то реакция при стандартных условиях возможна, т.е. будет идти окисление хлора и при данных условиях (Т = 298) кислород является более сильным окислителем до температуры 891 К, т. е. до тех пор пока не наступит состояние равновесия системы, а выше 891 К более сильным окислителем станет кислород и реакция пойдет в обратном направлении.

Ответ: 891 К.

Пример 4

Восстановление Fe_2O_3 водородом протекает по уравнению

Fe_2O_3 (к) + $3H_2$ (г) = 2 Fe (к) + $3H_2O$ (г); ΔH = + 96,61 кДж

Возможна ли эта реакция при стандартных условиях, если изменение энтропии ΔS = 0,1387 кДж/(моль•град)? При какой температуре начнется восстановление Fe_2O_3?

Решение.

Вычисляем ΔG^0 реакции ΔG == ΔH-$T\Delta S$ = 96,61 -298 0,1387 = +55,28 кДж. Так как ΔG >0, то реакция при стандартных условиях невозможна; наоборот, при этих условиях идет обратная реакция окисления железа (коррозия). Найдем температуру, при которой ΔG = 0

ΔH=96,61 кДж.

$\Delta H = T\Delta S$; $T = \Delta H/\Delta S$ = 96,61/0,1387 = 696,5 К.

Следовательно, при температуре 696,5 К начнется реакция восстановления Fe_2O_3. Иногда эту температуру называют температурой начала реакции.

3.5. Контрольные вопросы и задания

Если значения термодинамических параметров, необходимые для решения задач, не приведены в условии, смотрите их в Приложении.

Задача 1. Считают, что большая роль в возникновении самородной серы в зонах окисления сульфидных месторождений принадлежит сульфату железа (Ш). Это соединение очень активно растворяет пирит FeS_2. Приведенная ниже реакция в отсутствии или при пониженном содержании кислорода может привести к образованию самородной серы

$$FeS_{2(к)} + 2Fe^{3+}_{(ж)} = 3Fe^{2+}_{(ж)} + 2S_{(к)}$$

Соединение	FeS_2	Fe^{3+}	$H_2S_{(ж)}$	Fe^{2+}
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-151,8	-4,5	-27,9	-79

Предполагают в этих же условиях образование серы при взаимодействии сульфата железа с сероводородом - продуктом разложения сульфидов в кислой среде

$$Fe^{3+}_{(ж)} + 0{,}5H_2S_{(г)} = H^+_{(ж)} + Fe^{2+}_{(ж)} + 0{,}5S_{(к)}$$

Возможны ли эти процессы в стандартных условиях?

Ответ ΔG^0 = -76,2 кДж/моль (1); ΔG^0 = -60,5 кДж/моль (2)

Задача 2. Неорганические реагенты – комплексообразователи применяются для извлечения ценных компонентов из руд и концентратов. Способны ли цианистые растворы избирательно растворять металлическое золото в присутствии кислорода по реакции

$$2Au_{(к)} + 0{,}5\,O_2 + 4CN^-_{(ж)} + H_2O_{(ж)} = 2[Au(CN)_2]^-_{(ж)} + 2\,OH^-_{(ж)}$$

Соединение	CN^-	H_2O	$[Au(CN)_2]^-$	OH^-
ΔG^0_{298} : кДж/моль	171,6	-237,2	269,4	-157,4

Ответ ΔG^0 = -225,2 кДж/моль

Задача 3.

Покажите расчетом, может ли в стандартных условиях протекать процесс серпентинизации форстерита?

$Mg_2SiO_4 + 3H_2O_{(ж)} = Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4 + Mg(OH)_2$

форстерит серпентин

Соединение	Mg_2SiO_4	H_2O	$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$	$Mg(OH)_2$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-63,2	-237,2	-171,4	-735,7

Ответ ΔG^0 = -69,1 кДж/моль

Задача 4

Охарактеризуйте кислотно-основные свойства гидроксида цинка, вычислив изменение изобарно-изотермического потенциала для реакций

$Zn(OH)_{2(к)} + 2H^+_{(ж)} = Zn^{2+}_{(ж)} + 2H_2O_{(ж)}$

$Zn(OH)_{2(к)} + 2OH^-_{(ж)} = Zn[(OH)_4]^{2-}_{(ж)}$

Соединение	$Zn(OH)_{2(к)}$	$Zn^{2+}_{(ж)}$	$OH^-_{(ж)}$	$H_2O_{(ж)}$	$Zn[(OH)_4]^{2-}_{(ж)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-556	-347,3	-157,4	-237,2	-905,4

Ответ ΔG^0 = -65,7 кДж/моль (1); ΔG^0 = -34,6 кДж/моль (2)

Задача 5- 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 оксиды азота реагируют с озоном

$NO_{(г)} + O_3(г) = O_{2(г)} + NO_{2(г)}$

$NO_{2(г)} + O_{3(г)} = N_2O_{5(г)} + O_{2(г)}$

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

Может ли в стандартных условиях образовываться озон из O_2?

Ответ ΔG^0 = -197,8 кДж/моль (1); ΔG^0 = -151,5 кДж/моль (2)

Задача 6. Химическую посуду для лабораторных опытов следует подбирать с учетом свойств реагирующих веществ.

Укажите, можно ли выпаривать щелочь в стеклянном сосуде, если при этом предполагается такое взаимодействие

$SiO_{2(к)+}$ $2NaOH_{(ж)} = Na_2SiO_{3(ж)} + H_2O_{(ж)}$

Ответ ΔG^0 = -32,3 кДж/моль

Задача 7. Метан выделяется из каменных углей при нагнетании в толщу рабочих жидкостей, которые реагируя с осадочными минералами, в частности, с карбонатами, растворяют их, увеличивая газопроницаемость угольного пласта.

Определите, пригодна ли для использования в качестве рабочей жидкости соляная кислота для растворения карбонатов магния и кальция.

$MeCO_{3(к)} + 2H^+ = Me^{2+} + H_2O_{(ж)} + CO_{2(г)}$

Соединение	$CaCO_{3(к)}$	Mg^{2+}	$MgCO_{3(к)}$	Mg^{2+}	Ca^{2+}
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-1128,8	-455	-1012	-455	-553

Ответ ΔG^0 = -74,4 кДж/моль ($MgCO_3$); ΔG^0 = -55,4 кДж/моль ($CaCO_3$)

Задача 8 В процессе контактного метаморфизма в доломитах, содержащих кремнезем, происходит образование диопсида

$CaMg(CO_3)_{2(к)} + 2SiO_{2(к)} = CaMg(SiO_3)_2 + CO_{2(г)}$

Доломит диопсид

Соединение	$CaMg(CO_3)_{2(к)}$	$2SiO_{2(к)}$	$CaMg(SiO_3)_2$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-216	-855	-151

Служит ли температура одним из факторов этого типа мезоморфизма?

Ответ ΔG^0 = 2939,2 кДж/моль

Задача 9. Определите, будут ли при стандартных условиях протекать следующие взаимодействия между наиболее распространенными компонентами земной атмосферы

$N_{2(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{(г)}$; $N_{2(г)} + 2H_2O_{(ж)} = NH_4NO_{2(ж)}$;

$N_{2(г)} + 5O_{2(г)} + 2H_2O_{(ж)} = 4HNO_{3(ж)}$

Ответ ΔG^0 = 173,2 кДж/моль (1); ΔG^0 = 357,6 кДж/моль (2); ΔG^0 = 151,2 кДж/моль (3)

Задача 10. В результате действия на известняки растворов, содержащих повышенные концентрации ионов магния и сульфат-ионов, образуется доломит

$CaCO_{3(к)} + Mg^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O_{(ж)} = Ca(MgCO_3)_2 + CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Кальцит доломит гипс

Соединение	$CaCO_{3(к)}$	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	$Ca(MgCO_3)_2$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-1128,8	-455	-745	-2173	-1799

Происходит ли доломитизация известняков в стандартных условиях? Возможен ли парагенезис (совместное образование) доломита с гипсом?

Ответ ΔG^0 = -1168,8 кДж/моль

Задача 11. Сравните изменение стандартной, энергии Гиббса образования AlgSg из простых веществ и из ионов в водном растворе

$2A1_{(к)} + 3S_{(к)} = A1_2S_{3(к)}$; $2A1^{3+}_{(ж)} + 3S^{2-}_{(ж)} = A1_2S_{3(к)}$

Устойчив ли осадок $A1_2S_3$ в водном растворе?

Покажите расчетами возможность полного разложения сульфида алюминия до основания и кислоты по реакции

$A1_2S_{3(к)} + 6H_2O_{(ж)} = 2\ Al(OH)_3 + 3H_2S_{(г)}$

Как называются такие реакции? Какие обозначения приняты для солей, подверженных полному распаду, в таблице растворимости солей, кислот и оснований?

Соединение	$Al^{3+}_{(ж)}$	S^{2-}	$Al(OH)_{3(к)}$	$H_2S_{(г)}$	$Al_2S_{3(к)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-490,5	92,5	-1157,0	-33,8	-492,5

Ответ ΔG^0 = -499,7 кДж/моль

Задача 12. Для переработки марганцевых руд предлагается способ, основанный на выщелачивании крепким раствором хлорида кальция. При этом получается достаточно концентрированный раствор хлорида марганца. Возможно ли осаждение Mn в виде гид роксида $Mn(OH)_2$ из раствора $MnC1_2$ гидроксидом кальция (с одновременной регенерацией хлорида кальция) в стандартных условиях, если стандартные энергии Гиббса образования в кДж/моль

-157,4 -518,7

Соединение	$Mn^{2+}_{(ж)}$	$OH^-_{(ж)}$	$Mn(OH)_{2(к)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-227,6	-157,4	-618,7

Ответ ΔG^0 = -76,4 кДж/моль

Задача 13. К сожалению, известны случаи самопроизвольных взрывов зарядов в скважинах, заполненных аммонитами, при добыче сульфидных руд. Исследователи предполагают, что причиной самопроизвольных взрывов является взаимодействие аммиачной селитры с сульфидами (пиритом) в сильнокислой среде

$NH_4NO_{3(к)} + 0{,}2FeS_2(к) + 0{,}4\ H_2SO_{4(ж)} = Fe_2(SO_4)_{3(к)} + 0{,}5\ (NH_4)_2SO_{4(к)} + NO_{(г)} + 0{,}4H_2O_{(ж)}$

Соединение	$NH_4NO_{3(к)}$	$FeS_2(к)$	$H_2SO_{4(ж)}$	$Fe_2(SO_4)_{3(к)}$	$(NH_4)_2SO_{4(к)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-184	-152	-690	-2253	-901

Покажите расчетом, обоснована ли гипотеза исследователей? Какая среда (кислая или щелочная) возникает при увлажнении взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры?

Ответ $\Delta G^0 = -213{,}7$ кДж/моль

Задача 14. При выветривании полевых шпатов (в частности, альбита) образуются глинистые минералы (каолинит)

$NaAlSi_3O_{8(к)} + 2H_2O_{(ж)} + CO_{2(г)} = Al_2Si_2O_5(OH)_{4(к)} + 4\ SiO_{2(к)} + Na_2CO_{3(к)}$

Альбит каолинит

Соединение	$NaAlSi_3O_{8(к)}$	$Al_2Si_2O_5(OH)_{4(к)}$	$SiO_{2(к)}$	$Na_2CO_{3(к)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-157,2	-8,3	-855	-1047

Установите, может ли происходить образование каолинита в стандартных условиях. Какая среда способствует возникновению каолинита?

Ответ $\Delta G^0 = -3292{,}1$ кДж/моль

Задача 15. Изменение химических свойств некоторых оксидов происходит в результате поглощения углекислого газа из воздуха. Какой из

приведенных оксидов, BeO или BaO, следует хранить в герметичной упаковке, если предполагаемая реакция имеет вид

$MeO_{(к)} + CO_{2(г)} = MeCO_{3(к)}$

Соединение	$BeCO_{3(к)}$	$BaCO_{3(к)}$	$BeO_{(к)}$	$BaO_{(к)}$	$CO_{2(г)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-945	-1139	-582	-528	-394,4

Ответ ΔG^0 = -217,4 кДж/моль (BaO); ΔG^0 = 31 кДж/моль (BeO)

Задача 16. Морская вода представляет собой раствор гидрокарбоната кальция. В море происходит растворение известняка, особенно при высоких концентрациях углекислоты в воде. Из морской воды карбонат кальция выпадает в осадок, образуя отложения. Оба процесса протекают одновременно.

а) $H_2CO_{3(р)} + CaCO_{3(к)} = Ca(HCO_3)_{2(р)}$

б) $Ca(HCO_3)_{2(р)} = CaCO_{3(к)} + H_2O_{(ж)} + CO_{2(г)}$

Соединение	$H_2CO_{3(р}$	$CaCO_{3(к)}$	$Ca(HCO_3)_{2(р)}$	$H_2O_{(ж)}$	$CO_{2(г)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-619,2	-1128,8	-1174,2	-237,2	-394,4

Обсудите с привлечением результатов расчета изменений стандартных энергий Гиббса реакций, какой из процессов, а) или б), происходит на больших глубинах, а какой протекает в поверхностных частях океана или у берегов?

Ответ ΔG^0 = 573,8 кДж/моль (а); ΔG^0 = -586,2 кДж/моль (б)

Задача 17. Вычислите изменения стандартных энергий Гиббса реакций, протекающих по общей схеме

$MeO(_к) + CO_{2(Г)} = MeCO_{3(к}$

Соединение	ΔG^0_{298} кДж/моль	: Соединение	ΔG^0_{298} кДж/моль	:
MgO	-569,3	$MeCO_{3(к)}$	-1012,2	
$BaO_{(к)}$	-528,4	$MeCO_{3(к)}$	-1139,0	
CaO	-604,2	$MeCO_{3(к)}$	-1128,8	
SrO	-562,1	$MeCO_{3(к)}$	-1137,6	
CO_2	-394,4			

Как изменяются в ряду MgO – CaO – SrO - BaO кислотно- основные свойства оксидов и как это согласуется со значением ΔG^0_{298} реакций образования рассматриваемых карбонатов из оксидов.

Ответ ΔG^0 = -48,5 кДж/моль ($MgCO_3$); ΔG^0 = -130,2 кДж/моль ($CaCO_3$); ΔG^0 = -181,1 кДж/моль ($SrCO_3$); ΔG^0 = -216,2 кДж/моль ($BaCO_3$)

Задача 18. Процесс обработки пульпы, содержащей 80% гипса ($CaSO_4$) раствором карбоната аммония при пониженной температуре осуществляется на практике для получения сульфата аммония в виде его 50%-ного раствора. При этом протекает реакция

$$CaSO_{4\,(к)} + 2NH_{3(г)} + H_2CO_{3(р)} = CaC0_{3(K)} + (NH_4)_2SO_{4(р)}$$

Соединение	$CaSO_{4\,(к)}$	$NH_{3(г)}$	$H_2CO_{3(р)}$	$CaCO_{3(K)}$	$(NH_4)_2SO_{4(р)}$
ΔG^0_{298} : кДж/моль	-1438	-17	-618	-1129	-901

Вычислите изменение стандартной энергии Гиббса реакции и объясните, как результат расчета согласуется с протеканием реакции.

Ответ ΔG^0 = -60 кДж/моль

Задача 19. Предполагают, что в верхних зонах магнетитовых месторождений магнетит окисляется с образованием гематита

$$Fe_3O_{4(к)} + 0{,}5O_{2(г)} = 3Fe_2O_{3(к)}$$

Проверяя справедливость гипотезы, вычислите стандартную энергию Гиббса реакции превращения магнетита.

Ответ ΔG^0 = -192,5 кДж/моль

Задача 20. Хорошим растворителем для металлических золота и платины является так называемая "царская водка" (смесь одного объема азотной кислоты и трех объемов хлороводородной кислоты), переводящая металлы в комплексные хлориды.

Будет ли растворителем для золота и платины насыщенный хлором раствор соляной кислоты по уравнениям

$Au + 3Cl^{0} + Cl^{-}_{(p)} = [AuCl_4]^{-}_{(p)}$

$Pt + 2Cl^{0} + 2Cl^{-}_{(p)} = [PtCl_4]^{2-}_{(p)}$

Происходит ли окисление металла и растворение его за счет образования анионного комплекса?

Соединение	$Cl^{-}_{(p)}$	$[AuCl_4]^{-}_{(p)}$	$[PtCl_4]^{2-}_{(p)}$
ΔG^{0}_{298} : кДж/моль	-1438	-17	-618

Ответ ΔG^{0} = -104,4 кДж/моль (Au); ΔG^{0} = -100,2 кДж/моль (Pt)

Задача 21

Восстановление Fe_3O_4 оксидом углерода идет по реакции: Fe_3O_4 (к) +CO (г) =3 FeO (к) +$C0_2$ (г). Вычислите ΔG^{0}_{298} и сделайте вывод о возможности самопроизвольного протекания этой реакции при стандартных условиях. Чему равно ΔS^{0}_{298} в этом процессе?

Ответ: + 24,19 кДж; + 31,34 Дж/(моль град).

Задача 22.

Реакция горения ацетилена идет по уравнению:

C_2H_2 (г) + 5/2O_2 (г) = 2CO_2 (г) + H_2O (ж)

Вычислите ΔG^{0}_{298} и ΔS^{0}_{298}. Объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.

Ответ: -1235,15 кДж; -216,15 Дж/моль град

Задача 23.

Уменьшается или увеличивается энтропия при переходах: а) воды в пар; б) графита в алмаз? Почему? Вычислите каждого превращения. Сделайте вывод о количественном изменении энтропии при фазовых и аллотропических превращениях.

Ответ: а) 118,78 Дж/(моль град) ,б) -3,25 Дж/(моль град).

Задача 24

Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция:

H_2 (г) +CO_2 (г) = CO (г)+H_2O (ж); ΔH = - 2,85 кДж. Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные энтропии соответствующих веществ, определите ΔG^0_{298} этой реакции.

Ответ: +19,91 кДж.

Задача 25

Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе

2NO (г) + O_2 (г) = 2NO_2 (г)

Ответ мотивируйте, вычислив ΔG^0_{298} прямой реакции.

Ответ: - 69,70 кДж.

Задача 26.

Исходя из значений стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ, вычислите ΔG^0_{298} реакции, протекающей по уравнению

NH_3 (г) + HCI (г) = NH_4Cl (к)

Может ли эта реакция при стандартных условиях идти самопроизвольно?

Ответ: - 92,08 кДж.

Задача 27.

При какой температуре наступит равновесие системы

$CO\ (г) + 2H_2\ (г) \leftrightarrow CH_3OH(ж);\ \Delta H = -\ 128{,}05$ кДж

Ответ: ~385,5 К.

Задача 28.

Эндотермическая реакция взаимодействия метана с диоксидом углерода протекает по уравнению

$CH_4(г) + CO_2\ (г) = 2C0\ (г) + 2H_2\ (г);\ \Delta H = +\ 247{,}37$ кДж. При какой температуре начнется эта реакция?

Ответ: = 961,9 К.

Задача 29

Определите ΔG^0_{298} реакции, протекающей по уравнению

$4NH_3\ (г) + 5O_2\ (г) = 4NO\ (г) + 6H_2O\ (г)$

Вычисления сделайте на основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ. Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

Ответ: - 957,77 кДж.

Задача 30.

Вычислите изменение энтропии в результате реакции образования аммиака из азота и водорода. При расчете можно и ходить из S^0_{298} соответствующих газов, так как ΔS с изменение температуры изменяется незначительно. Чем можно объяснить отрицательные значения ΔS?

Ответ: - 198,26 кДж/(моль . град).

Задача 31.

Какие из карбонатов: $BeCO_3$, $CaCO_3$ или $BaCO_3$ - можно получить по реакции взаимодействия соответствующих оксидов с CO_2? Какая реакция идет наиболее энергично? Вывод сделайте, вычислив ΔG^0_{298} реакций.

Ответ: +31,24 кДж; - 130,17 кДж; - 216,02 кДж

Задача 32.

На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите ΔG^0_{298} реакции, протекающей по уравнению

$CO\ (г) + 3H_2\ (г) = CH_4(г) + H_2O\ (г)$

Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

Ответ: - 142,16 кДж.

Задача 33.

Образование сероводорода из простых веществ протекает по уравнению

$H_2\ (г) + S_{ромб} = H_2S\ (г)$; ΔH=- 20,15 кДж. Исходя из значений S^0_{298} соответствующих веществ, определите ΔG^0_{298} и ΔS^0_{298} для этой реакции.

Ответ: +43,15 Дж/(моль град); - 33,01 кДж.

Задача 34.

На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропий соответствующих веществ вычислите ΔG^0_{298} реакции, протекающей по уравнению

$C_2H_4\ (г) + 3O_2\ (г)\ \ 2CO_2\ (г) + 2H_2O\ (ж)$

Возможна ли эта реакция при стандартных условиях? Ответ: - 1331,21 кДж.

118. Определите, при какой температуре начнется реакция восстановления Fe_3O_4, протекающая по уравнению

$Fe_3O_4\ (к) + CO\ (г) = 3FeO\ (к) + CO_2\ (г)$; ΔH = + 34,55 кДж

Ответ: 1102,4 К.

Задача 35.

Вычислите, при какой температуре начнется диссоциации пентахлорида фосфора, протекающая по уравнению

$PCl_5\ (г) = PCl_3\ (г) + Cl_2\ (г)$; ΔH = + 92,59 кДж

Ответ: 509 К.

Задача 36.

Вычислите изменение энтропии для реакций, протекающих по уравнениям:

$2CH_4$ (г) = C_2H_2 (г) + $3H_2$ (г)

N_2 (г) + $3H_2$ (г) = $2NH_3$ (г)

$C_{графит}$ + O_2 (г) = CO_2 (г)

Почему в этих реакциях ΔS^0_{298}>0; <0; ~ 0?.

Ответ : 220,21 Дж/моль град; -198,26 Дж/моль град; 2,93 Дж/моль град.

Раздел IV. Третье начало термодинамики

Невозможно за конечное время довести температуру тела до абсолютного нуля.

Многочисленные опыты показывают, что с понижением температуры во всякой системе наблюдается тенденции ко все большей степени упорядоченности. На это указывают исследования строения тел, магнитные их свойства и многие другие данные. Можно полагать, что упорядоченное состояние отвечает меньшей энергии частиц, образующих тело, но что установлению порядка при высоких температурах препятствует тепловое движение. Если бы можно было охладить тело до абсолютного нуля, когда тепловые движения не могут мешать установлению порядка, то в системе установился бы максимальный мыслимый порядок и этому состоянию соответствовала бы минимальная энтропия.

Возникает, однако, вопрос: как бы вело себя тело при абсолютном нуле, если бы над ним совершалась внешняя работа (например, было бы приложено давление)? Может ли изменяться энтропия тела, находящегося при абсолютном нуле?

На основании многих опытов, проводившихся при низких температурах, можно было сделать важный вывод, который формулируется в следующем виде (Нернст, 1906 г.): при абсолютном нуле температуры любые изменения состояния происходят без изменения энтропии.

Это утверждение обычно называют теоремой Нернста. Иногда его возводят в ранг третьего начала термодинамики.

Вероятностная трактовка понятия энтропии (уравнение) позволяет сделать вывод о том, что энтропия при абсолютном нуле температуры равна нулю, что, конечно, не противоречит формулировке Нернста.

Из того факта, что при T=0 и энтропия равна нулю, следует, что абсолютный нуль принципиально недостижим, так как нетрудно показать, что если бы существовало тело с температурой, равной нулю, то можно было бы построить вечный двигатель второго рода, что противоречит второму началу термодинамики. Иногда третье начало термодинамики и формулируют как принцип недостижимости абсолютного нуля:

Из третьего начала термодинамики (так будем его называть) следуют важные выводы о поведении вещества при очень низких температурах. Так, например, из него вытекает, что с понижением температуры теплоемкость тел должна стремиться к нулю вместе с температурой, а при абсолютном нуле она должна быть равна нулю. Опыт хорошо подтверждает эту тенденцию. Можно показать, что должны стремиться к нулю (а при T=0 стать равными нулю) коэффициент теплового расширения тел, коэффициент сжимаемости и т. д. Все это, впрочем, относится к системам, находящимся в равновесном состоянии. У тел, не находящихся в равновесном состоянии, энтропия при абсолютном нуле может и отличаться от нуля.

Абсолютный ноль– это одна из концепций с интригующим названием и обманчиво простым определением. До наступления эры квантовой механики определение абсолютного нуля действительно было предельно простым. Молекулярно-кинетическая теория выявила статистическую связь между движениями атомов и молекул и температурой, и природу температуры стало возможно представить наглядно: чем быстрее движутся молекулы, тем выше температура, и наоборот. При такой картине нетрудно догадаться, что имеется нижний предел температуры, по достижении которого атомы и молекулы перестают двигаться окончательно. Значение абсолютного нуля оказалось равным –273°C.

В рамках квантовой механики значение абсолютного нуля не изменилось, однако в корне изменилось наше представление о том, как ведут себя атомы. Если бы атомы просто остановились как вкопанные, мы бы, в таком случае, могли одновременно измерить их скорость и местоположение с абсолютной точностью, а это – нарушение принципа неопределенности Гейзенберга. Поэтому даже при абсолютном нуле атом должен представляться нам слегка расплывчатым, если использовать волновое представление о нем, или слегка колеблющимся, если использовать корпускулярную концепцию. Поэтому нам следует говорить, что при абсолютном нуле атом не прекращает всякое движение, а лишь приходит в такое колебательное состояние, при котором он более не способен отдавать энергию вовне (такая остаточная энергия атома называется *энергией нулевой точки*). Конечный же итог, с макроскопической точки зрения, остается неизменным: имеется минимальное значение возможной температуры вещества, и оно равно всё тем же - 273°C.

На самом деле, существование энергии нулевой точки хорошо иллюстрирует весьма интересный момент в квантовой теории. При стремлении температуры к абсолютному нулю волновая природа материи становится всё очевиднее и важнее, а квантово-механические эффекты начинают преобладать над эффектами классической механики, при которых атом ведет себя подобно бильярдному шару.

Так получилось, что -273°C – единственная температура, фигурирующая в фундаментальных физических законах. Она же используется и в определении температурной *шкалы Кельвина*, которая в основном используется в точных науках. За ноль в ней принимается абсолютный ноль, а единичное деление шкалы принимается равным 1° по привычной шкале Цельсия. Таким образом, по шкале Кельвина абсолютный ноль равен 0 К, точка замерзания воды приходится на 273 К, а комнатная температура составляет около 300 К.

Третье начало термодинамики просто констатирует, что абсолютный ноль недостижим – и в этом он похож на скорость света: материальное тело может сколь угодно близко подойти к нему, но достичь – никогда. Дело в том,

что чем ближе система подходит к абсолютному нулю температуры, тем больше работы нужно затратить на ее дальнейшее охлаждение. На самом деле, в лабораторных условиях ученым удавалось получать температуры предельно близкие к нулевой. Сегодня температуры, отстоящие от абсолютного нуля на миллиардные доли градуса, можно получить практически в любой криогенной лаборатории.

Способов понижения температуры материального тела имеется достаточно много. Можно испарять жидкость с его поверхности, и она будет отнимать теплоту у тела – именно поэтому люди потеют в жару. Можно резко расширять газ, находившийся под высоким давлением, – вот почему охлаждается аэрозольный баллончик, когда вы долго выпускаете из него содержимое. Подобными методами ученые доводят температуру до уровня нескольких градусов выше абсолютного нуля. Однако чтобы получить по-настоящему сверхнизкие температуры, приходится надолго подвешивать незначительное количество атомов вещества в сильных электростатических и магнитных полях. После этого подвешенные атомы обрабатываются лазерным лучом определенной длины волны, который сначала заставляет атомы испустить остатки энергии возбужденных электронов в виде световых квантов, а затем – разогнать атомы врозь, как бы распрыскать их из аэрозольного баллончика. Именно так сегодня получаются температуры порядка нескольких нанокельвинов (1 нК $=10^{-9}$ К). Однако, как далеко ни пошло бы развитие нашей техники, третье начало термодинамики говорит нам, что мы не только не перейдем барьера абсолютного нуля, но даже не достигнем его.

Важные годы в истории термодинамики

- Зарождение термодинамики как науки связано с именем Г. Галилея (G. Galilei), корый ввёл понятие температуры и сконструировал первый прибор, реагирующий на изменения температуры окружающей среды (1597).

- Вскоре Г. Д. Фаренгейт (G. D. Fahrenheit, 1714), Р. Реомюр (R. Reaumur, 1730) и А. Цельсий (A. Celsius, 1742) создали температурные шкалы в соответствии с этим принципом.
- Дж.Блэк (J. Black) в 1757 году уже ввёл понятия скрытой теплоты плавления и теплоемкости (1770). А Вильке (J. Wilcke, 1772) ввёл определение калории как количества тепла, необходимого для нагревания 1 г воды на 1 °С.
- Лавуазье (A. Lavoisier) и Лаплас (P. Laplace) в 1780 сконструировали калориметр (см. Калориметрия) и впервые экспериментально определили уд. теплоёмкости ряда веществ.
- В 1824 С. Карно (N. L, S. Carnot) опубликовал работу, посвящённую исследованию принципов работы тепловых двигателей.
- Б. Клапейрон (B. Clapeyron) ввёл графическое представление термодинамических процессов и развил метод бесконечно малых циклов (1834).
- Г. Хельмгольц (G. Helmholtz) отметил универсальный характер закона сохранения энергии (1847). Впоследствии Р. Клаузиус (R. Clausius) и У. Томсон (Кельвин; W. Thomson) систематически развили теоретический аппарат термодинамики, в основу которого положены первое начало термодинамики и второе начало термодинамики.
- Развитие 2-го начала привело Клаузиуса к определению энтропии (1854) и формулировке закона возрастания энтропии (1865).
- Начиная с работ Дж. У. Гиббса (J. W. Gibbs, 1873), предложившего метод термодинамических потенциалов, развивается теория термодинамического равновесия.
- Во 2-й пол. 19 в. проводились исследования реальных газов. Особую роль сыграли эксперименты Т. Эндрюса (T. Andrews), который впервые обнаружил критическую точку системы жидкость-пар (1861), её существование предсказал Д. И. Менделеев (1860).

- К концу 19 в. были достигнуты большие успехи в получении низких температур, в результате чего были ожижены O2, N2 и H2.
- В 1902 Гиббс опубликовал работу, в которой все основные термодинамические соотношения были получены в рамках статистической физики.
- Связь между кинетическими свойствами тела и его термодинамическими характеристиками была установлена Л. Онсагером (L. Onsager, 1931).
- В 20 в. интенсивно исследовали термодинамику твёрдых тел, а также квантовых жидкостей и жидких кристаллов, в которых имеют место многообразные фазовые переходы.
- Л. Д. Ландау (1935-37) развил общую теорию фазовых переходов, основанную на концепции спонтанного нарушения симметрии.

Приложения.

Приложение 1. Тестовые задания для самостоятельной работы.

1. Химическая термодинамика определяет:

1) тепловые эффекты различных химических и физико – химических процессов;
2) вероятность самопроизвольного протекания химического процесса в том или ином направлении;
3) скорость протекания химического процесса;
4) условия, при которых химическая реакция будет находиться в состоянии равновесия.

2. Изучение протекания химических реакций с позиции термодинамики не требует сведений о:

1) строении молекул веществ, участвующих в реакции;
2) механизме протекающей реакции;
3) начальном и конечном состоянии системы;
4) внешних условиях, в которых находится система

3. Под термодинамической системой подразумевают:

1) набор свойств изучаемого объекта;
2) окружающий нас внешний мир;
3) избранную совокупность тел или веществ, состоящую из большого числа структурных единиц (молекул, атомов, ионов) и отделенную от внешней среды определенной границей или поверхностью раздела;
4) реакционный сосуд, в котором протекает химическая реакция, вместе с окружающей его внешней средой.

4. Внешней средой по отношению к термодинамической системе является:

1) та часть пространства, в котором осуществляется изучаемый процесс;
2) окружающая ее граница раздела, например, стенки реакционного сосуда;
3) все то, что находится вне поверхности раздела системы;
4) совокупность молекул, атомов или ионов химических веществ, участвующих в реакции.

5. Поверхность раздела термодинамической системы:

1) всегда бывает реальной;
2) является механически жесткой, т.е. неспособной изменять свои размеры;
3) может быть воображаемой или условной;
4) может быть проницаемой и теплопроводной.

6. Изолированные системы обмениваются с внешней средой:

1) только веществом;
2) только энергией;
3) как веществом, так и энергией;
4) не способны обмениваться ни тем ни другим.

7. Закрытые системы обмениваются с внешней средой:

1) только веществом;
2) только энергией;
3) как веществом, так и энергией;
4) не способны обмениваться ни тем ни другим.

8. Открытые системы обмениваются с внешней средой:

1) только веществом;
2) только энергией;
3) как веществом, так и энергией;
4) не способны обмениваться ни тем ни другим.

9. К открытым системам относятся:

1) человек;
2) растительные и животные клетки;
3) герметический реакционный сосуд, в котором протекает химическая реакция;
4) любое животное, насекомое или растение.

10. В зависимости от своего состава термодинамические системы бывают:

1) закрытые;
2) изолированные;
3) однокомпонентные или простые;
4) многокомпонентные или сложные.

11. Примером простой системы является:

1) сосуд с водой, в котором плавают кусочки льда;
2) земная атмосфера;
3) сосуд, полностью заполненный определенной органической жидкостью;
4) любой водный раствор вещества.

12. Примером сложной термодинамической системы является:

1) трехфазная система «лед – вода – пар»;
2) земная атмосфера;
3) любой водный раствор того или иного вещества;
4) реакционный сосуд, в котором одновременно присутствуют как исходные, так и конечные вещества.

13. Гомогенной термодинамической системой является:

1) земная атмосфера;
2) любой водный раствор того или иного вещества;

3) человеческий организм;
4) совокупность воды, льда и водяных паров.

14. Гетерогенной термодинамической системой является:

1) совокупность двух неограниченно смешивающихся жидкостей;
2) любые металлические сплавы;
3) человеческий организм;
4) совокупность двух несмешивающихся между собой жидкостей.

15. Фазой называется:

1) определенное агрегатное состояние вещества;
2) любое индивидуальное вещество в многокомпонентной системе;
3) совокупность всех однородных по составу и свойствам частей гетерогенной системы;
4) любая часть системы, отделенная от других ее частей определенной поверхностью раздела.

16. Гомогенные системы:

1) могут быть только однокомпонентными;
2) могут быть как однокомпонентными, так и многокомпонентными;
3) всегда состоят из одной фазы;
4) могут состоять из нескольких фаз.

17. Гетерогенные системы:

1) не могут быть однокомпонентными;
2) не могут состоять из одной фазы;
3) всегда являются многокомпонентными;
4) могут быть как однокомпонентными, так и многокомпонентными.

18. Макроскопическим параметром термодинамической системы является:

1) ее температура;
2) ее масса;
3) совокупность значений размеров и положений в пространстве всех составляющих систему частиц;

4) совокупность значений скоростей движения всех кинетически активных частиц системы.

19. К микроскопическим параметрам системы относятся:

1) ее геометрические размеры, например, объем;
2) величина ее внутренней энергии;
3) совокупность значений масс всех составляющих ее частиц;
4) совокупность значений скоростей движения всех кинетически активных частиц системы.

20. Примером экстенсивного термодинамического параметра является:

1) масса термодинамической системы;
2) объем термодинамической системы;
3) температура термодинамической системы;
4) величина внутренней энергии системы.

21. Примером интенсивного термодинамического параметра является:

1) масса термодинамической системы;
2) объем термодинамической системы;
3) давление в гомогенной термодинамической системе;
4) плотность в гомогенной термодинамической системе.

22. Стационарное состояние характерно:

1) только для изолированных систем;
2) для любой термодинамической системы;
3) для открытых термодинамических систем;
4) для закрытых термодинамических систем.

23. Равновесное состояние системы характерно:

1) только для изолированных систем;
2) для любой термодинамической системы;
3) для открытых термодинамических систем;
4) для закрытых термодинамических систем.

24. Равновесным является такое состояние системы, при котором:

1) все ее термодинамические параметры остаются неизменными и отсутствует обмен энергией и веществом с внешней средой;

2) наблюдается равноценный в обе стороны обмен энергией или веществом с внешним миром;
3) только с внешней средой отсутствует обмен энергией в том или ином направлении;
4) ее качественный состав остается неизменным.

25. Любое термодинамическое состояние системы может быть выражено:

1) только набором значений ее макроскопических параметров;
2) только набором значений ее микроскопических параметров;
3) как набором значений макроскопических параметров, так и набором значений микроскопических параметров;
4) в зависимости от вида системы либо только набором микроскопических параметров, либо только набором макроскопических параметров

26. Термодинамическим процессом называется:

1) изменение во времени значений одного или нескольких микроскопических параметров системы;
2) переход системы из одного равновесного состояния в другое;
3) изменение во времени значений одного или нескольких макроскопических параметров системы;
4) сохранение во времени неизменными численные значения макроскопических параметров системы.

27. Процессы, для протекания которых не требуется оказание на систему внешнего воздействия, называются:

1) круговыми;
2) несамопроизвольными;
3) самопроизвольными;
4) стационарными.

28. Реальные процессы, протекающие в природе и в организме человека, с точки зрения термодинамики могут быть:

1) термодинамически обратимыми и равновесными;
2) самопроизвольными;

3) стационарными;
4) термодинамически необратимыми и неравновесными.

29. Внутренняя энергия системы:

1) является суммой потенциальной и кинетической энергий всех составляющих ее частиц;
2) может быть легко охарактеризована абсолютным численным значением;
3) остается неизменной в ходе совершения термодинамического процесса;
4) является составной частью полной или общей энергии системы.

30. При протекании термодинамических процессов внутренняя энергия системы:

1) всегда остается неизменной;
2) всегда уменьшается;
3) всегда увеличивается;
4) может как уменьшаться, так и увеличиваться.

31. Между внешней средой и термодинамической системой обмен энергией может осуществляться:

1) за счет передачи теплоты;
2) за счет совершения работы;
3) только за счет изменения размеров и объема системы;
4) только за счет неупорядоченного, хаотического движения структурных единиц веществ, входящих в состав системы и внешней среды.

32. Работа расширения, совершающаяся внутренними силами системы против внешних сил:

1) всегда считается положительной;
2) всегда считается отрицательной;
3) может быть как положительной, так и отрицательной;
4) всегда равна нулю.

33. Работа сжатия, совершающаяся внешними силами против внутренних сил системы:

1) всегда считается положительной;
2) всегда считается отрицательной;

3) может быть как положительной, так и отрицательной;

4) всегда равна нулю.

34. При совершении системой работы расширения ее внутренняя энергия:

1) остается неизменной;

2) может как уменьшаться, так и увеличиваться;

3) уменьшается;

4) возрастает.

35. При совершении над системой внешними силами работы сжатия ее внутренняя энергия:

1) остается неизменной;

2) может как уменьшаться, так и увеличиваться;

3) уменьшается;

4) возрастает.

36. Адиабатными системами называются системы, в которых процесс обмена энергией с внешней средой:

1) может осуществляться только в форме теплоты;

2) невозможен;

3) может осуществляться как в форме теплоты, так и за счет совершения работы;

4) может осуществляться только за счет совершения работы.

37. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном объеме, называется:

1) изобарным;

2) адиабатным;

3) изотермическим;

4) изохорным.

38. Термодинамический процесс, протекающий при постоянном давлении, называется:

1) изобарным;

2) адиабатным;

3) изотермическим;
4) изохорным.

39. Согласно первому закону термодинамики:

1) производимая системой работа всегда больше, чем теплота, затраченная на ее производство;
2) производимая системой работа всегда равна теплоте, затраченной на ее производство;
3) производимая системой работа всегда меньше, чем теплота, затраченная на ее производство;
4) возможен двигатель, совершающий сколь угодно долго работу, без подведения энергии извне.

40. В изохорных процессах:

1) объем системы остается неизменным;
2) не совершается работа расширения или сжатия системы;
3) поглощенная или выделенная системой теплота равна изменению ее внутренней энергии;
4) совершается работа расширения или сжатия системы.

41. В изобарных процессах:

1) объем системы изменяется;
2) совершается только работа расширения;
3) совершается работа расширения или сжатия системы;
4) выделившаяся или поглощенная теплота не может быть определена только за счет изменения внутренней энергии системы.

42. Энтальпия по своему численному значению:

1) равна внутренней энергии системы;
2) больше внутренней энергии системы на величину работы расширения, совершенной при изменении объема системы от 0 до V;
3) меньше внутренней энергии системы на величину работы сжатия, совершенную при изменении объема системы от V до 0;
4) может как совпадать с внутренней энергией, так и отличаться от нее в ту или другую сторону.

43. Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянном объеме:

1) всегда равен 0;
2) определяется изменением внутренней энергии системы;
3) определяется изменением энтальпии системы;
4) определяется работой, совершенной внешними силами над системой.

44. Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянном давлении:

1) всегда равен 0;
2) определяется изменением внутренней энергии системы;
3) определяется изменением энтальпии системы;
4) определяется работой, совершенной внешними силами над системой.

45. Энтальпия системы определяется соотношением:

1) $U_2 - U_1 = \Delta U$;
2) $A = p \cdot \Delta V$;
3) $H = U + pV$;
4) $G = H - TS$.

46. Термохимическим является следующее уравнение химической реакции:

1) $2H_{2(г)} + O_{2(г)} = 2H_2O_{(ж)}$;
2) $H_{2(г)} + 1/2O_{2(г)} = H_2O_{(ж)}$;
3) $H_{2(г)} + 1/2O_{2(г)} = H_2O_{(ж)} + 285{,}83$ кДж;
4) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$.

47. Термодинамической формой записи уравнения химической реакции является:

1) $C_{(т)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)}$;
2) $C_{(т)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)}$; $\Delta H_{298K} = -393{,}5$ кДж;
3) $C_{(т)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 393{,}5$ кДж;
4) $C + O_2 = CO_2$.

48. Термохимией называется:

1) раздел физической химии, изучающий влияние температуры на направление протекания химической реакции;
2) раздел физической химии, изучающий влияние температуры на скорость протекания химической реакции;
3) раздел физической химии, изучающий влияние температуры на скорость установления химического равновесия;
4) раздел химической термодинамики, изучающий тепловые эффекты химических реакций.

49. Выражение: «Тепловой эффект химической реакции не зависит от пути ее осуществления, а определяется только начальным и конечным состоянием системы» является формулировкой:

1) первого начала термодинамики;
2) второго начала термодинамики;
3) закона сохранения энергии;
4) закона Гесса.

50. Стандартными условиями в термодинамике являются:

1) t = 0^0C и p = 273 кПа;
2) t = 25^0C и p = 120 кПа;
3) T = 298K и p = 101,325 кПа;
4) t = 25^0C и p = 101325 Па.

51. Согласно следствию из закона Гесса, тепловой эффект химической реакции равен:

1) сумме теплот образования конечных веществ за вычетом суммы теплот образования исходных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов;
2) сумме теплот образования исходных веществ за вычетом суммы теплот образования конечных с учетом их стехиометрических коэффициентов;
3) сумме теплот образования конечных и исходных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов;
4) сумме теплот образования конечных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов.

52. Теплота образования простого вещества:

1) определяется опытным путем;
2) равна тепловому эффекту химической реакции, в ходе которой образуется 1 моль этого вещества;
3) принята равной нулю;
4) может быть рассчитана теоретически.

53. Согласно следствию из закона Гесса, тепловой эффект химической реакции равен:

1) сумме теплот сгорания исходных веществ за вычетом суммы теплот сгорания конечных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов;
2) сумме теплот образования исходных веществ за вычетом суммы теплот образования конечных с учетом их стехиометрических коэффициентов;
3) сумме теплот образования конечных и исходных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов;
4) сумме теплот образования конечных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов.

54. Закон Гесса и следствия из него позволяют:

1) рассчитать тепловой эффект реакции, если известны теплоты образования конечных и исходных веществ;
2) определить механизм химической реакции;
3) рассчитать тепловой эффект процессов, которые практически измерить невозможно;
4) рассчитать теоретически теплоты образования сложных веществ, которые невозможно получить из соответствующих простых веществ.

55. Для экзотермической реакции:

1) $\Delta H_{(\text{химической реакции})} > 0$;
2) $\Delta H_{(\text{химической реакции})} < 0$;
3) $\Delta H_{(\text{химической реакции})} = \Delta U$;
4) $\Delta H_{(\text{химической реакции})} = 0$.

56. Для эндотермической реакции:

1) $\Delta H_{(химической\ реакции)} > 0$;
2) $\Delta H_{(химической\ реакции)} < 0$;
3) $\Delta H_{(химической\ реакции)} = \Delta U$;
4) $\Delta H_{(химической\ реакции)} = 0$.

57. Теплоты сгорания таких неорганических веществ, как H_2O, CO_2, O_2, N_2, F_2:

1) определяют экспериментально;
2) приняты равными нулю;
3) рассчитывают теоретически;
4) определяют косвенным путем.

58. Самопроизвольным процессом является:

1) распространение газа из области низкого давления в область высокого давления;
2) перемещение воды вверх по склону;
3) переход теплоты от более нагретого тела к менее нагретому;
4) распространение газа из области высокого давления в область низкого давления.

59. Энтропия равна нулю для:

1) простых веществ, находящихся при стандартных условиях;
2) чистых веществ, существующих в виде идеального кристалла при T = 0 К;
3) веществ, участвующих в обратимой химической реакции, в момент наступления химического равновесия;
4) любого твердого вещества.

60. Энтропия системы возрастает при:

1) увеличении числа микросостояний, которыми может описываться макросостояние системы;
2) увеличении температуры;
3) протекании в жидкости процесса кристаллизации;
4) плавлении либо сублимации твердого вещества.

61. Согласно уравнению Больцмана, энтропия системы может быть рассчитана следующим образом:

1) $S = PV/RT$;
2) $S = \Delta U + p\Delta V$;
3) $S = k \cdot \lg W$;
4) $S = Q/T$.

62. В системе СИ энтропия измеряется в:

1) кДж/моль;
2) кДж/кг;
3) Дж/моль·К;
4) Дж/моль·кг.

63. В изолированных системах самопроизвольно могут протекать процессы, сопровождающиеся:

1) уменьшением энтропии;
2) увеличением внутренней энергии;
3) уменьшением внутренней энергии;
4) увеличением энтропии.

64. Энтропия (S) является:

1) функцией состояния, т.е. ее изменение для химической реакции не зависит от пути процесса, а определяется только состоянием конечных и исходных веществ;
2) экстенсивным параметром системы;
3) интенсивным параметром системы;
4) мерой «связанной» энергии системы, т.е. той части внутренней энергии, которая способна совершать работу.

65. При самопроизвольных процессах происходит:

1) уменьшение «связанной» энергии системы;
2) увеличение «связанной» энергии системы;
3) уменьшение свободной энергии системы;
4) увеличение свободной энергии системы.

66. При отсутствии энтропийного фактора ($\Delta S=0$) самопроизвольно могут идти процессы, для которых:

1) $\Delta H>0$;
2) $\Delta H<0$;
3) $\Delta H= 0$;
4) любые процессы, независимо от значения ΔH.

67. При отсутствии энтальпийного фактора ($\Delta H=0$) самопроизвольно могут идти процессы, для которых:

1) $\Delta S>0$;
2) $\Delta S<0$;
3) $\Delta S= 0$;
4) любые процессы, независимо от значения ΔS.

68. Процессы, для которых $\Delta H<0$, а $\Delta S>0$ могут самопроизвольно протекать:

1) только в области высоких температур;
2) только в области низких температур;
3) при $T=0$;
4) при любом значении T.

69. Процессы, для которых $\Delta H>0$ и $\Delta S>0$ могут самопроизвольно протекать:

1) только в области высоких температур;
2) только в области низких температур;
3) при $T=0$;
4) при любом значении T.

70. Процессы, для которых $\Delta H<0$ и $\Delta S<0$ могут самопроизвольно протекать:

1) только в области высоких температур;
2) только в области низких температур;
3) при $T=0$;
4) при любом значении T.

71. Согласно второму началу термодинамики, самопроизвольно могут протекать только те процессы, для которых:

1) $\Delta G>0$;
2) $\Delta G=0$;
3) $\Delta G<0$;
4) ΔG может принимать любое значение.

72. Свободная энергия Гиббса определяется соотношением:

1) H - TS;
2) H + TS;
3) U + TS;
4) U - TS.

73. Свободная энергия Гельмгольца определяется соотношением:

1) H - TS;
2) H + TS;
3) U + TS;
4) U - TS.

74. Процессы, для которых $\Delta H>0$, а $\Delta S<0$ не могут самопроизвольно протекать:

1) только в области высоких температур;
2) только в области низких температур;
3) при T=0;
4) при любых значениях T.

75. На основании значения ΔG химической реакции можно сделать вывод о:

1) принципиальной возможности ее самопроизвольного протекания при данных условиях;
2) возможной скорости ее протекания при данных условиях;
3) времени ее протекания;
4) необходимости обязательного присутствия катализатора для осуществления реакции.

76. Изменение энергии Гиббса химической реакции равно:

1) алгебраической сумме ΔG образования продуктов реакции за вычетом алгебраической суммы ΔG образования исходных веществ (без учета стехиометрических коэффициентов);
2) алгебраической сумме ΔG образования продуктов реакции за вычетом алгебраической суммы ΔG образования исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов;
3) алгебраической сумме ΔG образования исходных веществ за вычетом алгебраической суммы ΔG образования продуктов реакции (без учета стехиометрических коэффициентов);
4) алгебраической сумме ΔG образования исходных веществ за вычетом алгебраической суммы ΔG образования продуктов реакции с учетом стехиометрических коэффициентов.

77. Значение ΔG_{298} образования для простого вещества, устойчивого при стандартных условиях:

1) определяют экспериментально;
2) рассчитывают теоретически;
3) принимают равным нулю;
4) определяют косвенным путем на основании практических измерений и теоретических расчетов.

78. Для обратимой по направлению химической реакции ΔG_{298} х.р. можно рассчитать по уравнению:

1) ΔG_{298} х.р. = - $RT\ln K_{равн.}$;
2) ΔG_{298} х.р. = ΔH_{298}х.р. - $T\Delta S_{298}$х.р.;
3) ΔG_{298} х.р. = ΔH_{298}х.р. + $T\Delta S_{298}$х.р.;
4) ΔG_{298} х.р. = $T\Delta S_{298}$х.р.- ΔH_{298}х.р.

79. Для реакции, протекающей в газовой фазе, ΔG образования 1 моля газа при парциальном давлении (р), отличном от 101,325 кПа, можно рассчитать по формуле:

1) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} - RT\ln p$;
2) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} \cdot RT\ln p$;
3) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} + RT\ln p$;

4) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} / RTln\ p$.

80. Для реакции, протекающей в растворе, с концентрацией веществ (с), отличной от 1 моль/дм^3, ΔG образования вещества можно рассчитать по уравнению:

1) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} – RTln\ c$;
2) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} \cdot RTln\ c$;
3) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} + RTln\ c$;
4) $\Delta G_{обр.} = \Delta G_{298} / RTln\ c$.

81. На смещение химического равновесия обратимой реакции может оказать влияние:

1) изменение температуры;
2) изменение давления;
3) изменение концентрации исходных или конечных веществ;
4) добавление катализатора.

82.На смещение равновесия обратимой реакции всегда оказывает влияние:

1) изменение давления;
2) изменение температуры;
3) изменение концентрации исходных веществ;
4) добавление катализатора.

83. Химическое равновесие смещается вправо, когда:

1) скорость прямой реакции становится больше скорости обратной реакции;
2) скорость прямой реакции становится меньше скорости обратной реакции;
3) скорость обратной реакции становится больше скорости прямой реакции;
4) скорость обратной реакции становится меньше скорости прямой реакции.

84. При увеличении давления равновесие реакции $2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2$ сместится:

1) вправо;
2) влево;
3) не сместится.

85. Для смещения химического равновесия обратимой реакции $4HCl_{(газ)} + O_{2\ (газ)} \leftrightarrow 2Cl_{2(газ)} + 2H_2O_{(газ)} + Q$ влево необходимо:

1) уменьшить температуру;
2) уменьшить давление;
3) уменьшить концентрацию исходных веществ;
4) уменьшить концентрацию продуктов реакции.

86. Куда сместится равновесие обратимой реакции $2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2$ при добавлении катализатора?

1) вправо;
2) влево;
3) не сместится.

87. При наступлении химического равновесия:

1) скорости прямой и обратной реакций становятся равными;
2) прямая и обратная реакции прекращаются;
3) концентрации исходных веществ и продуктов реакции становятся равными;
4) концентрации исходных веществ и продуктов реакции остаются неизменными.

88. При понижении давления химическое равновесие обратимой реакции $3H_2 + N_2 \leftrightarrow 2\ NH_3 + Q$ сместится:

1) вправо;
2) влево;
3) не сместится.

89. Для смещения равновесия обратимой реакции $2SO_{2(газ)} + O_{2(газ)} \leftrightarrow 2SO_{3(газ)}$ вправо необходимо:

1) увеличить давление;
2) уменьшить давление;
3) добавить катализатор;

4) уменьшить концентрацию SO_3.

90. Для каких обратимых реакций увеличение давления сместит химическое равновесие вправо?

1) $3H_{2(газ)} + N_{2(газ)} \leftrightarrow 2NH_{3(газ)}$;
2) $H_{2(газ)} + I_{2(газ)} \leftrightarrow 2HI(газ)$;
3) $CaCO_{3(тверд)} \leftrightarrow CaO_{(тверд)} + CO_{2(газ)}$;
4) $2SO_{2(газ)} + O_{2(газ)} \leftrightarrow 2SO_{3(газ)}$.

91. Для смещения влево равновесия обратимой реакции $2SO_{2(газ)} + O_{2(газ)} \leftrightarrow 2SO_{3(газ)} + Q$ необходимо:

1) увеличить концентрацию SO_2;
2) увеличить температуру;
3) уменьшить температуру;
4) уменьшить концентрацию O_2.

92. Для каких реакций уменьшение давления смещает химическое равновесие влево:

1) $2NO_{(газ)} + O_{2\ (газ)} \leftrightarrow 2NO_{2\ (газ)}$;
2) $CaCO_{3\ (тв.)} \leftrightarrow CaO_{(тв.)} + CO_{2\ (газ)}$;
3) $NH_4Cl_{\ (тв.)} \leftrightarrow NH_{3\ (газ)} + HCl_{\ (газ)}$;
4) $3H_{2\ (газ)} + N_{2\ (газ)} \leftrightarrow 2\ NH_{3(газ)}$.

93. В момент наступления химического равновесия при протекании реакции $2A_{(г)} + B_{(г)} \leftrightarrow C_{(г)}$ концентрации веществ были, соответственно, равны: 0,1 моль/дм^3; 0,2 моль/дм^3; 0,8 моль/дм^3. Величина константы равновесия реакции равна:

1) 150;
2) 200;
3) 340;
4) 400.

94. В момент наступления химического равновесия при протекании реакции $2A_{(г)} + B_{(г)} \leftrightarrow 2C_{(г)}$ концентрации веществ были, соответственно,

равны: 0,5 моль/дм^3; 1,5 моль/дм^3; 2,5 моль/дм^3. Исходная концентрация вещества А равна:

1) 2,5 моль/дм^3;
2) 3 моль/дм^3;
3) 4,5 моль/дм^3;
4) 5,5 моль/дм^3.

95. В каком случае и увеличение давления, и понижение температуры смещает химическое равновесие вправо?

1) $2SO_{2(газ)} + +O_{2(газ)} \leftrightarrow 2SO_{3(газ)} + Q$;
2) $3H_{2\ (газ)} + N_{2\ (газ)} \leftrightarrow 2\ NH_{3(газ)} + Q$;
3) $H_{2(газ)} + I_{2(газ)} \leftrightarrow 2HI_{(газ)}$;
4) $N_{2\ (газ)} + O_{2(газ)} \leftrightarrow 2NO_{(газ)}$.

96. В каком случае увеличение давления смещает химическое равновесие вправо, а увеличение температуры – влево?

1) $4HCl_{(газ)} + O_{2\ (газ)} \leftrightarrow 2Cl_{2(газ)} + 2H_2O_{(газ)} + Q$;
2) $CaCO_{3\ (тв.)} \leftrightarrow CaO_{(тв.)} + CO_{2\ (газ)} - Q$;
3) $CO_{(газ)} + Cl_{2(газ)} \leftrightarrow COCl_{2(газ)} + Q$;
4) $N_{2\ (газ)} + O_{2(газ)} \leftrightarrow 2NO_{(газ)} - Q$.

97. При повышении температуры в системе $3H_{2\ (газ)} + N_{2\ (газ)} \leftrightarrow \leftrightarrow 2\ NH_{3(газ)} + Q$, находящейся в состоянии равновесия:

1) скорость прямой реакции увеличится;
2) скорость обратной реакции уменьшится;
3) скорость обратной реакции увеличится;
4) равновесие сместится влево.

98. В течение промежутка времени от начала обратимой реакции до момента наступления химического равновесия:

1) скорость прямой реакции возрастает, а обратной – уменьшается;
2) скорость прямой реакции уменьшается, а обратной – возрастает;
3) концентрации исходных и конечных веществ уменьшаются;
4) концентрации исходных веществ уменьшаются, а конечных продуктов – возрастают.

99. Практический выход продуктов в обратимой реакции определяется:

1) только скоростью протекания прямой реакции;
2) временем от начала ее протекания до наступления равновесия;
3) величиной константы равновесия;
4) только скоростью протекания обратной реакции.

100. Во сколько раз скорость прямой реакции станет меньше скорости обратной реакции при уменьшении давления в равновесной системе: $2A_{(г)} + B_{(г)} \leftrightarrow C_{(г)}$ в 3 раза?

1) 3;
2) 9;
3) 18;
4) 27.

Приложение 2. Таблицы термодинамических функций

Вещество	**$\Delta H°_{f,298}$, кДж/моль**	**$S°_{298}$, Дж/(моль·К)**	**$\Delta G°_{f,298}$, кДж/моль**
AgBr (кр)	-100,42	107,11	-97,02
AgCl (кр)	-126,78	96,23	-109,54
AgI-α	-61,92	115,48	-66,35
$AgNO_3$-α	-124,52	140,92	-33,60
Ag_2O (кр)	-30,54	121,75	-10,90
Ag_2S-α	-31,80	143,51	-39,70
Ag_2SO_4 (кр)	-715,88	200,00	-618,36
$AlBr_3$ (кр)	-513,38	180,25	-490,60
$AlCl_3$ (кр)	-704,17	109,29	-628,58
AlF_3-α	-1510,42	66,48	-1431,15
Al_2O_3 (корунд)	-1675,69	50,92	-1582,27
$Al_2(SO_4)_3$ (кр)	-3441,80	239,20	-3100,87

$AsCl_3$ (ж)	-305,01	216,31	-259,16
$AsCl_3$ (г)	-270,34	328,82	-258,04
As_2O_3 (клаудетит)	-653,37	122,72	-577,03
As_2O_3 (арсенолит)	-656,89	108,32	-576,16
As_2O_5 (кр)	-921,32	105,44	-478,69
BCl_3 (г)	-402,96	290,08	-387,98
BF_3 (г)	-1136,58	254,01	-1119,93
B_2O_3 (кр)	-1270,43	53,84	-1191,29
BaCO3 (кр)	-1210,85	112,13	-1132,77
$BaCl_2$ (кр)	-859,39	123,64	-811,71
$Ba(NO_3)_2$ (кр)	-992,07	213,80	-797,23
BaO (кр)	-553,54	70,29	-525,84
$Ba(OH)_2$ (кр)	-943,49	100,83	-855,42
$BaSO_4$ (кр)	-1458,88	132,21	-1348,43
BeO (кр)	-598,73	14,14	-569,54
$BeSO_4$ (кр)	-1200,81	77,97	-1089,45
Bi_2O_3 (кр)	-570,70	151,46	-490,23
CO (г)	-110,53	197,55	-137,15
CO_2 (г)	-393,51	213,66	-394,37
$COCl_2$ (г)	-219,50	283,64	-205,31
COS (г)	-141,70	231,53	-168,94
CS_2 (ж.)	88,70	151,04	64,41
CS_2 (г)	116,70	237,77	66,55
CaC2-α	-59,83	69,96	-64,85
$CaCO_3$ (кальцит)	-1206,83	91,71	-1128,35

$CaCl_2$ (кр)	-795,92	108,37	-749,34
CaF_2-α	-1220,89	68,45	-1168,46
$CaHPO_4$ (кр)	-1808,56	111,38	-1675,38
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ (кр)	-2397,46	189,45	-2148,60
$Ca(H_2PO_4)_2$ (кр)	-3114,57	189,54	-2811,81
$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ (кр)	-3408,29	259,83	-3057,00
$Ca(NO_3)_2$ (кр)	-938,76	193,30	-743,49
CaO (кр)	-635,09	38,07	-603,46
$Ca(OH)_2$ (кр)	-985,12	83,39	-897,52
CaS (кр)	-476,98	56,61	-471,93
$CaSO_4$ (ангидрит)	-1436,28	106,69	-1323,90
$Ca_3(PO_4)_2$-α	-4120,82	235,98	-3884,9
$CdCl_2$ (кр)	-390,79	115,27	-343,24
CdO (кр)	-258,99	54,81	-229,33
CdS (кр)	-156,90	71,13	-153,16
$CdSO_4$ (кр)	-934,41	123,05	-823,88
ClO_2 (г)	104,60	257,02	122,34
Cl_2O (г)	75,73	266,23	93,40
$CoCl_2$ (кр)	-312,54	109,29	-269,69
$CoSO_4$ (кр)	-867,76	113,39	-760,83
$CrCl_3$ (кр)	-556,47	123,01	-486,37
CrO3 (кр)	-590,36	73,22	-513,44
Cr_2O_3 (кр)	-1140,56	81,17	-1058,97
CsCl (кр)	-442,83	101,18	-414,61
CsI (кр)	-336,81	125,52	-331,77

CsOH (кр)	-406,68	77,82	-354,71
CuCl (кр)	-137,24	87,02	-120,06
$CuCl_2$ (кр)	-205,85	108,07	-161,71
CuO (кр)	-162,00	42,63	-134,26
CuS (кр)	-53,14	66,53	-53,58
$CuSO_4$ (кр)	-770,90	109,20	-661,79
Cu_2O (кр)	-173,18	92,93	-150,56
Cu_2S (кр)	-79,50	120,92	-86,27
D_2O (ж)	-294,60	75,90	-243,47
D_2O (г)	-249,20	198,23	-234,55
$FeCO_3$ (кр)	-738,15	95,40	-665,09
FeO (кр)	-264,85	60,75	-244,30
FeS-α	100,42	60,29	-100,78
FeS-β	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{411}$ 4,39	-	-
$FeSO_4$ (кр)	-927,59	107,53	-819,77
FeS_2 (кр)	-177,40	52,93	-166,05
Fe_2O_3 (кр)	-822,16	87,45	-470,34
Fe_3O_4 (кр)	-1117,13	146,19	-1014,17
Ga_2O_3 (кр)	-1089,10	84,98	-998,24
GeO_2 (гексаг.)	-554,71	55,27	-500,79
GeO_2 (тетраг.)	-580,15	39,71	-521,59
HBr (г)	-36,38	198,58	-53,43
HCN (г)	132,00	201,71	121,58
HCl (г)	-92,31	186,79	-95,30
HD (г)	0,32	143,70	-1,47

HF (г)	-273,30	173,67	-275,41
HI (г)	26,36	206,48	1,58
HNCS (г)	127,61	248,03	112,89
HNO_3 (ж)	-173,30	156,16	-79,90
HNO_3(г)	-133,91	266,78	-73,78
H_2O (кр)	-298,85	(39,33)	-
H_2O (ж)	-285,83	69,95	-273,23
H_2O (г)	-241,81	188,72	-228,61
H_2O_2 (ж)	-187,86	109,60	-120,52
H_2O_2 (г)	-135,88	234,41	-105,74
H_2S (г)	-20,60	205,70	-33,50
H_2SO_4 (ж)	-813,99	156,90	-690,14
H_3PO_4 (кр)	-1279,05	110,50	-1119,20
H_3PO_4 (ж)	-1266,90	200,83	-1134,00
$HgBr_2$ (кр)	-169,45	170,31	-152,22
$HgCl_2$ (кр)	-228,24	140,02	-180,90
HgI_2-α	-105,44	184,05	-103,05
HgO (красн.)	-90,88	70,29	-58,66
HgS (красн.)	-58,99	82,42	-51,42
Hg_2Br_2 (кр)	-207,07	217,70	-181,35
H_2Cl_2 (кр)	-265,06	192,76	-210,81
Hg_2SO_4 (красн.)	-744,65	200,71	-627,51
In_2O_3 (кр)	-925,92	107,95	-831,98
$In_2(SO_4)_3$ (кр)	-2725,50	302,08	-2385,87
$KAl(SO_4)_2$ (кр)	-2465,00	204,50	-2235

KBr (кр)	-393,80	95,94	-380,60
KCl (кр)	-436,68	82,55	-408,93
$KClO_3$ (кр)	-391,20	142,97	-289,80
$KClO_4$ (кр)	-430,12	151,04	-300,58
KI (кр)	-327,90	106,40	-323,18
$KMnO_4$ (кр)	-828,89	171,54	-729,14
KNO_3-α	-492,46	132,88	-392,75
KOH (кр)	-424,72	79,28	-379,22
K_2CO_3 (кр)	-1150,18	155,52	-1064,87
K_2CrO_4 (кр)	-1385,74	200,00	-1277,84
$K_2Cr_2O_7$ (кр)	-2067,27	291,21	-1887,85
K_2SO_4 (кр)	-1433,69	175,56	-1316,04
$LaCl_3$ (кр)	-1070,68	144,35	-997,07
LiCl (кр)	-408,27	59,30	-384,30
$LiNO_3$ (кр)	-482,33	71,13	-374,92
LiOH (кр)	-484,67	42,78	-439,00
Li_2CO_3 (кр)	-1216,00	90,16	-1132,67
$Li2SO_4$ (кр)	-1435,86	114,00	-1321,28
$MgCO_3$ (кр)	-1095,85	65,10	-1012,15
$MgCl_2$ (кр)	-644,80	89,54	-595,30
MgO (кр)	-601,49	27,07	-569,27
$Mg(OH)_2$ (кр)	-924,66	63,18	-833,75
$MgSO_4$ (кр)	-1287,42	91,55	-1173,25
$MgSO_4 \cdot 6H_2O$ (кр)	-3089,50	348,10	-2635,10
$MnCO_3$ (кр)	-881,66	109,54	-811,40

$MnCl_2$ (кр)	-481,16	118,24	-440,41
MnO (кр)	-385,10	61,50	-363,34
MnO_2 (кр)	-521,49	53,14	-466,68
MnS (кр)	-214,35	80,75	-219,36
Mn_2O_3 (кр)	-957,72	110,46	-879,91
Mn_3O_4 (кр)	-1387,60	154,81	-1282,91
NH_3 (ж)	-69,87	-	-
NH_3 (г)	-45,94	192,66	-16,48
$NH_4Al(SO_4)_2$ (кр)	-2353,50	216,31	-2039,80
NH_4Cl-β	-314,22	95,81	-203,22
NH_4NO_3 (кр)	-365,43	151,04	-183,93
$(NH_4)_2SO_4$ (кр)	-1180,31	220,08	-901,53
NO (г)	91,26	210,64	87,58
NOCl (г)	52,59	263,50	66,37
NO_2 (г)	34,19	240,06	52,29
N_2O (г)	82,01	219,83	104,12
N_2O_4 (г)	11,11	304,35	99,68
N_2O_5 (г)	13,30	355,65	117,14
$NaAlO_2$ (кр)	-1133,03	70,29	-1069,20
NaBr (кр)	-361,41	86,82	-349,34
$NaC_2H_3O_2$ (кр)	-710,40	123,10	-608,96
NaCl (кр)	-411,12	72,13	-384,13
NaF (кр)	-573,63	51,30	-543,46
$NaHCO_3$ (кр)	-947,30	102,10	-849,65
NaI (кр)	-287,86	98,32	-284,59

$NaNO_3$-α	-466,70	116,50	-365,97
NaOH-α	-426,35	64,43	-380,29
NaOH (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{595}$ 6,36	-	-
$Na_2B_4O_7$ (кр)	-3276,70	189,50	-3081,80
Na_2CO_3-α	-1130,80	138,80	-1048,20
Na_2CO_3 (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{1127}$ 33,00	-	-
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (кр)	-4077	2172	-3906
NaH_2PO_4 (кр)	-1544,90	127,57	-1394,24
Na_2HPO_4 (кр)	-1754,86	150,60	-1615,25
Na_2O (кр)	-417,98	75,06	-379,26
Na_2O_2-α	-513,21	94,81	-449,81
Na_2S (кр)	-374,47	79,50	-358,13
Na_2SO_3 (кр)	-1089,43	146,02	-1001,21
Na_2SO_4-α	-1387,21	149,62	-1269,50
Na_2SO_4-β	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{522}$ 10,81	-	-
Na_2SO_4-γ	$^{(\beta\rightarrow\gamma)}\Delta H_{920}$ 0,33	-	-
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (кр)	-4324,75	591,87	-3644,09
Na_2SO_4 (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{1157}$ 23,01	-	-
$Na_2S_2O_3$ (кр)	-1117,13	(225)	(-1043)
Na_2SiF_6 (кр)	-2849,72	214,64	-2696,29

Na_2SiO_3 (кр)	-1561,43	113,76	-1467,50
Na_2SiO_3 (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{1361}$ 51,80	-	-
Na_2SiO_4 (стекл.)	-1541,64	-	-
$Na_2Si_2O_5$-α	-2470,07	164,05	-2324,39
$Na_2Si_2O_5$-β	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{951}$ 0,42	-	-
$Na_2Si_2O_5$ (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{1147}$ 35,56	-	-
$Na_2Si_2O_5$ (стекл.)	-2443,04	-	-
Na_3AlF_6-α	-3309,54	283,49	-3158,53
Na_3AlF_6-β	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{834}$ 9,29	-	-
Na_3AlF_6 (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{1279}$ 107,28	-	-
Na_3PO_4 (кр)	-1924,64	224,68	-1811,31
Na_4SiO_4 (кр)	-2106,64	195,81	-1976,07
$NiCl_2$ (кр)	-304,18	98,07	-258,03
NiO-α	-239,74	37,99	-211,60
NiS (кр)	-79,50	52,97	-76,87
$NiSO_4$ (кр)	-873,49	103,85	-763,76
PCl_3 (ж)	-320,91	218,49	-274,08
PCl_3 (г)	-287,02	311,71	-267,98
PCl_5 (кр)	-445,89	170,80	-318,36
PCl_5 (г)	-374,89	364,47	-305,10
P_2O_3 (ж)	(-1097)	(142)	(-1023)
P_2O_5 (кр)	-1507,2	140,3	-1371,7

P_4O_{10} (кр)	-2984,03	228,86	-2697,60
P_4O_{10} (г)	-2894,49	394,55	-2657,46
$PbBr_2$ (кр)	-282,42	161,75	-265,94
$PbCO_3$ (кр)	-699,56	130,96	-625,87
$PbCl_2$ (кр)	-359,82	135,98	-314,56
$PbCl_2$ (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{768}$ 23,85	-	-
$PbCl_2$ (г)	-173,64	315,89	-182,02
PbI_2 (кр)	-175,23	175,35	-173,56
PbO (желт.)	-217,61	68,70	-188,20
PbO (красн.)	-219,28	66,11	-189,10
PbO_2 (кр)	-276,56	71,92	-217,55
Pb_3O_4 (кр)	-723,41	211,29	-606,17
PbS (кр)	-100,42	91,21	-98,77
PbS (г)	122,34	251,33	76,25
$PbSO_4$ (кр)	-920,48	148,57	-813,67
$PtCl_2$ (кр)	-106,69	219,79	-93,35
$PtCl_4$ (кр)	-229,28	267,88	-163,80
$RaCl_2$ (кр)	-887,6	144,4	(-842,9)
$Ra(NO_3)_2$ (кр)	-992,27	217,71	(-795,5)
RaO (кр)	-544	(71)	(-513)
$RaSO_4$ (кр)	-1473,75	142,35	(-1363,2)
SO_2 (г)	-296,90	248,07	-300,21
SO_2Cl_2 (ж)	-394,13	216,31	-321,49
SO_2Cl_2 (г)	-363,17	311,29	-318,85
SO_3 (г)	-395,85	256,69	-371,17

$SbCl_3$ (кр)	-381,16	183,26	-322,45
$SbCl_3$ (г)	-311,96	338,49	-299,54
Sb_2O_3 (кр)	-715,46	132,63	-636,06
Sb_2O_5 (кр)	-1007,51	125,10	-864,74
Sb_4O_6 (кр)	-1417,12	282,00	-1263,10
Sb_2S_3 (черн.)	-157,74	181,59	-156,08
$SiCl_4$ (ж)	-687,85	239,74	-620,75
$SiCl_4$ (г)	-657,52	330,95	-617,62
SiF_4 (г)	-1614,94	282,33	-1572,66
SiH_4 (г)	34,73	204,56	57,18
SiO_2 (кварц-α)	-910,94	41,84	-856,67
SiO_2 (кварц-β)	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{846}$ 0,63	-	-
SiO_2 (тридимит-α)	-909,06	43,51	-855,29
SiO_2 (тридимит-β)	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{390}$ 0,29	-	-
SiO_2(кристобалит-α)	-909,48	42,68	-855,46
SiO_2(кристобалит-β)	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{515}$ 1,30	-	-
SiO_2 (стекл.)	-903,49	46,86	-850,71
$SnCl_2$ (кр)	-330,95	131,80	-288,40
$SnCl_2$ (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{520}$ 14,52	-	-
$SnCl_4$ (ж)	-528,86	258,99	-457,74
$SnCl_4$ (г)	-489,11	364,84	-449,55

SnO (кр)	-285,98	56,48	-256,88
SnO (г)	20,85	232,01	-2,39
SnO_2 (кр)	-580,74	52,30	-519,83
SnS-α	-110,17	76,99	-108,24
SnS-β	$^{(\alpha\rightarrow\beta)}\Delta H_{875}$ 0,67	-	-
SrO (кр)	-592,04	54,39	-562,10
$SrSO_4$ (кр)	-1444,74	117,57	-1332,42
$TeCl_4$ (кр)	-323,84	200,83	-236,00
TeF_6 (г)	-1369,00	335,89	-1273,11
TeO_2 (кр)	-323,42	74,06	-269,61
$Th(OH)_4$ (кр)	-1764,7	134	-1588,6
ThO_2 (кр)	-1226,75	65,23	-1169,15
ThS_4 (кр)	-627,60	96,23	-621,34
$Th(SO4)_2$ (кр)	-2541,36	148,11	-2306,04
$TiCl_4$ (ж)	-804,16	252,40	-737,32
$TiCl_4$ (г)	-763,16	354,80	-726,85
TiO_2 (рутил)	-944,75	50,33	-889,49
TiO_2 (анатаз)	-933,03	49,92	-877,65
TlCl (кр)	-204,18	111,29	-184,98
TlCl (г)	-68,41	256,06	-92,38
Tl_2O (кр)	-167,36	134,31	-138,57
UF_4 (кр)	-1910,37	151,67	-1819,74
UF_4 (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{1309}$ 58,6	-	-
UF_4 (г)	-1591,55	349,36	-1559,87

UF_6 (кр)	-2188,23	227,61	-2059,82
UF_6 (ж)	$^{(плавл)}\Delta H_{337}$ 19,22	-	-
UF_4 (г)	-2138,61	377,98	-2055,03
UO_2 (кр)	-1084,91	77,82	-1031,98
UO_2F_2 (кр)	-1637,20	135,56	-1541,06
$UO_2(NO_3)_2$ (кр)	-1348,99	276,33	-1114,76
U_3O_8 (кр)	-3574,81	282,42	-3369
WO_3 (кр)	-842,91	75,90	-764,11
WS_2 (кр)	-259,41	64,85	-249,98
$ZnCO_3$ (кр)	-812,53	80,33	-730,66
$ZnCl_2$ (кр)	-415,05	111,46	-369,39
$ZnCl_2$ (г)	-256,68	276,56	-269,24
ZnO (кр)	-348,11	43,51	-318,10
ZnS (кр)	-205,18	57,66	-200,44
$ZnSO_4$ (кр)	-981,36	110,54	-870,12
$Zn(OH)_2$ (кр)	-645,43	76,99	-555,92
$ZrCl_4$ (кр)	-979,77	181,42	-889,27
$ZrCl_4$ (г)	-869,31	368,19	-834,50
ZrO_2-α	-1097,46	50,36	-1039,72

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гузей Л.С., Кузнецов В.Н., Гузей А.С. Общая химия. Под редакцией проф. С.Ф. Дунаева //изд-во Московского университета, 1999. – 333 с.**
2. **Смирнова Н.Б. Вычисление тепловых эффектов химических реакций. Вычисление энергий Гиббса и определение направления химических реакций. Учебное пособие. По дисциплине «Химия» // Издание уральской Государственной Горно-геологической академии, Екатеринбург, 1997. -18 с.**
3. **Гельфман М.И., Юстратов В.П, Химия.** Издательство: "Лань. – 2008. 480 с.
4. **Справочник химика. Т.1. Общие сведения. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника. Издательство «Химия» Москва – 1966-Ленинград. 1071 с.**
5. **Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие для вузов.-/** Н.Л. Глинка. – М. КНОРУС, 2011. – 752 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I..Основные положения

Раздел II. Первое начало термодинамики

2.1. Термохимия

2.2. Примеры решения задач

2.3. **Контрольные вопросы и задания**

Раздел III. Второе начало термодинамики.

3.1. Вычисление энергий Гиббса и определение направления химических реакций.

3.2. Примеры решения задач.

3.3. Термодинамическое равновесие

3.4. Примеры решения задач

3.5. Контрольные вопросы и задания

Важные годы в истории термодинамики

Приложения

Приложение 1. Тестовые задания для самостоятельной работы

Приложение 2. Таблицы термодинамических функций

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основы химической термодинамики: Учебное пособие по разделу дисциплины «Химия» для студентов всех специальностей

Авторы: Чупахина Т.И., доцент, кандидат химических наук
Меньшиков С.Ю., доцент, кандидат химических наук

Корректура кафедры химии
Подписано к печати
Формат бумаги 60х84 1/16
Печ. Л. Тираж экз. Заказ №
Цена

Информационно-издательский центр УГГУ,
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебно-методической работе

_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.01 СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Павлов В.В., д-р хим. наук, профессор

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Зав.кафедрой _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

1. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Серые чугуны, их классификация по форме графита и строению металлической основы. Влияние скорости охлаждения и примесей на процесс графитизации. Маркировка различных типов серых чугунов.

2. Модифицированные чугуны. Условия получения высокопрочного и ковкого чугунов. Связь между структурой и механическими свойствами этих чугунов.

3. Сравнительный анализ свойств серых, белых чугунов и углеродистых сталей. Области применения различных типов серых чугунов.

4. Превращения в стали при охлаждении. Диаграмма изотермического превращения переохлаждённого аустенита. Структура и свойства продуктов превращения.

5. Диаграмма изотермического превращения переохлаждённого аустенита. Структура и свойства продуктов превращения, образуемых при различных скоростях охлаждения.

6. Критическая скорость закалки. Мартенситное превращение и его особенности. Структура и свойства мартенсита. Причина его высокой твёрдости.

7. Остаточный аустенит, причины его сохранения при закалке; влияние на свойства изделий. Обработка стали холодом, её назначение и способ осуществления.

8. Зависимость твёрдости закалённой стали от содержания углерода. Дефекты закалённой стали, причины их возникновения и меры предупреждения. Преимущества и недостатки различных видов закалки.

9. Превращения в закалённой стали при отпуске. Изменение структуры и механических свойств стали в результате отпуска. Отличие структур, получаемых в результате отпуска, от аналогичных структур, образующихся при превращении переохлаждённого аустенита.

10. Отпускная хрупкость сталей, её разновидности и способы предотвращения.

11. Отжиг стали, его разновидности. Назначение различных видов отжига и режимы их проведения. Структура и свойства стали после отжига.

12. Термомеханическая обработка стали и её разновидности. Изменение структуры и свойств стали при термомеханической обработке.

13. Прокаливаемость, её влияние на эксплуатационные свойства закалённой стали. Факторы, влияющие на прокаливаемость и критическую скорость закалки.

14. Цели легирования стали. Наиболее распространённые легирующие элементы. Влияние легирующих элементов на превращения переохлаждённого аустенита и прокаливаемость стали , мартенситное превращение и количество остаточного аустенита.

15. Классификация легированных сталей по структуре и назначению. Маркировка легированных сталей. Примеры легированных сталей различных классов и назначений.

16. Конструкционные легированные стали, их классификация, свойства и назначение. Примеры сталей каждого типа. Цементуемые и улучшаемые стали. Режимы термической обработки, структура, механические свойства и области применения этих сталей.

17. Цементация стали, её назначение и способы осуществления. Стали, подвергаемые цементации. Термическая обработка цементованных изделий, их структура и свойства.

18. Азотированные стали, его назначение и способы осуществления. Стали для азотирования. Особенности химико-термической обработки изделий при азотировании. Структура азотированных изделий.

19. Цианирование стали, его назначение, разновидности и способы осуществления. Борирование и диффузное насыщение стали металлами.

20. Строительные (низколегированные) стали; их маркировка, химический состав, свойства, области применения.

21. Рессорно-пружинные стали; их маркировка, химический состав, термическая обработка, структура и механические свойства.

22. Подшипниковые стали; их маркировка, химический состав, термическая обработка, структура и механические свойства.

23. Износостойкие стали перлитного и аустенитного классов, их назначение, маркировка, химический состав, термическая обработка, причина высокой износостойкости.

24. Коррозийно-стойкие (нержавеющие) стали, природа их коррозионной стойкости; их химический состав, классификация и маркировка. Межкристаллитная коррозия нержавеющих сталей, её природа и способы предупреждения.

25. Жаропрочность, её характеристики. Факторы, способствующие повышению жаропрочности. Классификация жаропрочных материалов; примеры сплавов различных классов, их химический состав, маркировка, применения.

26. Жаростойкость, её зависимость от химического состава материала. Принцип легирования жаростойких сплавов. Примеры жаростойких сталей и сплавов, их химический состав, маркировка, применения.

27. Магнитомягкие и магнитотвёрдые стали и сплавы; их назначение, химический состав, структура и свойства, цели и режимы термической обработки.

28. Сплавы с высоким электрическим сопротивлением; их назначение, химический состав и классификация. Структурная особенность этих сплавов. Примеры сплавов каждого класса.

29. Сплавы с особенностями теплового расширения и упругих свойств, их назначение, химический состав, свойства.

30. Классификация инструментальных сталей по назначению. Нетеплостойкие стали для режущего инструмента; их химический состав, маркировка, термическая обработка, структура и механические свойства.

31. Быстрорежущие стали; химический состав, маркировка, природа их красностойкости. Изменение структуры и свойств на различных этапах термической обработки.

32. Твёрдые сплавы, их характерные свойства и назначение. Технология получения, структура и маркировка твёрдых сплавов.

33. Штампованные стали для холодного и горячего деформирования металла; химический состав, маркировка, термическая обработка, структура и механические свойства сталей различных групп.

34. Классификация сплавов на основе меди. Влияние содержания цинка на структуру, механические и технологические свойства латуней. Классификация и маркировка латуней.

35. Классификация бронз. Влияние содержания олова на структуру, механические и технологические свойства оловянных бронз. Маркировка, свойства и применения оловянных и безоловянных бронз.

36. Сплавы для подшипников скольжения, их свойства и структурные особенности. Химический состав, структура и свойства распространенных марок подшипниковых (антифрикционных) сплавов.

37. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой. (маркировка, химический состав, свойства, применения). Основы упрочняющей термической обработки алюминиевых сплавов.

38. Литейные алюминиевые сплавы, их химический состав, маркировка, свойства и применения. Модифицирование и термическая обработка сплавов данной группы.

39. Сплавы на основе титана, их свойства и области применения. Классификация титановых сплавов по структуре; химический состав и характерные свойства сплавов каждой группы.

40. Сплавы на основе магния; классификация и маркировка. Химический состав, технологические и механические свойства сплавов различных классов.

41. Композиционные материалы с металлической матрицей; их классификация, особенности строения и свойств; области применения.

42. Классификация неметаллических материалов. Полимеры; основные понятия, особенности высокомолекулярного строения полимеров.

43. Форма макромолекул. Линейные и сетчатые (замкнутые пространственные) полимеры; связь между их строением и свойствами.

44. Физические состояния полимеров (стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее). Связь между строением (формой макромолекул) и физическим состоянием полимера. Термопластичные и термореактивные полимеры.

45. Механические свойства полимеров. Типичные диаграммы растяжения термопластичных и термореактивных полимеров в стеклообразном состоянии. Природа высокой эластичности. Вынужденная эластичность.

46. Влияние температуры и скорости нагружения на прочность полимеров. Долговечность полимеров, факторы, от которых она зависит. Старение полимеров, пути его сдерживания.

47. Пластмассы; их состав, роль различных компонентов.

48. Классификация пластмасс по типу наполнителя и природы полимерной основы. Термопластичные и термореактивные пластмассы; пресспорошки, волокниты, слоистые пластики. Характерные свойства соответствующих типов пластмасс.

2. Шкалы оценивания (балльно-рейтинговая система)

Виды учебной работы, за которую ставятся баллы:

Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций

Контрольный тест к модулю

Практическая работа

Лабораторная работа

Контрольная работа

Итоговый контрольный тест

Бальная шкала оценки имеет вид (в баллах):

«отлично» 86 – 100

«хорошо» 69 – 85

«удовлетворительно» 51 – 68

«неудовлетворительно» менее 51

5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы

3. Типовой вариант лабораторной работы

Виртуальная лабораторная работа «Структура и свойства серых чугунов»

1. Цель работы Изучение структуры и свойств различных типов серых чугунов.

2. Ч у г у н ы - железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2,14 %С. Выделяют белые и серые чугуны. Данная работа посвящена свойствам серых чугунов.

3. Название серых чугунов и их механические свойства обусловлены наличием большого количества цементита в структуре.

4. По правилу отрезков в эвтектическом белом чугуне (структура - ледебурит) содержится 64% цементита. Цементит придает светлый оттенок излому (отсюда название) этих чугунов, делает их очень твердыми и хрупкими, не способными противостоять растягивающим, изгибающим и особенно ударным нагрузкам. Поэтому их применение очень ограничено. Широкое распространение в машиностроении имеют чугуны, в которых углерод находится преимущественно не в химически связанном состоянии (в виде цементита), а в свободном - в виде включений графита различной формы. Такие чугуны в отличие от белых называются серыми (по темному оттенку излома). Механические свойства серых чугунов зависят от структуры металлической основы (матрицы), формы, размеров и количества графитных включений. Структура металлической основы серых чугунов может быть трех типов: феррит, феррит+перлит, перлит. Понятно, что при прочих равных условиях чугун с перлитной основой более прочен и менее пластичен по сравнению с чугуном на ферритной основе.

5. Структурные особенности графитных включений (прежде всего их форма) зависят от способа получения чугунов и в значительной степени определяют их механические свойства. В связи с этим различают собственно серые (СЧ), высокопрочные (ВЧ) и ковкие (КЧ) чугуны. Для получения серых чугунов должны быть созданы условия, при которых в процессе кристаллизации образовывались бы кристаллы графита, а не

цементита (т.е. не получался бы белый чугун). Образованию графита (графитизации) способствуют два фактора: замедленное охлаждение и повышенное содержание графитообразующих элементов (C+Si). При низких скоростях охлаждения и определенном содержании (C+Si) процесс графитизации завершается полностью - весь углерод в чугуне находится в кристаллах графита (за исключением ≈0,01 %C, содержащегося в феррите). Графит в серых чугунах имеет форму крупных заостренных пластин. Концы таких пластин являются концентраторами напряжений, очагами зарождения трещин в металлической матрице при нагружении. Особенно опасно, когда пластины графита настолько длинны, что образуют сплошную сетку. В связи с этим серые чугуны имеют низкий предел прочности и практически нулевую пластичность. Некоторое улучшение механических свойств может быть достигнуто путем модифицирования - введения в расплав порошкообразных примесей (модификаторов) ферросилиция или силикокальция. В результате пластинки графита измельчаются - повышается прочность, однако 37 пластичность остается низкой (δ≈0,2...0,5 %). Поэтому серые чугуны применяются для литых изделий, работающих в основном на сжатие, либо при относительно небольших нагрузках (станины станков, блоки цилиндров, картеры двигателей, тормозные барабаны и т.п.). Значительного улучшения механических свойств можно добиться, применяя модифицирование магнием или церием. В этом случае включения графита принимают шаровидную форму. Округлые включения в гораздо меньшей степени создают опасную концентрацию напряжений, поэтому существенно повышается прочность и пластичность чугуна. Чугуны с изолированными шаровидными включениями графита называют высокопрочными. Высокопрочные чугуны используют для ответственных отливок в авто- и тракторостроении (коленчатые валы, поршни), тяжелом машиностроении (валки прокатных станов, детали кузнечно-прессового оборудования), химической промышленности (корпуса насосов, вентили). Получение изделий из ковкого чугуна принципиально отличается от технологии производства отливок из серых и высокопрочных чугунов. Сначала изготавливают отливку из белого чугуна, при этом используются его высокие литейные свойства, позволяющие получать плотные отливки сложной формы. Затем эти отливки подвергают длительному “графитизирующему” отжигу. В основе этого метода лежит неустойчивость (метастабильность) цементита. Длительная выдержка белого чугуна при t=950...1000 °C вызывает распад цементита на смесь аустенита и графита хлопьевидной формы. Ускоренное охлаждение от этих температур (режим 1 на рис. 5.2) приводит к превращению аустенита в перлит (ниже линии эвтектоидного превращения), т.е. к получению ковкого чугуна на перлитной основе. Если же охлаждение прервать и длительное время выдержать отливку при t≈720 °C то распадается также цементит, входящий в перлит, на смесь феррита и графита. Так получают ковкий чугун на феррито-перлитной или ферритной основе.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с классификацией, маркировкой и способами получения различных типов серых чугунов. Обратить внимание на принципиальное отличие структур серых и белых чугунов.

2. С помощью микроскопа изучить структуры различных типов чугунов. Отметить особенности структур, изучаемых на нетравленых микрошлифах.

IV. Содержание отчета

1. Принципиальное отличие структуры и свойств серых чугунов от белых.

2. Классификация, маркировка и механические свойства различных типов серых чугунов

3. Краткое описание способов получения серых, высокопрочных и ковких чугунов.

4. Микроструктуры серых, ковких и высокопрочных чугунов с указанием структурных составляющих.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

2. Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

3 Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

4. Производится идентификация личности студента.

5. Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6. Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе

_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.02 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Лабораторная работа

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 %-м 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 AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_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) $=8{,}3\cdot10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата 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», «собрция», «десорбция».

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДИССОЦИАЦИИ СЛАБОЙ КИСЛОТЫ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ РАСТВОРА

1.ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

ЭЛЕКТРОЛИТОМ называется вещество, диссоциирующее при растворении или плавлении на ионы.

Растворы электролитов проводят электрический ток. Способность растворов проводить эл.ток характеризуется электропроводностью.

Изменение электропроводности не составляет особых затруднений и широко используется в инженерной практике кондуктрометрическом тигрировании, определении чистоты воды, расчетах таких важных характеристик электролитов, как степень, константа диссоциации, произведение растворимости труднорастворимого электролита и так далее.

Различают удельную и эквивалентную электропроводимость.

УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТЬЮ называется электропроводимость определенного объема – 1 $см^3$ раствора, заключенного между параллельными электродами площадью 1 $см^2$, находящихся на расстоянии 1 см. Удельная электропроводность обратно пропорциональна удельному сопротивлению.

$$æ = \frac{1}{\rho}$$

где æ - удельная электропроводность, $Ом^{-1}$, $см^{-1}$

ρ – удельное сопротивление, Ом, см

Удельная электропроводность зависит от температуры, природы электролита и его концентрации.

С увеличением температуры удельная электропроводность возрастает. При нагревании на один градус æ увеличивается примерно в 2-2,5 раза вследствие уменьшения гидратации ионов и понижения вязкости раствора.

Перенос электричества в растворах осуществляется ионами. Поэтому удельная электропроводность тем больше , чем больше концентрация и абсолютная скорость движения ионов.

Зависимость удельной электропроводности от концентрации для сильных электролитов имеет, как правило, максимум.

Для слабых электролитов удельная электропроводность возрастает с увеличением концентрации незначительно из-за уменьшения степени диссоциации (т.е. количество ионов в растворе).

В данной работе рассматриваем характеристики, относящиеся к слабым электролитам.

Наличие монотонной зависимости эквивалентной электропроводности (α) от концентрации электролита и возможности простого расчета таких

характеристик, как степень и константа диссоциации, определяют потребность введения эквивалентной электропроводности.

ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ называется электропроводность определенного количества электролита – одного моля эквивалентов электролита, находящегося в растворе, помещенном между двумя параллельными электродами на расстоянии 1 см.

Эквивалентная (α) и удельная (æ) электропроводности находятся в следующем соотношении:

$$\alpha = \frac{æ*1000}{c} \qquad (1.2)$$

или: $\alpha = æ*V*1000$ (1.3)

Где æ - удельная электропроводность ($Ом^{-1}$ $см^{-1}$)
α - эквивалентная электропроводность ($Ом^{-1}$ $см^2$ / моль экв.)
c - концентрация электролита (моль экв / л)
V - разведение – объем, содержащий

$$V=1/C \qquad (1.4)$$

Эквивалентная электропроводность всегда возрастает с увеличением разведения и достигает предельного значения при бесконечно большом разведении. Это предельное значение называется эквивалентной электропроводностью при бесконечном разведении. В концентрированных растворах вокруг иона данного заряда образуются сферы ионов противоположного заряда. При наложении постоянного тока, приводящего к направленному движению ионов, возникают катафорический и релаксационный эффекты, снижающие подвижность ионов. При бесконечном разведении они практически отсутствуют, и тогда действует закон независимого движения ионов Кольрауша, согласно которого эквивалентная электропроводность при бесконечном разведении (λ_∞) равна сумме подвижностей анионов (l_a) и катионов ($l_к$). Закон кольраума выражается уравнением (1,5)

12

$$\lambda_\infty = l_a + l_к \qquad (1.5)$$

Подвижность (или электропроводность) иона определяет количество электричества, которое может перенести данный сорт иона, и может быть рассчитана по формуле(1.6).

$$\ell_a = F*V_a \;; \quad \ell_к = F*V_к \qquad (1.6)$$

Где F -постоянная фарадея, 96496 Кл/моль;
V -абсолютная скорость движения иона.

Абсолютная скорость движения иона есть скорость его передвижения в поле с напряжением I В. $см^{-1}$.

В растворах слабых электролитов количество ионов определяется концентрацией электролита, степенью его диссоциации(α) называется

отношение количества молей, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных в воде молей электролита.

Для слабых электролитов различие в электропроводности при различных разведениях (λ_v) определяется степенью диссоциация электролита (α) по управлению (1.7)

$$\frac{\lambda_v}{\lambda_\infty} = \frac{\alpha_v}{\alpha_\infty} \qquad (1.7)$$

Степень диссоциации слабого электролита увеличивается с разведением и при бесконечно большом разведении (α_∞) равно I. Тогда уравнение может быть записано, как:

$$\alpha_v = \frac{\lambda_v}{\lambda_\infty} \qquad (1.8)$$

Важной характеристикой силы электролита является константа диссоциации, которая может быть рассчитана по закону действия масс.

Для слабого электролита, например, для уксусной кислоты, можно записать равновесный процесс диссоциации:

$$CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$$

Константа данного равновесия имеет вид:

$$K_g = \frac{[CH_3COO^-]*[H^+]}{[CH_3COOH]} \qquad (1.9)$$

Константа диссоциации зависит от температуры и природы растворенного вещества и растворителя, но не зависит от концентрации электролита, однако она может быть выражена через равновесные концентрации молекул и ионов.

Если в растворе содержится С моль/л электролита, α часть каждого моля диссоциирована на ионы,то концентрация каждого из двух ионов, на которые распадается данный электролит составит $\alpha * C^{мольионов/л}$,а концентрация непродиссориированных молекул остается (1-α)*С моль/л.

Тогда выражение для константы диссоциации примет примет вид:

$$K_g = \frac{\alpha * C * \alpha * C}{(1-\alpha)C} = \frac{\alpha^2 * C}{1-\alpha} = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V} \qquad (1.10)$$

Если в уравнении (1.10) подставить уравнение (1.8), то получим возможность рассчитать константу диссоциации по эквивалентной электропроводности.

Уравнения 1.10 и 1.11 выражают закон разведения Оствэльда.

$$К_д = \frac{\lambda^2_v * C}{\lambda^2_\infty (1-\lambda_v/\lambda_\infty)} = \frac{\lambda^2_v * C}{\lambda_\infty (\lambda_\infty - \lambda_v)} \qquad (1.11)$$

2.МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТА

Электропроводность электролита есть величина обратная его сопротивлению.

Сопротивление электролита измеряется компенсационным методом с применением мостика Кольрауша. Мостик Кольрауша (в отличие от мостика Уитсона) заключается в том, что он питается переменным током высокой частоты. Использование переменного тока исключает влияние индукционного и ёмкостного сопротивлений, в этом случае измеряется лишь омическое сопротивление.

Схема для измерения сопротивления электролита

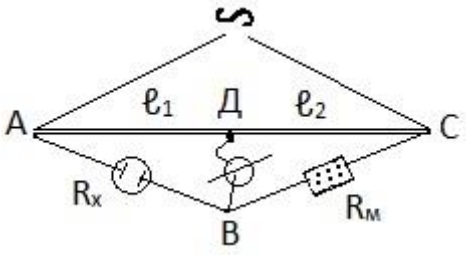


Рис. 2.1

Мост включает реохорд АС с натянутой вдоль линейки проволокой из неокисляющегося на воздухе сплава с малым температурным коэффициентом (нихром, манганин, константан). На линейку подается с помощью генератора звуковых частот переменный ток высокой частоты. Части проволоки ℓ_1=АД; ℓ_2=ДС; являются двумя плечами моста . Два других плеча составляют: магазин сопротивлений, на котором устанавливается определенное сопротивление $R_м$, и ячейка для измерений с залитым в нее электролитом, который имеет сопротивление R_x . К подвижному контакту в точке В присоединяется осциллограф. При изменении подвижный контакт Д ставят в такой точке, чтобы ток в цепи был минимальным, когда две линии на осциллографе сливаются в одну

Тогда мост уравновешен и справедливо выражение:

$$\frac{R_м}{R_x} = \frac{\ell_2}{\ell_1} \qquad (2.2)$$

Из уравнения (2.1) получаем формулу для расчета сопротивления электролита:

$$R_x = R_м \frac{\ell_1}{\ell_2} \qquad (2.3)$$

Электролитическая ячейка для измерения сопротивления представляет собой сосуд с погруженным в него электродом Оствальда, который состоит из двух платиновых пластинок определенного размера, расположенных на расстоянии порядка 1 см друг от друга. Для защиты они находятся под стеклянным колпаком.

Если бы ячейка имела точный объем электролита - 1 $см^3$ при площади электродов по 1 $см^2$ и расстоянием между ними 1 см, то измеренное сопротивление представляло бы удельное сопротивление раствора, а удельная электропроводность могла бы быть рассчитана, как величина, обратная удельному сопротивлению по уравнению

$$æ = \frac{1}{\rho}$$

где æ - удельная электропроводность; ρ - удельное сопротивление .

В действительности же объем ячейки больше 1 $см^3$, электрические поля огибают электроды, и измеряемое сопротивление зависит не только от размеров электрода, но и от их формы, взаимного расположения и объема раствора. Поэтому предварительно определяется постоянная ячейка К.

Постоянную ячейки определяют по электролиту с известной электропроводностью, например, по растворам KCl различной концентрациии.

Так как ток проводит весь электролит, то объем исследуемого электролита и раствора KCl должен быть строго одинаковым.

Практически вначале измеряется сопротивление слабого электролита, а затем сопротивление раствора хлорида калия. Дело в том, что раствор хлорида калия обладает хорошей электропроводностью, и при недостаточно тщательном ополаскивании электрода нескольких капель раствора KCl достаточно для существенного изменения электропроводности слабого электролита.

Для измерения сопротивления цилиндр промывают дистиллированной водой, ополаскивают небольшим количеством исследуемого электролита (по заданию преподавателя), заливают мерной пипеткой 50мл этого электролита с концентрацией 1/16 моль экв/л. Сосуд подключают к измерительной схеме, ставят подвижный контакт на середину линейки и подбирают такое значение R на магазине сопротивлений, чтобы добиться одной линии на осциллографе. Если измерением сопротивлений добиться слияния двух линий не удается, можно немного смещать положение подвижного контакта. Данные измерений вносят в таблицу 2.1.

Определение электропроводности электролита Таблица 2.1

Разведение V=1/C	ℓ_1	ℓ_2	$R_м$	R^v_x	$R^{ср}_x$	æ	λ	α	$К_д$

Затем смещают положение контакта к точке около цифры 40. Вновь подбирают сопротивление, приводящее к компенсации.

Наконец смещают положение подвижного контакта к точке около цифры 60 и вновь компенсируют схему, изменяя сопротивление до слияния линий на осциллографе.

Сопротивление электролита, измеренное при каждом из трех положений контакта (R_x^v) рассчитывают по формуле 2.3, а сопротивление электролита данной концентрации ($R^{ср}_x$), как среднюю величину из трех полученных значений.

Затем увеличивают разведение в два раза. Для этого пипеткой отсасывают 25мл электролита, добавляют точно 25мл дистиллированной воды, перемешивают раствор. Для электролита новой концентрации (получается концентрация 1/32 моль экв) аналогично измеряют сопротивление в трех точках положения подвижного контакта (примерно 50; 40; 60) и данные заносят в таблицу 2.1

Последовательно по заданию преподавателя приводят 6-8 разведений, каждый раз аналогично определяя R_x.

Затем по той же методике определяют сопротивление дистиллированной воды. Данные вносят в таблицу 2.1.

Таблица 2.2

Определение электропроводности воды

ℓ_1	ℓ_2	$R_м$	$R`_x$	$R^{ср}_{H2O}$	$æ_{H2O}$

И, наконец, аналогично измеряют сопротивление 0,1 н раствора KCl при трех положениях подвижного контакта . Данные вносят в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Определение постоянной сосуда по раствору KCl С=0,1 моль экв/л.

ℓ_1	ℓ_2	$R_м$	$R`_{KCl}$	$R^{ср}_{KCl}$	$æ_{KCl}$	Постоянная сосуда $К_{сос}$

По окончании измерений электрод прополаскивают дистиллированной водой и оставляют в чистой дистиллированной воде.

3. *МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ*

3.1. Рассчитайте сопротивление раствора KCl при всех трех положениях движка по формуле 2.2

3.2. Рассчитайте сопротивление раствора $KC\ell$

$$R^{ср}_{кее} = R_{ксу} + R^{з}_{кее} + R^{з}_{кее} \qquad (3.2)$$

3.3. Рассчитайте постоянную сосуда $К_{сос}$

$$K_{сос} = R^{ср}_{кее} * \varphi_{кее} \qquad (3.3)$$

Где $\varphi_{ксу}$ -удельная электропроводность раствора KCl при данной температуре, (см. таблицу 3.1)

3.4. Рассчитайте последовательно для всех изученных Вами растворов кислот константу диссоциации по следующему алгоритму:

3.4.1. Сопротивление раствора $R_ч^m$ при всех положениях подвижного контакта по формуле (3.1)

3.4.2. Сопротивление раствора кислоты данной концентрации по формуле (3.2)

3.4.3. Удельную электропроводность раствора кислоты данной концентрации по формуле:

$$\varphi = \frac{K_{сос}}{R_ч} \qquad (3.4)$$

Где $K_{сосс}$ -постоянная сосуда, рассчитанная Вами по пункту 3.3;

$R_ч$ - сопротивление раствора кислоты данной концентрации, рассчитанное по пункту 3.4.2.

3.4.4. Аналогично по пунктам 3.4.1- 3.4.3 рассчитайте удельную электропроводность воды φ_{H2O}.

Если величина φ_{H2O} соизмерима с величиной φ кислоты, для последующих расчетов величину удельной электропроводности кислоты определите как разность

$$\varphi - \varphi_{H2O}$$

Если же величина φ_{H2O} на 2 и более порядков меньше φ кислоты, то электропроводностью воды можно пренебречь.

Контрольные вопросы:

1. Что такое электропроводность,
2. Типы электропроводности.
3. Удельная и эквивалентная электропроводность.
4. Подвижность ионов.
5. Степень диссоциации.
6. Константа диссоциации.
7. Закон разведения Оствальда.

Лабораторная работа
ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH РАСТВОРА

Электродные процессы – процессы протекающие в гетерогенных системах на границе раздела фаз, обусловленные возникновением электрохимического потенциала.

На практике приходится иметь дело с тремя разновидностями межфазных границ: металл I – металл II; электролит I – электролит II; металл – электролит. Соответственно наличию трех типов границ может наблюдаться три типа скачков потенциалов. Скачки потенциала на границе раздела фаз возникают в результате частичного перехода носителей зарядов (ионов и электродов) из одной фазы в другую и называются электрохимическим потенциалом. В зависимости от природы фаз различают: контактный, межжидкостный (диффузионный), электродный потенциалы.

1. Контактный потенциал возникает на границе соприкосновения двух металлов. Он имеет сравнительно маленькие величины порядка сотых, а иногда и тысячных долей вольта.

2. Межжидкостный (диффузионный) потенциал

При контакте двух жидкостей, разделенных диафрагмой, препятствующей конвекции, но допускающей диффузию, имеет место переход ионов из одного раствора в другой. В результате по обе стороны границы раздела фаз возникают избыточные заряды противоположных знаков, что приводит к возникновению электрохимического потенциала. Если растворители в жидкостях различные, потенциал называется межжидкостным. Если растворитель один и тот же, например, вода, то потенциал, возникающий на границе раздела растворов двух

элкектролитов, называется диффузионным электрохимическим потенциалом.

При электрохимических изменениях диффузионный потенциал элимируют (снижают), используя солевые мостики (электролитические ключи), наполненные насыщенными растворами электролитов с одинаковыми (или очень близкими) подвижностями ионов. Чаще всего это раствор хлорида калия. Использование солевых мостиков снижает потенциал до практически незначительных величин порядка тысячных долей вольте.

3. Электродный потенциал

Скачок потенциала на границе электрод-электролит называется электродным потенциалом. Именно электродный потенциал обуславливает протекание большинства электрохимических процессов. Поэтому механизм возникновения электродного потенциала вызывает наибольший интерес и привлекает внимание многих электрохимиков.

3.1. Возникновение электродного потенциала

Представления о механизме возникновения скачка потенциала на границе электрод-электролит разрабатывались применительно к границе раздела металл – раствор соли этого металла.

Первая теория электродного потенциала была предложена в 1889 году Нернстом. В дальнейшем теория исследовалась рядом ученых мира. Большой вклад принадлежит советским ученым А.Н.Фрумкину и Н.А.Изгарышеву.

Рассмотрим основные положения теории возникновения электродного потенциала.

Согласно современным представлениям металлы имеют кристаллическое соединение, в узлах кристаллических решеток расположены ион-атомы, находящиеся в равновесии со свободными электронами:

$$Me * ne \leftrightarrow Me^{+A} + n\bar{e}$$

При погружении металла в раствор начинается сложное взаимодействие с компонентами раствора. Наиболее важное – взаимодействие ион-атомов

поверхности металла с полярными молекулами воды, ориентированными у поверхности металла. Часть ионов металла в гидратированном (в случае водных растворов) состояния переходит в раствор, а часть из них, дегидрируясь, вновь входит в кристаллическую решетку металла. В начальный момент соприкосновения результативное направление этой реакции определяется соотношением химических потенциалов ионов металла в растворе и твердой фазе: чаще потенциал ионов в металле больше, чем в растворе. Тогда в первый момент идет преимущественный переход ионов металла в раствор, на поверхности металла остаются некомпенсированные ионами электроны:

$$Me * n\bar{e} + mH_2O \leftrightarrow Me^{+n} * mH_2O + n\bar{e} \quad (1)$$

В результате на поверхности металла возникает избыток отрицательного, а в растворе – избыток положительного заряда. Противоположные заряды сильно притягиваются и поэтому располагаются в двух параллельных слоях на расстоянии примерно среднего радиуса гидратированного иона – подобно их расположению в плоском конденсаторе молекулярных размеров. Такая простая модель двойного слоя реально наблюдается в концентрированных растворах и в случае высоких плотностей заряда поверхности. Она впервые была предложена Гельмгольцем.

Вследствии теплового движения равномерное распределение избыточных зарядов в двойном слое нарушается, часть зарядов распределяется в растворе диффузно. Таким образом, двойной электрический слой состоит из двух частей – плотной части, называемой слоем Гельмгольца, и диффузионной части, называемой слоем Гуи (см.рис.1)

Схема двойного ионного слоя

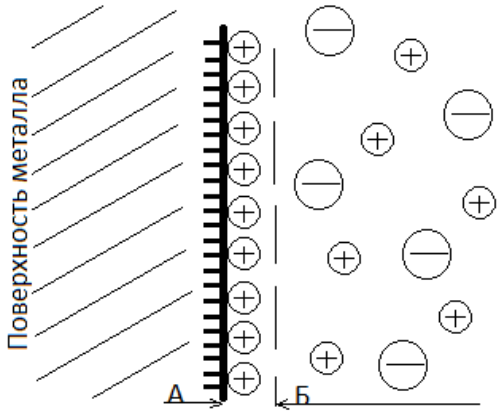


Рис.1

А – слой Гельмгольца
Б – слой Гуи

Двойной электрический слой является причиной возникновения разности потенциалов на границе электрод – электролит.

Разность потенциалов между электродом и раствором, возникшая за счет образования двойного электрического слоя, называется электродным потенциалом.

В результате протекания реакции I на поверхности металла образуется избыток отрицательного, а в растворе – положительного зарядов, препятствуя преимущественному переходу в раствор положительно заряженных ионов металла, ускоряя обратный процесс их кристаллизации.

При некотором значении электродного потенциала химические потенциалы ионов в металле и растворе становятся равны, устанавливается динамическое равновесие, при котором скорость реакции перехода в раствор гидратированных ионов ионов равна скорости возвращения их в узлы кристаллической решетки.

Скорость процесса при равновесии, выраженная через силу тока, приходящегося на единицу площади электрода, называется плотностью токообмена (i_o).

Значение электродного потенциала определяется рядом энергетических характеристик: энергией металлической связи, т.е. взаимодействия

положительно заряженных ионов и электронного газа; валентных электронов, движущихся в пространстве между ионами и удерживающих ионы в решетке; энергией гидратации (сольватации), т.е. силой связи ионов с полярными молекулами воды (растворителя).

В чистом растворителе или растворе чужеродных ионов, положительно заряженные ионы погруженного металла появляются в незначительном количестве. Равновесное состояние, к которому стремится любая система, устанавливается чрезвычайно медленно.

Потенциал, возникающий на поверхности электрода в любом растворе называется стационарным электродным потенциалом.

Электродный потенциал на поверхности электрода, погруженного в раствор одноименных ионов, где сравнительно быстро устанавливается равновесие, определяемое реакцией типа (3.1.1) называется равновесным потенциалом.

Реакция, за счет которой на электроде возникает электродный потенциал, называется потенциалопределяющей реакцией, а ионы, участвующие в потенциалопределяющей реакции – потенциалопределяющими ионами.

Электродный потенциал является мерой окислительных и восстановительных свойств в растворах.

Чем меньше величина электронного потенциала, тем больше восстановительная способность металла, тем меньше окислительные свойства его ионов.

3.2. Измерение электродных потенциалов.

Стандартный водородный электрод

Чтобы измерить разность потенциалов между двумя точками, мы присоединяем клеммы прибора к этим точкам. Для измерения электродного потенциала мы должны были бы одну клемму прибора присоединить к металлу, а другую – погрузить в электролит. Но клеммы приборов всегда из

металлов. Следовательно, при погружении ее в раствор на поверхности клеммы возникает электродный потенциал, величина которого будет определяться как природой металла клеммы, так и составом раствора. Таким образом, мы всегда будем измерять разность потенциалов изучаемого электрода и клеммы, а не абсолютную величину потенциала.

Как правило, нас интересует сравнительные окислительно-восстановительные свойства. Для практических целей Нернст предложил все электродные потенциалы измерять относительно стандартного электрода, потенциал которого условно принять равным нулю.

В настоящее время все электродные потенциалы рассчитывают относительно стандартного водородного электрода, т.е. по водородной шкале.

Если заряд электрода относительно раствора более положителен, чем потенциал стандартного водородного электрода, ему приписывается знак (+); если же заряд металла относительно раствора более отрицателен, чем потенциал стандартного водородного электрода, ему приписывается знак (-).

Стандартный водородный электрод представляет собой сосуд, заполненный раствором H_2SO_4 с активностью ионов водорода один моль ионов на 1000г. воды. В раствор погружен (не полностью) платиновый платинированный электрод. Платинированием добиваются чрезвычайно большой поверхности платины, способной адсорбировать (удерживать в избыточном количестве) но своей поверхности газообразный водород. Через сосуд постоянного пропускается газообразный очищенный водород под давлением в I атмосферу. На электроде устанавливается следующее равновесие:

$$2H_3O^+ + 2\bar{e} \leftrightarrow H_2 + 2H_2O$$

Или, если не учитывать гидратную оболочку:

$$2H^+ + 2\bar{e} \leftrightarrow H_2$$

На поверхности такого стандартного водородного электрода так же устанавливается определенный электродный потенциал, величина которого не известна.

Таким образом, при измерении электродных потенциалов им определяем не абсолютное значение скачка потенциала на границе металл-раствор, который обозначается φ, а разность электродных потенциалов исследуемого электрода и стандартного водородного электрода.

Комбинация из двух электродов, имеющих контакт через электролит, называется гальваническим элементом. Это могут быть два электрода, погруженные в один и тот же электролит, либо каждый электрод погруженный в свой электролит. Для элиментирования диффузного (межжидкостного) потенциала электролиты соединены солевым мостиком.

Международным комитетом по электрохимической термодинамике и кинетике предложено следующие обозначение гальванических элементов:

1. $H_2 \mid \mid Mex_n \mid$

$a_{H^+} = 1$

2. $M_1 \mid M_1X_m \mid\mid M_2X_n \mid M_2 \mid M_1$

3. $M_1 \mid M_1X_m \mid\mid M_2X_n \mid M_2$

Элементы 1 и 2 – правильно разомкнутые. У правильно разомкнутого элемента концы состоят из одного и того же металла (это могут быть провода, ведущие к прибору).

Элемент 3 – неправильно разомкнутый.

Вертикальная черта означает границу между металлом и раствором.

Две вертикальные пунктирные черты означают солевой мостик с электролитом, элиминирующим диффузионный потенциал (как правило – насыщенный раствор хлорида калия).

Слева в гальваническом элементе записывается электрод, имеющий более электроотрицательный потенциал.

Таким образом, измеряется разность потенциалов, которая называется ЭДС (электродвижущая сила) гальванического элемента и обозначается Е.

3.3. Равновесный (обратимый) электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный электродный потенциал.

Измерение электродных потенциалов связано с рядом трудностей, например, элиминирование диффузного потенциала, измерение контактного потенциала. С другой стороны, знание электродного потенциала позволило бы рассчитывать многие другие важные характеристики растворов – такие, как pH раствора, активности растворов, произведение растворимости трудно растворимых веществ и т.д. Таким образом, расчет величины электродного потенциала представляет существенный интерес.

Потенциалопределяющая реакция характеризующая энергией Гиббса $\Delta G!$, которая будет определяться с одной стороны, как разность химических потенциалов реакции $\Delta\mu_{\text{р}-\text{ции}}$, а с другой – как электрическая работа (-nFE).

$$\Delta G = \Delta\mu_{\text{р}-\text{ции}} = \mu_{\text{прод}} - \mu_{\text{исх.в}-\text{в}} \quad (3.3.1)$$

$$\Delta G = -nFE \quad (3.3.2)$$

Где $\mu_{\text{прод}}$ – химический потенциал продуктов реакции

$\mu_{\text{исх.в}-\text{в}}$ – химический потенциал исходных веществ

n - количество электронов, принимающих участие в потенциалопределяющей реакции

F - константа Фарадея = 96494 Кл

E - электродный потенциал, В

Для реакции

$$\mu_{\text{исх.в}-\text{в}} = \mu^{\text{o}}_{\text{исх.в}-\text{в}} + RTlna_{Me^{+n}} \quad (3.3.3)$$

$$\mu_{\text{прод}} = \mu^{\text{o}}_{\text{прод}} + RTlna_{Me} \quad (3.3.4)$$

где $\mu^{o}_{прод}$, $\mu^{o}_{исх.}$ - стандартные химические потенциалы металла и его ионов в растворе

a - активности металла и его ионов в растворе (моль ионов/1000г)

Подставляя уравнения (3.3.3) и (3.3.4) в уравнение (3.3.1) и приравнивая правые части уравнений (3.3.1) и (3.3.2) получаем:

$$nFE = \mu^{o}_{прод} + RTlna_{Me} - \mu^{o}_{исх.в-в} - RTlna_{Me^{+n}}$$

$$nFE = \mu^{o}_{прод} - \mu^{o}_{исх.в-в} + RT(lna_{Me} - lna_{Me^{+n}})$$

Умножим обе части уравнения на (- I) и разделив на получим:

$$E = \frac{-\mu^{o}_{прод} + \mu^{o}_{исх.в-в}}{nF} + \frac{RT}{nF} * ln\frac{a_{Me^{+n}}}{a_{Me}}$$

Обозначим $\frac{-\mu^{o}_{прод}+\mu^{o}_{исх.в-в}}{nF} = E^{o}$

Для электродов из чистого металла a_{Me}=I

Получаем уравнение:

$$E^{p} = E^{o} + \frac{RT}{nF} * lna_{Me^{+n}}$$

Уравнение типа (3.3.5) получило название уравнения Нернста. Уравнение Нернста показывает зависимость равновесного электродного потенциала от природы электрода, активности потенциалопределяющих ионов, температуры.

В общем случае уравнение Нернста имеет следующий вид:

$$E^{p}_{о.ф./в.ф.} = E^{o}_{о.ф./в.ф.} + \frac{RT}{nF} * ln\frac{a_{о.ф.}}{a_{в.ф.}} \qquad (3.3.6)$$

где о.ф. – окисленная форма

в.ф. – восстановленная форма

R – газовая постоянная 8,316 Дж/моль.град.

F – постоянная Фарадея 96494 Кл

T – температура, К

n – число электронов, принимающих участие в потенциалопределяющей реакции

a – активности потенциалопределяющих ионов

$$a = \lambda * m, \text{ где}$$

λ - коэффициент активности

m – молярная концентрация

В разбавленных растворах электролитов $\lambda \to$ I, тогда уравнение Нернста примет вид:

$$E^p = E^o + \frac{RT}{nF} * lnm_{Me^{+n}} \quad (3.3.8)$$

Обозначим $\frac{RT}{nF} * 2{,}303 = Fn$ - фактор Нернста где

2,303 – коэффициент перерасчета ln в lg.

Для водных растворов фактор Нернста приводится в справочной литературе: $F_{N_{298K}} = 0{,}059$; $F_{N_{293K}} = 0{,}058$; $F_{N_{288K}} = 0{,}057$.

E^0 - стандартный электродный потенциал.

Стандартный электродный потенциал – потенциал электрода, погруженного в раствор собственных ионов при активности из 1 моль ионов/1000 г., измеренный относительно стандартного водородного электрода при элиминировании диффузионного потенциала.

Ряд напряжений

Элементы, выписанные в ряд по мере возрастания стандартных электродных потенциалов, составляют ряд напряжений или ряд активности.

Ряд напряжений записывают в виде вертикального, а иногда горизонтального ряда, но всегда вверху или слева записывают наиболее электроотрицательные металлы (см. табл. 1).

В ряд напряжений элементы внесены по мере изменения их окислительно-восстановительных свойств:

Чем выше (левее) стоит элемент в ряду напряжений; тем больше его восстановительные свойства.

Чем ниже (правее) стоит элемент в ряду напряжений, тем больше окислительные свойства.

Классификация электродов

Электроды I и II рода. Газовые электроды, электроды сравнения.

По природу потенциалопределяющего иона различают электроды I и II рода.

Электроды I рода – электроды, потенциал которых определяется активностью катионов. Электроды I рода называются обратимыми относительно катионов. К электродам I рода относится и водородный электрод, обратимый относительно катиона H^+. Уравнение Нернста для электродов I рода выражается уравнениями (3.3.5) и (3.3.8).

Для водородного электрода уравнение Нернста имеет вид:

$$E^p_{2H^+/H_2} = E^o_{2H^+/H_2} + \frac{RT}{nF} * ln\frac{a_{H^+}}{P_{H_2}} \quad (5.1)$$

Учитывая, что $E^p_{2H^+/H_2} = 0$; n=2; $F_N = 0{,}059$;

$lga_{H^+} = -pH;$ имеем при 298 К

$$E^p_{2H^+/H_2} = -0{,}0295\ P_{H_2} \quad (5.2)$$

Для определения pH раствора пользуются хингидронным электродом; это – платиновый электрод, погруженный в раствор, в который добавлен трудно растворимый темно-зеленый порошок хингидрона (хг).

Хингидрон представляет собой смесь эквимолекулярных количеств хинона $C_6H_4O_2$ (Х) и гидрохинона $C_6H_4(OH)_2$(гх). В насыщенном растворе хингидрона на платиновом электроде устанавливается равновесие:

$$C_6H_4O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} \leftrightarrow C_6H_4(OH)_2 \quad (5.3)$$

Таким образом, потенциал инертного (платинового) электрода в насыщенном растворе хингидрона обратим относительно катиона II^+.

$$E^p_{x-r} = E^o_{x-r} + \frac{RT}{nF} * ln[H^+]^2 \quad (5.4)$$

$$\frac{R}{F} * 2{,}303 = 0{,}0002;\ E^o_{x-r} = 0{,}699;\ -lg[H^+] = pH$$

$$E^p_{x-r} = 0{,}699 - 0{,}0002T * pH$$

Электроды второго рода – электроды, потенциал которых определяется активностью аниона. Они называются обратимыми по аниону. В свою очередь, различают два типа электродов II рода:

газовые электроды;

электроды, покрытые трудно растворимой солью металла, погруженные в раствор хорошо растворимой соли с одноименным анионом с трудно растворимой солью.

Газовые электроды:

Хлорный электрод $Pt, Cl_2 \mid HCl$

Кислородный электрод $Pt, O_2 \mid KOH$

Бромный электрод $Pt, Br_2 \mid HBr$

Рассмотрим уравнение Нернста для газовых электродов на примере кислородного электрода, для которого потенциалопределяющая реакция имеет вид:

$$O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} \leftrightarrow 4OH^- \quad (5.5)$$

Уравнение Нернста может быть записано так:

$$E^p_{O_2/OH^-} = E^o_{O_2/OH^-} + \frac{RT}{nF} * ln\frac{Po_2 a^2_{H_2O}}{a^4_{OH^-}} \quad (5.6)$$

$$E^p_{O_2/OH^-} = E^o_{O_2/OH^-} + \frac{RT}{nF} * lnP_{O_2} + \frac{RT}{nF} * lna^2_{H_2O} - \frac{RT}{nF} * lna_{OH^-}$$

При Т=293 К $-lga_{OH^-} = pOH$

$$E^p_{O_2/OH^-} = E^o_{O_2/OH^-} + 0{,}0295 * lga_{H_2O} + 0{,}059pOH + 0{,}0147 * lgP_{O_2};$$

pOH=14-pH

$$E^p_{O_2/OH^-} = E^o_{O_2/OH^-} - 0{,}059pH + 0{,}0147 * lgP_{O_2} \quad (5.7)$$

Второй тип электродов II рода рассмотрим на примере хлор-серебрянного электрода (х-с), который устроен следующим образом:

Серебряный электрод покрывается труднорастворимой солью *AgCl* и погружается в раствор *KCl*. Равновесный потенциал такого электрода описываются уравнением:

$$E^p_{Ag^+/Ag} = E^o + \frac{RT}{nF} * lna_{Ag^+} \quad (5.8)$$

В насыщенном растворе *AgCl* имеет:

$$\text{ПР}_{AgCl} = a_{Ag^+} * a_{Cl^-} \quad (5.9)$$

Подставим a_{Ag^+} из уравнения (5.9) в уравнение (5.8) и при 298 К получим:

$$E^p_{x-c} = E^p_{Ag^+/Ag} = \overbrace{E^o_{Ag^+/Ag} + 0{,}059 * lg\text{ПР}_{AgCl}}^{E^o_{x-c}} - 0{,}059 * lga_{Cl^-}$$

где ПР_{AgCl^-} - произведение растворимости *AgCl* при данной температуре – величина постоянная.

Таким образом, потенциал хлор-серебряного электрода оказывается обратимым относительно анионов хлора и определяется их активностью:

$$E^p_{x-c} = E^o_{x-c} - 0{,}059 * lga_{Cl^-} \quad (5.10)$$

Окислительно-восстановительные (redoxi-) электроды – система из инертного металла (как правило *Pt*) и раствора, содержащего вещество в двух валентных соединениях, например:

$$Pt \;\Big|\; FeCl_2, FeCl_3$$

Потенциалопределяющая реакция: $Fe^{2+} - \bar{e} \leftrightarrow Fe^{3+}$

Потенциал окислительно-восстановительного электрода определяется уравнением:

$$E^p_{O-B} = E^o_{O-B} + \frac{RT}{nF} * ln\frac{a_{\text{о.ф.}}}{a_{\text{в.ф.}}} \quad (5.11)$$

или для приведенного выше электрода: при $\text{Т} = 298^{\text{o}}\text{К}$

$$E^p_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = E^o_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + 0{,}059 * lg\frac{a_{Fe^{3+}}}{a_{Fe^{2+}}} \quad (5.12)$$

n=I – (разность валентностей окисленной и восстановленной форм).

Экспериментальная часть

Целью работы является измерение ЭДС гальванических элементов, определение равновесного электродного потенциала, определение pH контрольного раствора.

Для проведения работы необходимо приготовить гальванические элементы.

В выданные вам стаканчики залейте по 10 мл раствора,

1) В один стаканчик $CuSO_4$

2) Во второй KCl

3) В третий $ZnSO_4$

Заполните электролитические ключи насыщенным раствором *KCl* и заткните оба конца пробками из плотно скатанных вами полосок фильтрованной бумаги, смоченной раствором *KCl*.

Переверните ключи пробками вниз. Если в них нет воздушных пузырьков, соедините ими стаканчики с растворами.

В центральный стаканчик с насыщенным раствором *KCl* погрузите хлор-серебряный электрод.

6.1 Измерьте ЭДС гальванического элемента, составленного хлор-серебрянным и медным электродами.

(-) Ag | AgCl, KCl || $CuSO_4$ | Cu (+)

1) зачистите медный электрод тонкой шкуркой, протрите фильтроватьной бумагой и погрузите его в раствор $CuSO_4$ концентрации C_1;

2) подключите медный электрод к клемме (+), а хлор-серебряный к клемме (-);

3) измеряйте ЭДС на приборе (см.рис.2), исполняя последовательно следующие операции:

1. Установите переключатель гальванометра в положение I.

2. Нажмите на клавишу «измерение».

3. С помощью курбелей для измерения ЭДС установите такую величину, чтобы стрелка гальванометра встала на нуль.

4. Переведите переключатель на цифру 2.

5. С помощью этих же курбелей установите стрелку гальвонометра вновь в нулевое положение.

6. Переведите переключатель в положение 3.

7. С помощью второго и третьего курбелей верните стрелку в нулевое положение.

8. Полученную величину ЭДС запишите в отчет.

4) Вычислите измеренную величину равновесного потенциала медного электрода по формуле:

$E^{p}_{Cu^{2+}/Cu} = E^{p}_{x-c} + E$, где

E^{p}_{x-c} - равновесный потенциал хлор-серебряного электрода сравнения = 0,222В.

Е – измеренная вами величина ЭДС (по пункту 8).

5) Рассчитайте по формулам Нернста равновесный потенциал медного электрода в растворе $CuSO_4$, взятой вами концентрации C_I.

$E^{p}_{Cu^{2+}/Cu} = E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} + \frac{RT}{nF} * ln[Cu^{2+}]$, где

$E^{o}_{Cu^{2+}/Cu}$ - стандартный потенциал, равный +0,34 В

$2{,}303 * \frac{RT}{F} = 0{,}059$ при 298°К

$2{,}303 * \frac{RT}{F} = 0{,}058$ при 293°К

n = 2; $[Cu^{2+}] = [CuSO_4] = C_I$

$$E^{p}_{Cu^{2+}/Cu} = 0{,}34 + \frac{0{,}059}{2} * lg[CuSO_4]$$

6) сравните полученные результаты. Если разница между измеренным и рассчитанным потенциалами больше 0,05 В, повторите измерения.

6.2 Измерьте ЭДС гальванического элемента, составленного цинковым и хлор-серебряным электродами

(-) Zn | $ZnSO_4$ || KCl_I AgCl | Ag (+)

Или свинцом и хлор-серебряным электродами:

(-) Pb | $Pb(NO_3)_2$ || KCl_I AgCl | Ag (+)

1) подключите цинковый или свинцовый электрод к клемме (-), а

хлор-серебряный к клемме (+) около индекса «х»,

2) измерьте ЭДС на приборе, повторяя операции 1-8, как при предыдущих изменениях,

3) вычислите измеренную величину потенциала цинкового (свинцового) электрода:

$$E^{p}_{zn^2/zn} = E^{p}_{x-c} - E \text{ или } E^{p}_{Pb^{2+}/Pb} = E^{p}_{x-c} - E, \text{ где}$$

$$E^{p}_{x-c} = 0{,}222B$$

Е – измеренная вами величина ЭДС (по пункту 8)

4) рассчитайте по формулам Нернста равновесный потенциал цинкового или свинцового электрода в растворе взятой вами концентрации:

$$E^{p}_{Zn^{2+}/Zn} = E^{o}_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{0{,}059}{2} * lg[ZnSO_4] * (C_2)$$

или

$$E^{p}_{Pb^{2+}/Pb} = E^{o}_{Pb^{2+}/Pb} + \frac{0{,}059}{2} * lg[Pb(NO_3)_2] * (C_3)$$

5) сравните полученные вами величины потенциалов с рассчитанным по формуле Нернста. Если разница больше 0,05 В, повторите измерения.

6.3 Измерьте ЭДС гальванического элемента, образованного медным и цинковым (свинцовым) электродами, погруженными в растворы своих солей:
1) медный электрод тщательно зачистите шкуркой, опустите в раствор $CuSO_4$, подключите к клемме (+), а цинковый (свинцовый) опустите в раствор $ZnSO_4$; $(Pb(NO_3)_2)$и подключите к клемме (-);
Повторите порядок измерения ЭДС по пунктам 1-8.
2) рассчитайте ЭДС между медным и цинковым (свинцовым) электродами по разнице величин равновесных потенциалов, рассчитанных вами ранее по формуле Нернста.

6.4 Определите pH контрольного раствора, выданного вам преподавателем или лаборантом. Для этого в контрольный раствор опустите электрод из платиновой проволоки, соедините его с насыщенным

раствором KCl, в который погружен хлор-серебряный электрод, электролитическим ключом.

Вы составили гальванический элемент

(-)	AgCl,	контр. раствор хингидрон	Pt

Подключите хлор-серебряный электрод к (-), а платиновый (хингидронный) электрод к (+).

Измерьте ЭДС составленного вами гальванического элемента, выполнив пункты 1-8.

Вычислите pH контрольного раствора:

$$E = E^{p}_{хг} - E^{p}_{х-с}; \qquad E^{p}_{х-с} = 0{,}222$$

$$E^{p}_{х-г} = 0{,}699 - 0{,}0002 * T * pH$$

$$pH = \frac{0{,}699 - 0{,}222 - E}{0{,}0002 * T}$$

Проверьте у преподавателя, правильно ли вы определили pH контрольного раствора.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В.В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

форма обучения: очная

год набора: 2025

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

А. М. Амдур

ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Поверхностное натяжение и адсорбция в растворах

Екатеринбург 2022

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022

Рецензент: А.В.Колтунов, доцент кафедры ОПИ Уральского государственного горного университета

Цель данного пособия - подготовить студентов к выполнению лабораторного практикума, помочь усвоении материала в курсе лекций.

В методической разработке рассмотрена схема возникновения поверхностного натяжения, методика его экспериментального определения методом максимального давления в газовом пузырьке, способ расчёта адсорбции в растворах.

Составили: проф. А. М. Амдур, д.т.н.

С Уральский государственный горный университет, 2022

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Для гетерогенных реакций, протекающих на межфазных границах, важное значение имеет поверхностные свойства веществ—адсорбция, поверхностное и межфазное натяжение. Их роль, в частности, велика для технологических процессов с участием тонко измельчённых руд и концентратов, флотации, а также пропитки жидкостями минералов и почв. Их общей особенностью является большая поверхность взаимодействующих фаз.

Рассмотрим схему возникновения поверхностного натяжения на примере границы чистая жидкость – газ (вакуум), рис. 1. Для молекулы, находящейся в объёме, за время, большее по сравнению с периодом собственных колебаний, силы, действующие со стороны других молекул, одинаковы. Если же молекула находится в поверхностном слое, то ее силовое поле асимметрично: со стороны объема она окружена такими же молекулами, со стороны газа или вакуума силы, действующие на нее, будут меньше. Появляется равнодействующая, стремящаяся втянуть молекулы поверхностного слоя в объём, что вызывает самопроизвольное сокращение поверхности. Толщина поверхностного слоя – несколько диаметров молекул, что соответствует нанометрам.

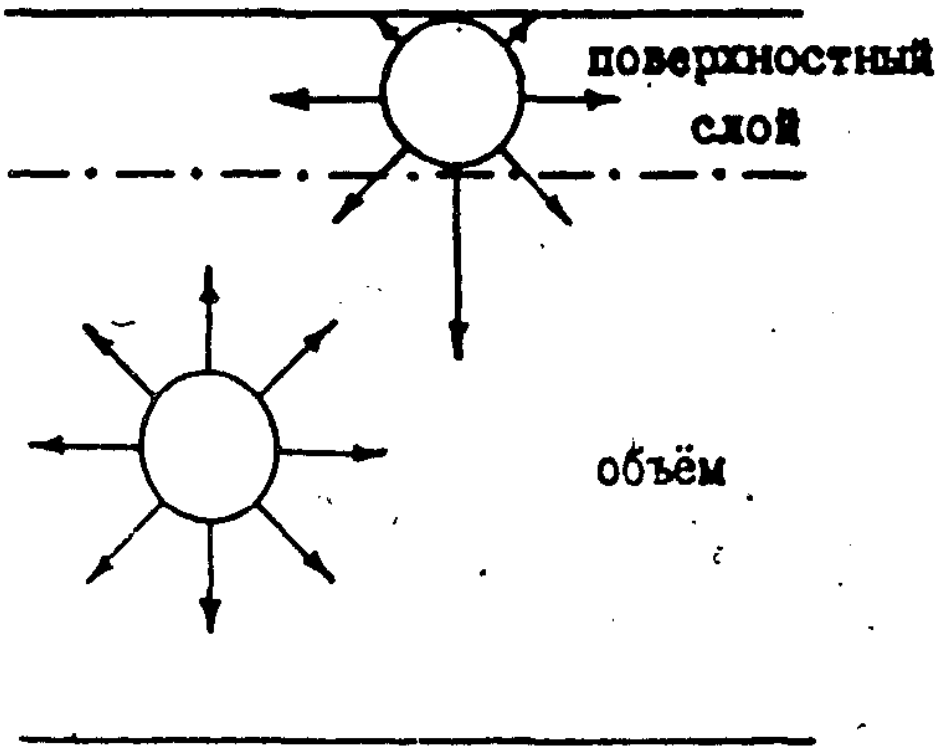


Рисунок 1. Схема возникновения поверхностного натяжения
\

Сила, вызывающая сокращение поверхности, отнесённая к единице длины и направленная тангенциально к ней, называется поверхностным или межфазным натяжением, γ . Единицы измерения $[\gamma] = 1$Н/м.

Если не действуют другие силы, то жидкость стремится принять сферическую форму.

Таким образом, причина возникновения поверхностного или межфазного натяжения – несимметричность силового поля молекул, находящихся на межфазной границе.

Для увеличения поверхности вещества необходимо произвести работу против сил поверхностного натяжения А. Для обратимого процесса при постоянном объеме и температуре работа будет максимальной величиной и равна изменению изохорно-изотермического потенциала, который также называется свободной энергией F:

$$- \delta A_{max} = \sigma d\acute{\omega} = dF, \qquad (1)$$

где $d\acute{\omega}$ - увеличение поверхности.

Откуда:

$$\sigma = \left\{ \frac{dF}{d\omega} \right\}_{V,T=const} \qquad (2)$$

Величина σ согласно (2) представляет собой работу обратимого изотермического процесса, затрачиваемую на образование единицы поверхности, или свободную энергию единицы поверхности. Она также называется поверхностным натяжением и выражается в Дж/м^2. Таким образом, существует два определения поверхностного натяжения: как силы (векторная величина) и как энергии (скалярная величина). Для жидкостей и других изотропных веществ $\sigma = \gamma$, и эти понятия не различают. Для анизотропных веществ, к которым относятся кристаллы, γ зависит от выбранной грани и даже направления в пределах одной грани, и эти величины не совпадают. Размерность σ и γ одинакова, так как 1 Дж/м^2 = I Н/м.

Поскольку при образовании поверхности жидкости происходит разрыв химических связей между молекулами, то поверхностное натяжение можно рассматривать как характеристику их прочности. Чем выше энергия химической связи (прочнее связь), тем больше σ. Работа разрыва вещества называется работой когезии или просто когезией $W_к$: $W_к = 2\sigma$.

В растворах силы взаимодействия между одноименными и разноимёнными частицами неодинаковы ($\varepsilon_{A-A} \neq \varepsilon_{B-B} \neq \varepsilon_{A-B}$, где ε -энергия связи). Частицы (атомы, ионы, молекулы), имеющие слабые силовые поля и образующие слабые связи (то есть малые значения ε), вытесняются в поверхностный слой, что приводит согласно определению когезии к понижению поверхностного натяжения раствора. Этот процесс является самопроизвольным, так как сопровождается уменьшением свободной энергии.

Вещества, понижающие поверхностное натяжение и преимущественно концентрирующиеся в поверхности, называются поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Вещества, повышающие σ, имеют в поверхности меньшую концентрацию и называются инактивными.

Влияние концентрации растворенного вещества С на поверхностное натяжение раствора можно выразить как dσ/dC. Эта величина называется поверхностной активностью и характеризует темп изменения σ раствора с ростом его концентрации С.

Действие ПАВ сильнее, чем инактивных, так как для существенного повышения концентрации ПАВ в поверхностном слое достаточно небольшого увеличения концентрации в объёме раствора, поскольку толщина поверхностного слоя (10^{-10} - 10^{-9} м) на много порядков меньше величины объёма. Соответственно dσ / dC для ПАВ много больше, чем у инактивных веществ.

Как видно, формирование раствора приводит к появлению разности концентраций компонентов в поверхностном слое и в объеме.

Разность числа молей i-го компонента в поверхностном слое и объёме раствора, отнесённая к единице поверхности, называется адсорбцией Г:

$$\Gamma = \frac{n_i^{\omega} - n_i^{v}}{\omega} \qquad (3)$$

где n_i^{ω}, n_i^{v} - соответственно числа молей компонентов в поверхностном слое и объёме раствора;

ω - площадь поверхности, $м^2$.

Размерность адсорбции [Г] = 1 моль/$м^2$.

Можно дать следующее определение адсорбции: это накопление какого-либо вещества на границе раздела фаз.

Адсорбция может быть положительной и отрицательной. Так как для поверхностно-активных веществ $n_i^{\omega} > n_i^{v}$, то адсорбция положительна, $\Gamma_i > 0$. Для инактивных $n_i^{\omega} < n_i^{v}$ и $\Gamma_i < 0$.

Величина адсорбции зависит от природы адсорбента и адсорбтива, температуры, концентрации раствора.

Зависимость адсорбции от концентрации раствора называется изотермой адсорбции.

Связь между изменением поверхностного натяжения σ, концентрацией растворённого вещества и адсорбцией для бесконечно разбавленных бинарных растворов выражается классическим уравнением изотермы адсорбции Гиббса:

$$\Gamma = -\frac{C}{RT}\cdot\frac{d\sigma}{dC} \qquad (4)$$

где R –универсальная газовая постоянная, R = 8,314 Дж/моль град;

T – температура, К;

dσ/dC - поверхностная активность;

C - концентрация.

В этом уравнении неизвестна величина поверхностной активности d σ / d C. Чтобы ее найти, необходимо экспериментально определить зависимость поверхностного натяжения раствора от концентрации растворенного вещества $\sigma = f(C)$.

Поверхностно-активные вещества могут накапливаться на поверхности растворителя в больших количествах, покрывая её полностью, адсорбция при этом имеет максимальное значение $\Gamma_{мах}$ (рис.4). Зная значение $\Gamma_{мах}$, можно оценить толщину насыщенного поверхностного слоя раствора δ. Масса адсорбированного вещества $m = \Gamma_{мах} \cdot M$, где M – его молярная масса. С другой

стороны m = ωδd, где d - плотность адсорбтива, кг/м^3 . Если площадь, поверхности ω = 1 м^2 , то

$$\delta = \frac{\Gamma_{max} \cdot M}{d}, \qquad (5)$$

где [δ] -1м.

Порядок величины δ - 10^{-10} м.

Поскольку число адсорбированных молекул в мономолекулярном слое единичной площади равно $\Gamma \cdot N_a$, где $N_a = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ 1/моль - число Авогадро, площадь, приходящаяся на одну молекулу в насыщенном слое выразится:

$$S = \frac{1}{\Gamma_{max} \cdot N_a}, \qquad (6)$$

где [S] – 1 м^2.

Порядок величины S - 10^{-20} м^2.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ РАСТВОРА МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ГАЗОВОМ ПУЗЫРЬКЕ

Этот метод является одним из наиболее распространённых способов определения поверхностного натяжения растворов и расплавов, обладающий высокой точностью (относительная ошибка до 0,02 %). Измерение поверхностного натяжения основано на определении максимального давления, необходимого для продавливания пузырька газа через капилляр, опущенный в исследуемую жидкость.

При образовании пузырька работа расширения газа A совершается против сил поверхностного натяжения жидкости, в которой он формируется:

$$\delta A = pdV = \sigma d\omega, \qquad (7)$$

где p -давление газа в пузырьке.

Если принять, что пузырёк имеет сферическую форму, то

$$V = 4/3\ \pi r^3, \quad \omega = 4\pi r^2, \qquad (8)$$

где r - радиус пузырька.

Дифференцируя уравнение (7) с учетом (8), получим:

$$4\pi r^2 p = 8\pi r\sigma \qquad (9)$$

Максимальное давление газа наблюдается, когда радиус пузырька r равен радиусу капилляра $r_{кап}$. При дальнейшем росте пузырька давление упадет из-за увеличения объема, поэтому

$$\sigma = (1/2)\ P_{мах} \cdot r_{кап} \qquad (10)$$

Уравнение (10) хорошо выполняется для капилляров с достаточно малым радиусом. Но даже в этом случае $r_{кап}$ нельзя определять геометрическим измерением, так как стенки капилляра имеют конечную толщину, что дает возможность пузырьку перемещаться по стенке. $r_{кап}$ находят, фиксируя максимальное давление в пузырьке $P^{1}_{мах}$ при его продавливании в жидкость с известным значением натяжения $б_о$ (оно определено другим методом) :

$$r_{кап} = 2\ \frac{б_о}{P^{1}_{мах}} \qquad (11)$$

В этом случае метод становится относительным, и поверхностное натяжение определяется по формуле:

$$б = б_о\ \frac{P_{мах}}{P^{1}_{мах}} \qquad (12)$$

В качестве эталонной жидкости при исследовании $б$ водных растворов можно использовать дистиллированную воду.

Капилляр нельзя заглублять в жидкость, так как в этом случае работа расширения газа A совершается не только против сил поверхностного натяжения, но и против гидростатического давления, и уравнение (7) не будет выполняться.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Схема экспериментальной установки приведена на рис.2.

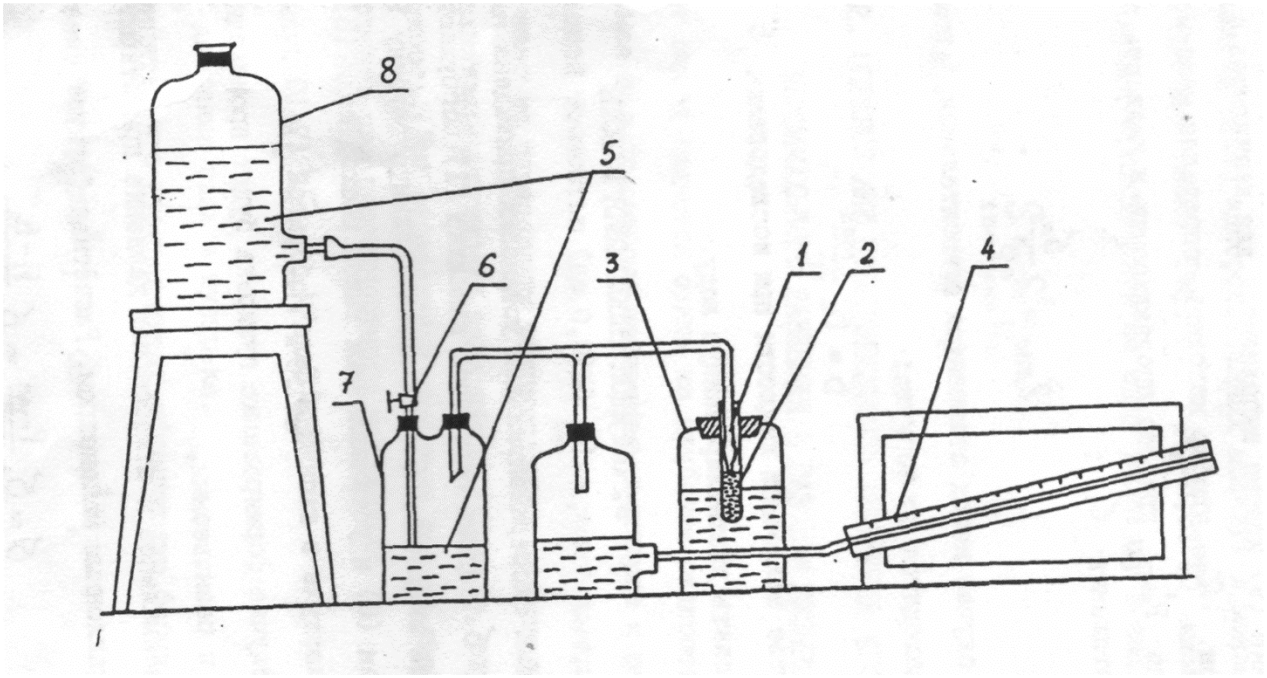


Рисунок 2. Схема экспериментальной установки:
1 – капилляр, 2 – сосуд с исследуемым раствором, 3 – термостат, 4 – наклонный манометр, 5 – вода, 6 – регулирующий кран, 7, 8 – расходные сосуды.

Для измерения б водных растворов капилляр (I) погружает в сосуд с исследуемой жидкостью (2) на незначительную глубину (~1 10^{-3}м), открывают кран (6) и устанавливают такой расход воды (5), чтобы скорость, подачи воздуха в капилляр была небольшой (7-10 пузырьков в минуту). В этом случае формирование пузырька будет происходить в условиях, близких к равновесным,

Максимальное и атмосферное давление при открытой системе фиксируют наклонным манометром 4.

Расчётная формула для б имеет вид:

$$б = б_o \frac{P_{max}}{P^1_{max}} = б_o \frac{H-h}{H_o-h}$$

$б_o$ - поверхностное натяжение эталонной жидкости -дистиллированной воды, равное при температуре 298 К 72.8 мДж/м^2;

H, H_o - показания наклонного манометра, соответствующие максимальному давлению в пузырьке для исследуемого раствора или воды соответственно;

h -атмосферное давление по наклонному манометру, измеренное при открытой системе (капилляр вынут из сосуда), достаточно однократного определения.

Величины H, H_o и h измеряются в единицах шкалы наклонного манометра.

Опыт начинают с дистиллированной воды, делая 5-6 измерений, находят среднее значение H_o. Затем меняют воду на раствор и в этой же последовательности проводят измерения H при различных концентрациях в порядке их возрастания, промывая капилляр перед каждым опытом. Скорость подачи воздуха в капилляр во время работы должка оставаться неизменной.

Полученные результаты заносят в таблицу 1 и представляют в виде графика в координатах $\sigma = f(C)$. Для ПАВ σ будет уменьшаться с ростом его концентрации в растворе по вогнутой кривой, рис. 3.

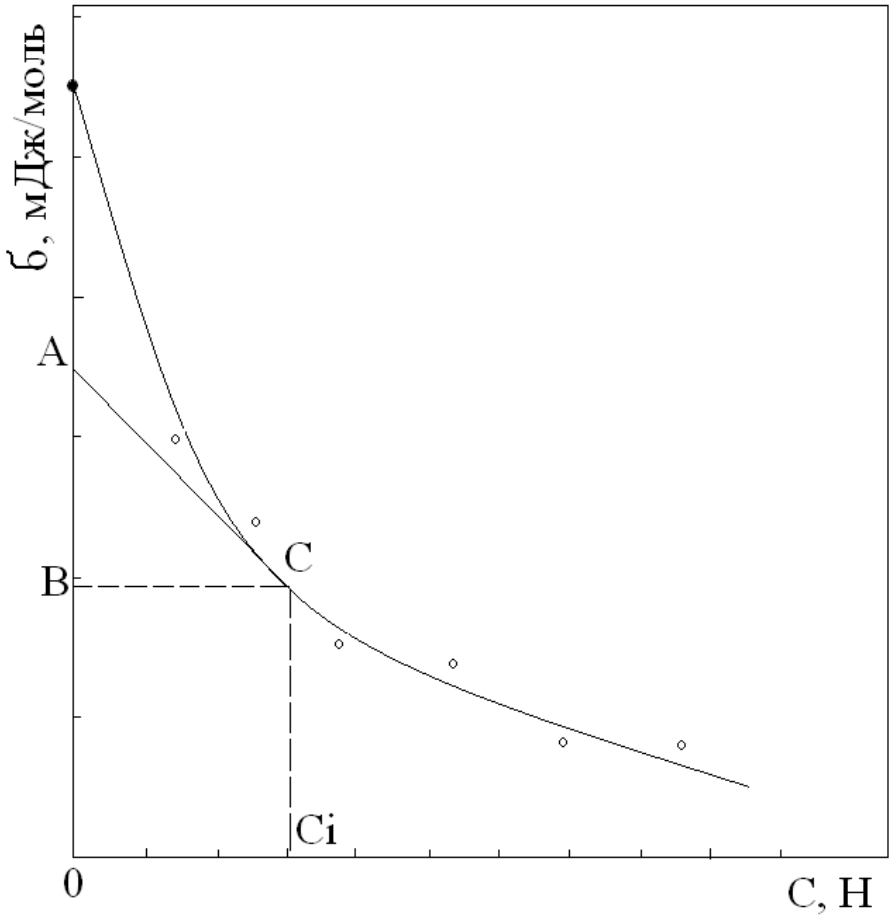


Рисунок 3. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации поверхностно-активного вещества в растворе

Для расчета адсорбции по уравнению Гиббса (4) необходимо графически продифференцировать кривую $\sigma = f(C)$, чтобы найти поверхностную активность $d\sigma / dC$ при различных концентрациях. С этой целью проводят 7-8 касательных к различным точкам кривой, из которых опускают перпендикуляры на ось концентраций. В прямоугольном треугольнике АВС катет ВС равен концентрации раствора, а катет АВ численно равен произведению концентрации С на поверхностную активность $d\sigma / dC$: $AB = z_i = C\, d\sigma / dC$. АВ измеряется в единицах поверхностного натяжения, то есть в Дж/м^2. Тогда значение адсорбции при каждой концентрации будет равно $\Gamma i = z_i / RT$, $T = 298$ K. По рассчитанным значениям

адсорбции при различных концентрациях раствора строят график изотермы адсорбции Г = f(С), который имеет в соответствии с уравнением Гиббса экстремальный характер (рис. 4).

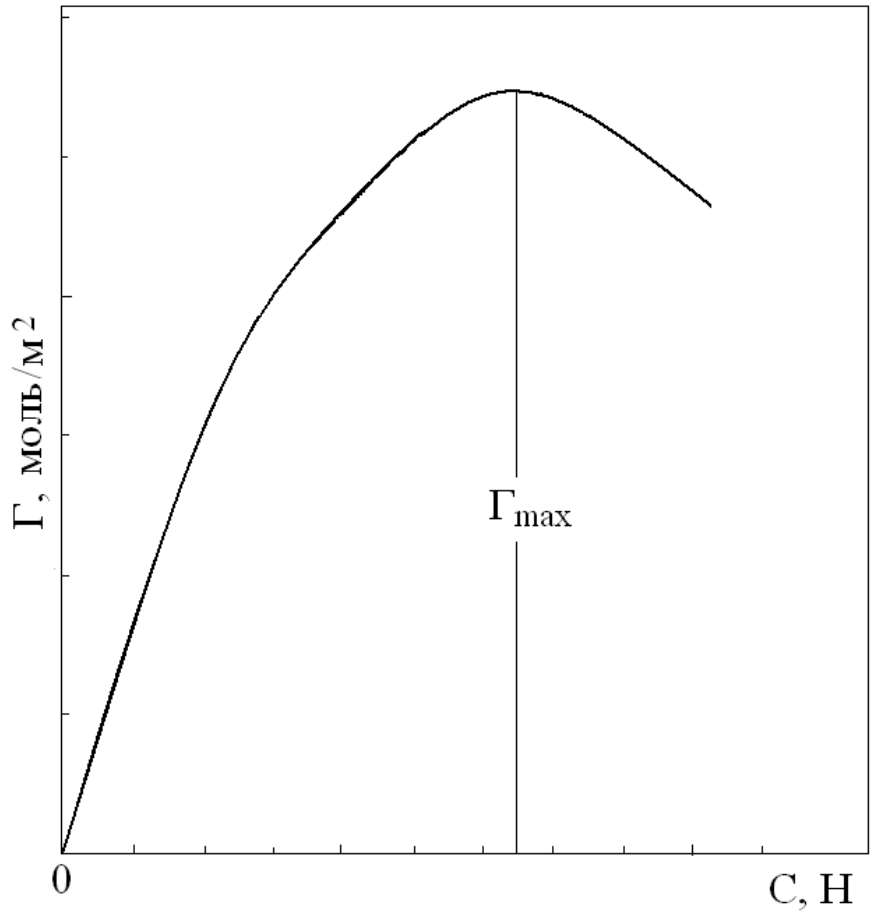


Рисунок 4. Зависимость адсорбции от концентрации ПАВ, рассчитанная по уравнению Гиббса.

Полученное из графика максимальное значение адсорбции Γ_{max} используют для определения толщины мономолекулярного насыщенного слоя и площади, которую занимает в нём одна молекула по уравнениям 5-6. Результаты расчётов приводятся в виде табл.2

Таблица I

Результаты опытов

№	Концентрация раствора, С, н	Н или H_o,	$H_{ср}$, У.е.	h, У.е.	σ, мДж/м^2

		У.е.			
1	0				72,8

Таблица 2

Результаты опытов

№	Концентрация раствора, С, н	z_i, мДж/м^2	Γ_i, мДж/м^2	Γ_{max}, мДж/м^2	S, м^2	δ, м

4. ФОРМА И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Краткая теоретическая часть.

2. Описание методики и установки по определению поверхностного натяжения.

3. Экспериментальная часть.

3.1 Результаты опытов по определению поверхностного натяжения в виде таблицы 1.

3.2 График изотермы поверхностного натяжения.

3.3 Расчёт адсорбции по уравнению Гиббса, толщины адсорбционного слоя и площади молекулы (таблица 2). Все вычисления указанных величин должны быть приведены в отчете. График изотермы адсорбции.

4. Выводы по работе.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Причины возникновения поверхностного натяжения, дать определение этой величины. Сущность метода определения поверхностного натяжения жидкостей по максимальному давлению в газовом пузырьке. Адсорбция. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Уравнение изотермы

адсорбции Гиббса. Определение толщины насыщенного поверхностного слоя и площади, приходящейся на одну молекулу.

Список литературы

1. Карякин Н.В. Химическая термодинамика. М.: Академия. 2003. 464 с.
2. Ипполитов Е.Г. Физическая химия. М.: Академия. 2005. 448 с.
3. Потапов А. М. Физическая химия в вопросах и ответах. Методическая разработка для студентов геологических и геофизических специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2006.Ч.7 - 23 с., Ч.9 - 23 с., Ч.10 - 23 с.

.

Учебное издание

Корректура кафедры химии

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16

Гарнитура

.
Печать на ризографе.

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе
_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.04 ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По специальности **21.05.04 Горное дело,** дисциплина **«Порошковая металлургия».** Обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- выполнение домашних заданий;
- освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [12];
-подготовка к зачету;

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам характеристик нефтегазоносных комплексов.;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

В пособии приведена развернутая программа дисциплины «Порошковая металлургия». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины [12]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1-6]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [7-11]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1-6] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время зачета.

Содержание курса

Тема 1: Введение. Общие сведения о порошковой металлургии и порошковых металлах.

История развития методов порошковой металлургии. Народно-хозяйственное значение порошковой металлургии. Основные производственные процессы порошковой металлургии. Тенденции развития металлургического производства. Общие сведения о технологии и оборудовании порошковой металлургии. Технико-экономическое обоснование изготовления порошковых изделий. Особые свойства изделий из металлических порошков.

Тема 2: Исходные материалы порошковой металлургии.

Производство металлических порошков. Классификация методов получения порошков. Физико-химические методы получения порошков. Механические методы получения порошков. Измельчение твердых металлов. Диспергирование (распыление) жидких металлов. Свойства порошков и методы их контроля. Физические, химические и технологические свойства. Отбор и подготовка проб порошковых материалов.

Тема 3: Технология прессования порошковых материалов и изделий.

Подготовка порошков к прессованию (формованию): отжиг, классификация, приготовление смесей. Дозировка и засыпка порошка в пресс-форму. Основные закономерности прессования порошковых материалов и изделий. Технология прессования в закрытую пресс-форму. Технология получения изделий высокой плотности. Особенности прессования крупногабаритных изделий и заготовок большой длины. Варианты процесса прессования: изостатическое прессование, прокатка порошка, мундштучное формование, шликерное литье. Динамическое (импульсное) прессование.

Тема 4: Спекание порошковых материалов и изделий.

Основные закономерности процесса спекания. Поры и их роль в процессе спекания. Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел. Твердофазное и жидкофазное спекание. Спекание изделий на основе однокомпонентной системы. Спекание железографитовых прессованных заготовок. Влияние легирующих элементов на спекание. Особенности спекания многокомпонентных систем. Методы активизации процесса спекания. Практика спекания. Атмосфера спекания и защитные засыпки. Печи для спекания. Обязанности спекальщика. Горячее прессование порошковых изделий.

Тема 5: Производство и проектирование порошковых изделий.

Принцип отбора деталей. Технологичность деталей, получаемых методами порошковой металлургии. Организация промышленного производства порошковых изделий. Требования к порошковым заготовкам и деталям. Характеристики горячепрессованных деталей. Классификация порошковых заготовок и изделий. Особенности прессования (формования) изделий различных групп сложности. Производство биметаллических изделий методами порошковой

металлургии. Влияние технологии изготовления на свойства спеченных материалов. Дополнительные технологические операции по улучшению физических и механических свойств изделий.

Тема 6: Инструментальная оснастка порошковой металлургии. Конструирование пресс-форм.

Общие принципы конструирования пресс-форм для порошковой металлургии. Прессформы для холодного прессования. Классификация и особенности расчета штампов. Штампы для горячего прессования порошковых изделий. Вспомогательные устройства штампов динамического горячего прессования. Температурные режимы и смазка инструментальной оснастки. Виды износа и стойкость штампового инструмента участков порошковой металлургии. Организация учета и хранения штамповой оснастки.

Тема 7: Технологическое оборудование и организация участков порошковой металлургии.

Прессы для холодного прессования и горячей допрессовки. Особенности конструкции и применения механических, пневматических и гидравлических прессов. Выбор оборудования. Печи и нагревательные устройства участков порошковой металлургии. Автоматизированные установки и линии горячего прессования. Производственные участки порошковой металлургии. Особенности компоновки и размещения оборудования. Техника безопасности в порошковой металлургии.

Тема 8: Качество порошковых изделий и пути его повышения.

Точность размеров, формы и качество поверхности деталей. Дефекты высокотемпературной и силовой обработки заготовок. Брак при прессовании и спекании, способы предупреждения брака. Микроструктура и пористая структура порошковых изделий. Механические, физические и химические свойства порошковых изделий. Термическая и химико-термическая обработка порошковых изделий. Механическая обработка изделий. Отделочные операции. Организация контроля качеством изделий на участке порошковой металлургии.

Вопросы к зачету по специальности **22.03.01** «**Материаловедение и технологии материалов»,** дисциплина **«Порошковая металлургия».**

1. Рождение и развитие порошковой металлургии
2. Преимущества и недостатки порошковой металлургии
3. Физические свойства порошков.
4.Химические свойства порошков.
5. Технологические свойства порошков.
6.Классификация методов получения порошков.
7. Физико-химические методы получения порошков
8. Механические методы получения порошков
9.Подготовка металлических порошков.
10.Способы приготовления порошковых смесей.
11.Классификация методов формования
12.Холодное прессование
13.Изостатическое формование
14.Прокатка
15.Шликерное формование
16.Мундштучное формование
17.Инжекционное формование
18.Вибрационное формование
19.Взрывное формование
20.Электрогидравлическое формование
21.Пневмомеханическое прессование.
22.Одностороннее и двустороннее прессование.
23. Производство пористых изделий методом порошковой металлургии.
24. Пористые материалы и изделия.
25. Методы контроля качества пористых изделий.

Рекомендуемая литература

1. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия - М.: Металлургия,1980 - 496 с.
2. Либенсон Г.А. Основы порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1987-208 с.
3. Ермаков С.С., Вязников Н.Ф. Порошковые стали и изделия. – Л.: Машиностроение, 1990 –320 с.
4. Теоретические основы общей химии: учебник / Апакашев Р. А., Красиков С. А. - Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2011. – 241 с.
5. Дорофеев Ю.Г., Гасанов Б.Г. и др. Промышленная технология горячего прессования порошковых изделий. - М.: Металлургия, 1990-206 с..
6. Бальшин М.Ю., Кипарисов С.С. Основы порошковой металлургии - М.: Металлургия, 1978- 184 с.
7. Васильев Д.И., Тылкин М.А., Тетерин Г.П. Основы проектирования деформирующего инструмента – М.: Высшая школа, 1984 –223 с.
8. Либенсон Г.А. , Панов В.С. Оборудование цехов порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1983-264 с.
9. Клячко Л. И., Уманский А.М., Бобров В.Н. Оборудование и оснастка для формования порошковых материалов - М.: Металлургия.1986 –336 с.
10. Девятов В.В. Малоотходная технология обработки материалов давлением – М.: Машиностроение, 1986- 288 с.
11. Тылкин М.А, Васильев Л.И. и др. Штампы для горячего деформирования металлов – м.: Высшая школа, 1977 –496 с.
12. Рабочая программа дисциплины для студентов специальности **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»,** дисциплина **«Порошковая металлургия».**

Информационные справочные системы

13. ИПС «КонсультантПлюс»
14. Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: http://window.edu.ru
15. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru

Базы данных

16. Scopus: база данных рефератов и цитирования https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

17. Электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.05 ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ, СОДЕРЖАЩИЕ ЦЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ В УЛЬТРАДИСПЕРСНОМ СОСТОЯНИИ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Павлов В.В., д.х.н., профессор

Одобрена на заседании кафедры

Химии
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Амдур А.М.
(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 12.09.2024
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

Горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)

Екатеринбург

Тематика курсовых работ

Курсовая работа по дисциплине «Полезные ископаемые, содержащие ценные компоненты в ультрадисперсном состоянии» не предусмотрена.

Темы рефератов и презентаций

Тема 1. Ультрадисперсные частицы и наночастицы.
Тема 2. Пористые материалы, их ультрадисперсные составляющие.
Тема 3. Ультрадисперсные частицы, фуллерены и нанотрубки.
Тема 4. Неорганические волокна и их ультрадисперсные компоненты.
Тема 5. Пленки и покрытия, их ультрадисперсные составляющие.
Тема 6. Ультрадисперсные частицы керамики, нанокерамика.
Тема 7. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) ультрадисперсных частиц.
Тема 8. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) ультрадисперсных частиц.
Тема 9. Растровая электронная микроскопия (РЭМ) ультрадисперсных частиц и наночастиц.
Тема 10. Аналитическая электронная микроскопия (АЭМ) ультрадисперсных частиц и наночастиц.
Тема 11. Конфокальная лазерная сканирующая микроскапия (КЛСМ) ультрадисперсных частиц и наночастиц.
Тема 12. Организация исследований безопасности ультрадисперсных материалов и нано-материалов.

Вопросы к контрольной работе

1. Углеродные ультрадисперсные частицы и нанотрубки: методы получения и применение в медицине.
2. Применение ультрадисперсных частиц и фуллеренов для адресной доставки лекарств.
3. Разработка биосовместимых наноматериалов и покрытий, содержащих наночастицы.
4. Влияние способа введения ультрадисперсных частиц и наночастиц в организм на их токсичность.

5. Методы измерения дисперсности малых частиц и наноматериалов.
6. Влияние способа введения ультрадисперсных частиц и наночастиц в организм на их токсичность.
7. Источники выделения ультрадисперсных частиц и наночастиц: их применение для упрочнения сплавов и строительных материалов.
8. Влияние способа введения ультрадисперсных частиц и наночастиц в организм на их токсичность.
9. Ультрадисперсные включения в золотоносных рудах и способы переработки таких руд.
10. Размерные эффекты частиц по кинетическим свойствам и прочности: дисперсионное упрочнение сплавов; получение ультратвердых фуллеритов.
11. Источники выделения ультрадисперсных частиц и наночастиц: извлечение примесей из воды.
12. Влияние структуры ультрадисперсных частиц и углеродных нанотрубок на их токсичность.

Вопросы к коллоквиумам и для составления экзаменационных билетов:

1) Дайте определение понятиям «ультрадисперсные материалы» и «нано-материалы».
2) Какие характеристики ультрадисперсных материалов и нано-материалов вы знаете?
3) Какие классификации ультрадисперсных материалов и нано-материалов вы знаете? Приведите основные классификации.
4) Дайте классификацию ультрадисперсных материалов и нано-материалов по форме и размерности.
5) Дайте классификацию ультрадисперсных материалов и нано-материалов по их природе.
6) В чем специфика фуллереновых структур? Какое применение фуллеренам вы знаете?
7) В чем особенность углеродных нанотрубок?
8) Приведите примеры полимерных ультрадисперсных материалов и нано-материалов.

Вопросы для зачета

1. Что представляют собой нанотехнологии?
2. Что включает в себя понятие наномасштаб?
3. Дайте характеристику наночастицам – слоистым двойным гидроксидам.
4. Дайте характеристику наночастицам – квантовым точкам.
5. Дайте характеристику наночастицам – фотонным кристаллам
6. Дайте характеристику аэрогелям и мезопористым материалам.
7. Что представляют собой фуллерены?
8. Что представляют собой нанотрубки?
9. Дайте характеристику неограническим волокнам – вискерам.
10. Дайте характеристику неограническим волокнам – гибким электродам.
11. Дайте характеристику неограническим волокнам – базальтовым волокнам.
12. Дайте характеристику пленкам – асимметрической мембране.
13. Дайте характеристику пленкам – электролюминесцентным пленкам.
14. Дайте характеристику алмазоподобному углеродному покрытию.
15. Что представляют собой манганиты?
16. Что представляют собой ферриты?
17. Что представляют собой гидроксилапатиты?
18. Опишите принцип работы сканирующего зондового микроскопа. Приведите пример применения СЗМ в исследовании нанообъектов и наноматериалов.
19. Опишите принцип работы просвечивающего электронного микроскопа. Приведите пример применения ПЭМ в исследовании ультрадисперсных частиц и наноматериалов
20. Опишите принцип работы растрового электронного микроскопа. Приведите пример применения РЭМ в исследовании ультрадисперсных частиц, и наноматериалов
21. Опишите принцип работы аналитического электронного микроскопа. Приведите пример применения АЭМ в исследовании ультрадисперсных частиц и наноматериалов.
22. Опишите принцип работы конфокального лазерного сканирующего микроскопа. КЛСМ в исследовании ультрадисперсных частиц и наноматериалов
23. Поясните основные вопросы нанометрологии: нестабильность, точность и неопределенность наноизмерений
24. Как выполняется поверка и калибровка оборудования в сфере измерений ультрадисперсных частиц и нанометрологии.

25. Расскажите алгоритм определения уровня потенциальной опасности ультрадисперсных частиц наноматериалов для здоровья человека.
26. Дайте характеристику методам изучения основных физических, химических и молекулярно биологических свойств ультрадисперсных частиц и наноматериалов.
27. Как проводится оценка безопасности ультрадисперсных частиц и наноматериалов в эксперименте на лабораторных животных.
28. Поясните причины потерь золота при переработке ископаемых с малыми включениями золота и с ультрадисперсными частицами.
29. Поясните возможности укрупнения частиц золота путем флотации расплавов с ультрадисперсными включениями.
30. Опишите размерные эффекты по их влиянию на термодинамические свойства частиц, на термодинамическую активность, давление пара в соответствии с формулой Гиббса.
31. Опишите размерные эффекты по кинетическим и структурным свойствам вплоть до размеров частиц в десятки и сотни микрон.
32. Опишите глобуляцию малых кристаллов при размерах порядка десятков микрон, а также изменение их атомарной структуры с приближением к размерам наночастиц.
33. Что такое минимальный кристалл и минимальное зерно поликристалла.
34. Поясните переход основной добычи золота от поиска самородков к промывке золотоносных песков, затем к выщелачиванию дисперсных частиц. Необходимость переработки ископаемых с ультрадисперсными частицами золота.

ФОРМА БИЛЕТА К ЗАЧЕТУ

Российская Федерация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Уральский государственный горный университет”

БИЛЕТ № __

по дисциплине «Полезные ископаемые, содержащие ценные компоненты в ультрадисперсном состоянии»

Вопрос 1.

Вопрос 2.

Задача.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе
_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.ДВ.09.06 СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По специальности **21.05.04** «**Горное дело»,** дисциплина **«Способы производства неметаллических конструкционных материалов и нанесения покрытий».** Обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- выполнение домашних заданий;
- освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [16];
- подготовка к экзамену;

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам характеристик нефтегазоносных комплексов.;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.
Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

В пособии приведена развернутая программа дисциплины «**Способы производства неметаллических конструкционных материалов и нанесения покрытий**». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины [16]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1-7]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [8-15]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебникам [1-15] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

Тема 1: Введение. Общие сведения о неметаллических конструкционных материалах.

Народно-хозяйственное значение неметаллических материалов и их применение в авиационной и ракетной технике, машиностроении, химической, радиотехнической и электротехнической промышленности.

Тема 2: Классификация и формование пластмасс.

Классификации пластмасс: по строению полимера, способу получения полимера, отношению полимера к нагреву, составу пластмассы, типу наполнителя и другие. Технологии переработки пластмасс в изделия. Методы изготовления изделий из термореактивных пластмасс. Прессование в металлических формах на гидравлических прессах.

Тема 3: Механические испытания полимерных композиционных материалов.

Теоретические знания и практическое изучение статического испытания на растяжение полимерных композиционных материалов. Поведение различных композиционных материалов и процессы, приводящие к потере ими эксплуатационных свойств. Определение механических свойств.

Тема 4: Определение свойств резины.

Основные понятия по резиновым материалам и их применению. Свойства резины. Технология изготовления резиновых изделий. Изменение физико-механических свойств резин. Определение коэффициента старения резины.

Тема 5: Определение физико-механических свойств лакокрасочных материалов и покрытий.

Основные понятия по лакокрасочным материалам и способами испытания их физико-механических свойств. Основные свойства лакокрасочных материалов. Сцепляемость лаковых пленок с покрываемой поверхностью изделия.

Тема 6: Роль и место покрытий в современном промышленном производстве.

Покрытия как многослойная структура, нанесенное на поверхность для защиты от внешних воздействий. Внешние и внутренние покрытия, их размер и толщина. Назначение и области применения покрытий.

Тема 7: Классификация покрытий и методов их нанесения.

Классификация покрытий по различным признакам. Классификация методов по состоянию наносимого материала и способам изготовления.

Тема 8: Изменение физико-химических свойств поверхностей при нанесении покрытий.

Поверхностный слой покрытия и его роль в формировании эксплуатационных и других свойств изделий. Основные отличия внутренних и внешних покрытий. Комбинированные покрытия. Изменение физико-химические свойств поверхности при нанесении покрытий.

Вопросы к экзамену по специальности **22.03.01** «**Материаловедение и технологии материалов»,** дисциплина **«Способы производства неметаллических конструкционных материалов и нанесения покрытий».**

1. Народно-хозяйственное значение неметаллических материалов и их применение в авиационной и ракетной технике, машиностроении, химической, радиотехнической и электротехнической промышленности.
2.Классификации пластмасс: по строению полимера, способу получения полимера, отношению полимера к нагреву, составу пластмассы, типу наполнителя и другие.
3.Технологии переработки пластмасс в изделия. Методы изготовления изделий из термореактивных пластмасс. Прессование в металлических формах на гидравлических прессах.
4.Теоретические знания и практическое изучение статического испытания на растяжение полимерных композиционных материалов.
5. Поведение различных композиционных материалов и процессы, приводящие к потере ими эксплуатационных свойств. Определение механических свойств.
6. Основные понятия по резиновым материалам и их применению. Свойства резины.
7. Технология изготовления резиновых изделий. Изменение физико-механических свойств резин. Определение коэффициента старения резины.
8. Основные понятия по лакокрасочным материалам и способами испытания их физико-механических свойств. Основные свойства лакокрасочных материалов.
9. Сцепляемость лаковых пленок с покрываемой поверхностью изделия.
10. Покрытия как многослойная структура, нанесенное на поверхность для защиты от внешних воздействий. Внешние и внутренние покрытия, их размер и толщина. Назначение и области применения покрытий.
11. Классификация покрытий по различным признакам.
12. Классификация методов по состоянию наносимого материала и способам изготовления.
13. Поверхностный слой покрытия и его роль в формировании эксплуатационных и других свойств изделий. Основные отличия внутренних и внешних покрытий.
14. Комбинированные покрытия.
15. Изменение физико-химические свойств поверхности при нанесении покрытий.

Рекомендуемая литература

1. Неметаллические материалы: метод. указания / сост.: *Е.А. Носова, А.А. Кузина, В.И. Трегуб [и др.]*. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 64 с.

2. Материаловедение / *Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин* [и др.]. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 648 с.

3. *Каллистер У.Д. (мл.), Ретвич Д.Дж.* Материаловедение : от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) : справочное издание. СПб. : Изд-во Научные основы и технологии, 2011. 895 с.

4. Биронт, В.С. Нанесение покрытий[Текст] : учебное пособие для студентов вузов. / В.С. Биронт. - Красноярск. ГАЦМиЗ, 1994. 160 с.

5. Бобров, Г.В. Нанесение неорганических покрытий (теория, технология, оборудование) [Текст]: учебное пособие для студентов вузов. / Г.В. Бобров, А.А. Ильин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2004. 624 с.

6. Хокинг, М. Металлические и керамические покрытия [Текст]/ М. Хокинг, В. Васантасри, П.Сидки. – М.: Мир, 2000. – 516 с.

7. Теоретические основы общей химии: учебник / Апакашев Р. А., Красиков С. А. - Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2011. – 241 с.

8. Технология конструкционных материалов / *А.М. Дальский, В.С. Гаврилюк, Л.Н. Бухаркин* [и др.]. М. : Машиностроение, 1999. 352 с.

9. Материаловедение и технология металлов / *Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин* [и др.]. М. : Высшая школа, 2000. 638.

10. *Власов С.В., Кулезнева В.Н.* Основы технологии переработки пластмасс : учебник для вузов. М.: Изд-во Мир, 2006. 600 с.

11. Нанесение покрытий на металлы: Методические указания к выполнению лабораторных работ для специальности 150108 «Композиционные и порошковые материалы, покрытия» [Текст] / сост.: В.А. Сущих. Красноярск: КИЦМ, 1994. 27 с.

12. Андреева, А.В. Основы физикохимии и технологии композитов [Текст] / А.В. Андреева. – М.: Издательское предприятие редакции «Радиотехника», 2001. - 191с.

12. ГОСТ 9.301-78. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Технические требования

14. ГОСТ 9.305-84. Покрытия металлические и неметаллические, неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.

15. Расчеты химико-технологических процессов [Текст] / Под. Ред. И.П. Мухленова. – Л.: Химия, 1982. – 233

16. Рабочая программа дисциплины для студентов специальности **22.03.01** «**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»,** дисциплина **«Способы производства неметаллических конструкционных материалов и нанесения покрытий».**

Информационные справочные системы

1. ИПС «КонсультантПлюс»

2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: http://window.edu.ru
3. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru

Базы данных

4. Scopus: база данных рефератов и цитирования https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
5. Электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.07 КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Апакашев Р.А., д-р хим. наук, проф.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы. По дисциплине «Коллоидные системы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- освоение материалов по темам, входящим в рабочую программу дисциплины;

- выполнение домашних заданий;

- подготовка к лабораторным работам, контрольной работе и зачету.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление знаний в области основ термодинамики поверхностных явлений, способов получения и важнейших свойств дисперсных систем, овладения навыками определения характеристик дисперсных систем и применения теоретических законов к решению практических вопросов.

В результате изучения дисциплины студент должен

Знать:

- термодинамические и кинетические закономерности, определяющих состояние коллоидных систем;

- особенности физикохимии нанодисперсных систем.

Уметь:

- прогнозировать результаты физико-химических процессов в коллоидных системах, опираясь на теоретические положения;

- производить физико-химические измерения, характеризующие те или иные свойства коллоидных систем;

- решать типовые расчетные химические задачи;

- ориентироваться в информационном потоке (использовать справочные данные и библиографию по той или иной проблеме).

Владеть:

- расчетными методами решения задач по важнейшим разделам курса;

- методикой получения практической информации на основе имеющихся экспериментальных данных.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Методические указания к самостоятельной работе

В последующем разделе пособия приведена рабочая программа дисциплины «Коллоидные системы». В программе указаны наименование и содержание лекционных тем. Каждая тема является основой вопросов в билете, предлагаемом студенту на зачете по дисциплине. При чтении лекций преподаватель указывает разделы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в рекомендованной ниже основной учебной литературе по курсу дисциплины. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по разделам дисциплины ниже в данных методических материалах приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к зачету.

При освоении дисциплины «Коллоидные системы» рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомиться со структурой темы.

2. По рекомендованным учебникам освоить каждый составной элемент темы.

3. Ответить на контрольные вопросы и выполнить рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернуться к изучению рекомендованной литературы.

4. Законспектировать материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

Данные методические материалы могут быть использованы при подготовке ответов на вопросы к зачету.

Содержание курса дисциплины «Коллоидные системы»

Тема 1: Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения.

Различные типы классификации дисперсных систем: по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по размерам частиц и т.д. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы. Диспергационные и конденсационные способы получения дисперсных систем. Основные методы очистки золей (диализ и ультрафильтрация).

Тема 2: Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.

Броуновское движение, осмос и диффузия в дисперсных системах. Закон Эйнштейна. Седиментационно-диффузионное равновесие. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Константа седиментации. Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам и её построение из данных по кинетике накопления осадка.

Тема 3: Оптические свойства дисперсных систем.

Рассеяние света, уравнение Рэлея и уравнение Дебая. Нефелометрия и ультрамикроскопия. Турбодиметрия.

Тема 4: Поверхностные явления.

Поверхность раздела фаз и свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Смачивание. Работы когезии и адгезии. Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Изотермическая перегонка и капиллярная конденсация вещества.

Тема 5: Адсорбция на поверхности раздела фаз.

Поверхностный слой по Гиббсу. Адсорбция на границе раздела раствор - газ. Термодинамика процесса адсорбции и уравнение адсорбции Гиббса. Поверхностно-активные вещества. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ. Уравнения Шишковского и Ленгмюра.

Тема 6: Адсорбция газов и паров на твёрдой поверхности. Адсорбция из растворов на твёрдую поверхность.

Адсорбционные силы и кинетика адсорбционного процесса. Теории адсорбции Ленгмюра, Поляни и БЭТ. Адсорбенты и их сравнительные характеристики. Адсорбция из растворов на твёрдую поверхность. Хроматография. Адсорбция электролитов. Двойной электрический слой и модели строения ДЭС (теории Гельмгольца, Туи - Чепмена, Штерна). Дзета-потенциал. Строение мицеллы гидрофобного золя.

Тема: 7 Электрокинетические свойства дисперсных систем.

Электроосмос и электрофорез. Уравнение Гельмгольца - Смолуховского. Методы определения дзета-потенциала.

Тема: 8 Устойчивость и коагуляция дисперсных систем.

Агрегативная и седиментационная устойчивость. Коагуляция электролитами. Зоны и порог коагуляции. Кинетика коагуляции. Теории быстрой и медленной коагуляции. Пептизация.

Контрольные вопросы и задания по дисциплине «Коллоидные системы»

Тестовые задания

Тема № 1

1. Системы, состоящие из частиц одной фазы, распределенных в другой, называются: а) дисперсными системами;

б) дисперсионной средой;

в) дисперсной фазой;

г) диспергированием.

2. Диспергирование - это:

а) дробление крупных частиц грубодисперсных систем до коллоидной дисперсности;

б) соединение атомов, ионов или молекул в более крупные частицы (агрегаты) коллоидных размеров;

в) добавление к истинному раствору какого-либо вещества в большом объеме другой жидкость, которая является для этого вещества плохим растворителем, но хорошо смешивается с исходным растворителем;

г) химические реакции всех типов.

3. Дисперсные системы, состоящие из жидкой дисперсной фазы и жидкой дисперсионной среды называются:

а) аэрозоли;

б) пены;

в) суспензии;

г) эмульсии.

4. Метод ультрамикроскопии позволяет:

а) исследовать рельеф поверхности наночастицы;

б) оценить кажущийся размер наночастиц;

в) наблюдать форму и определить поперечный размер наночастицы;

г) произвести подсчет количества наночастиц в заданном объеме.

5. Как называется способность системы восстанавливать первоначальную структуру во времени после ее механического разрушения:

а) эластичность;

б) пептизация;

в) тиксотропия;

г) пластичность.

6. Как называется способность системы увеличивать прочность во времени при действии напряжения сдвига (например, медленное вращение):

а) эластичность;

б) пептизация;

в) тиксотропия;

г) пластичность.

7. Какие из перечисленных систем относятся к связнодисперсным:

а) порошки;

б) пены;

в) гели;

г) золи.

8. Эластичные студни ВМС являются однофазными системами. Какие специфические свойства присущи этим системам:

а) набухание при избирательном поглощении жидкости;

б) поглощение паров жидкости в результате образования адсорбционных слоев или капиллярной конденсации;

в) солюбилизация;

г) образование гомогенных и пористых мембран.

9. Порошки можно рассматривать как осажденные аэрозоли (Т/Г). Так как частицы дисперсной фазы находятся в контакте, по определению их можно отнести к связнодисперсным системам. Какое свойство с точки зрения реологии является основным для порошков:

а) сыпучесть;

б) пекучесть;

в) слеживаемость;

г) распыление.

10. 1- пыль, 2- песок, 3- пудра. Расположите эти вещества в порядке возрастания дисперсности:

а) 1-2-3;

б) 2-3-1;

в) 3-1-2;

г) 2-1-3.

Тема № 2

1. Изменения, которые происходят при отстаивании эмульсии с плотностью частиц фазы

меньшей, чем плотность среды:

а) всплывание капель фазы;

б) седиментация капель фазы;

в) коалесценция капель фазы;

г) изменений нет.

2. Конденсация это:

а) дробление крупных частиц грубодисперсных систем до коллоидной дисперсности;

б) соединение атомов, ионов или молекул в более крупные частицы (агрегаты) коллоидных размеров;

в) крупные частицы суспензий, эмульсий или порошков раздавливают или растирают;

г) образование вольтовой дуги между электродами из распыляемого металла, помешенными в охлаждаемую воду.

3. Коагуляция это:

а) самопроизвольный процесс поглощения низкомолекулярного растворителя высокомолекулярным веществом, сопровождающийся увеличением массы и объема полимера;

б) процесс, в результате которого частицы осадка, приобретая в результате адсорбции тех или иных ионов одноименный заряд, взаимно отталкиваются друг от друга и переходят в раствор;

в) процесс слипания коллоидных частиц, образование более крупных агрегатов с последующей потерей коллоидной системой седиментационной устойчивости;

г) самопроизвольный перенос вещества из области с большей концентрацией в область с меньшей концентрацией.

4. Укажите процессы, характерные для золей с водной средой:

а) обращение фаз;

б) стабилизация лиофильными ВМС;

в) коагуляция;

г) термофорез.

5. Молекулярно-кинетические свойства коллоидных систем являются следствием:

а) броуновского движения;

б) кинетической теории газов;

в) теплового движения частиц;

г) основных законов термодинамики.

6. Установите соответствие:

№	Молекулярно-кинетическое свойство коллоидной системы	Сущность свойства
1)	Диффузия	Самопроизвольное отклонение плотности или концентрации от среднего равновесного значения в микрообъемах системы
2)	Флуктуация	Самопроизвольный процесс переноса молекул дисперсионной среды через полупроницаемую мембрану
3)	Осмос	Явление неравномерного распределения электролита по обе стороны полупроницаемой мембраны под влиянием коллоидного электролита
4)	Мембранное равновесие Доннана	Самопроизвольный процесс выравнивания концентрации частиц за счет их броуновского движения

7. Установите соответствие:

	Процесс	Сущность явления
1)	Седиментация	Процесс укрупнения коллоидных частиц в золях под влиянием внешних воздействий
2)	Коагуляция	Переход вещества из осадка в жидкую фазу при восстановлении утраченного фактора
3)	Пептизация	Процесс оседания частиц под действием силы тяжести
4)	Коалесценция	Слияние капелек или пузырьков дисперсной фазы

8. Укажите факторы кинетической устойчивости золей:

а) дисперсность системы;

б) вязкость среды;

в) присутствие в растворе посторонних веществ (электролитов или ВМС);

г) разность плотностей дисперсионной среды и дисперсной фазы.

9. Укажите факторы агрегативной устойчивости золей:

а) броуновское движение;

б) температура;

в) дисперсность;

г) присутствие в растворе посторонних веществ (электролитов или ВМС).

10. Какие определения не соответствуют содержанию понятия «коагуляция»:

а) процесс укрупнения мицелл золя за счет соединения друг с другом;

б) процесс всплытия створоженной дисперсной фазы;

в) процесс слипания мицелл золя под влиянием внешнего воздействия;

г) явление прохождения через поры фильтра свежеосажденного осадка при промывании большим количеством воды.

Тема № 3

1. К оптическим свойствам коллоидных систем относится:

а) электродиализ;

б) диализ;

в) ультрафильтрация;

г) рассеяние света.

2. Закон светорассеяния Релея применим для следующего соотношения радиуса наноча-

стицы (r) и длины волны падающего света (λ):

а) $r \leq 0{,}1\lambda$;

б) $r < \lambda$;

в) $r > \lambda$;

г) $r = \lambda$.

3. Турбидиметрический метод анализа основан на:

а) измерении интенсивности рассеянного света.

б) измерении интенсивности прошедшего света.

в) уравнении Рэлея.

г) уравнении Бугера-Ламбера-Бэра.

4. В каких случаях может наблюдаться опалесценция в коллоидных системах:

а) при наблюдении в проходящем свете;

б) при наблюдении в отраженном свете;

в) на темном фоне;

г) при искусственном освещении.

5. С чем связаны голубой цвет неба и морской воды:

а) присутствием в атмосфере и морской воде твердых частиц коллоидного размера;

б) наличием флуктуаций плотности;

в) расположением наблюдателя под определенным углом зрения к источнику света;

г) присутствием окрашенных веществ.

6. Устройство каких приборов основано на явлении опалесценции:

а) фотоэлектроколориметр (ФЭК);

б) ультрамикроскоп;

в) электронный микроскоп;

г) нефелометр.

7. Какие золи называются «белыми»:

а) мутноватые;

б) имеющие голубоватый цвет сбоку и красноватый на просвет;

в) бесцветные;

г) не поглощающие свет.

8. Чем отличаются частички красного золя золота от синего:

а) формой:

б) степенью дисперсности;

в) временем существования: синий золь «старше» красного;

г) они одинаковы, но наблюдаются под разным углом зрения.

9. Устройство каких приборов основано на явлении опалесценции:

а) фотоэлектроколориметр (ФЭК);

б) ультрамикроскоп;

в) электронный микроскоп;

г) нефелометр.

10. Укажите свойства, не присущие коллоидным системам:

а) прозрачность;

б) появление конуса Тиндаля при освещении в темноте сбоку проекционным фонарем;

в) гомогенность;

г) наличие большого осмотического давления.

Тема № 7

1. Электроосмос это:

а) движение жидкой дисперсионной среды в электрическом поле;

б) явление переноса частиц дисперсной фазы в электрическом поле;

в) стремление коллоидных частиц осесть на дно - седиментировать;

г) стремление коллоидных частиц равномерно распределиться по всему объему системы.

2. Электрофорез используется для:

а) анализа и разделения белков;

б) удаления избыточной воды из различных осадков;

в) пропитывания пористых материалов (например, древесины) растворами некоторых веществ;

г) нарезания проволокой брусьев из сырой глины в производстве кирпича.

3. Электроосмос используется для:

а) анализа и разделения белков;

б) нанесения защитных и декоративных покрытий.;

в) получения полупроводниковых материалов путем электрофоретического осаждения тонких пленок на твердую основу;

г) нарезания проволокой брусьев из сырой глины в производстве кирпича.

4. Свежеосажденный осадок гидроксида алюминия обработали небольшим количеством соляной кислоты, недостаточным для полного растворения осадка. При этом образовался золь $Al(OH)_3$. К какому электроду будут перемещаться частицы золя в электрическом поле:

а) катоду;

б) аноду;

в) не будут перемещаться;

г) нельзя сказать определенно.

5. Какие составные части коллоидной частицы движутся в электрическом поле:

а) ядро;

б) агрегат;

в) мицелла;

г) диффузный слой;

6. Установите соответствие:

Содержание понятия	Понятие
а) Потенциал, возникающий на границе адсорбционного и диффузного слоев.	а) Электрокинетический или ζ-потенциал.
б) Потенциал, возникающий на границе скольжения между адсорбционным и диффузным слоями при отрыве части диффузного слоя.	б) Адсорбционный потенциал Штерна.
в) Потенциал, возникающий на границе раздела твердое тело – раствор при образовании двойного электрического слоя.	в) Термодинамический потенциал

7. Установите соответствие:

Содержание понятия	Электрокинетическое явление
а) Появление скачка потенциала при оседании тонкодисперсных частиц.	а) Электрофорез
б) Движение частиц дисперсной фазы под действием электрического поля.	б) Электроосмос
в) Движение частиц дисперсионной среды под действием электрического поля.	в) Эффект Дорна
г) Появление скачка потенциала при продавливании жидкости через пористую поверхность или капилляр.	г) Эффект Квинке

8. Установите соответствие:

Технологический процесс	Электрокинетическое явление
а) Транспортировка жидкостей по трубопроводам;	а) Электрофорез
б) Осаждение эмульсий и суспензий;	б) Электроосмос
в) Осушение грунтов;	в) Эффект Дорна
г) Нанесение защитных покрытий на различные поверхности.	г) Эффект Квинке

9. Какой механизм не осуществляется при образовании двойного электрического слоя:

а) поверхностная диссоциация;

б) поверхностная адсорбция;

в) ориентация диполей;

г) поверхностная ассоциация.

10. Чем характеризуется изоэлектрическое состояние мицеллы золя:

а) отсутствием скачка потенциала на границе твердое - жидкость;

б) отсутствием диффузного слоя противоионов;

в) отсутствием адсорбционного слоя противоионов;

г) «отрывом» диффузного слоя.

Задания для подготовки к контрольной работе

Вариант 1

1. Определить удельную поверхность никеля $S_{уд}$ ($м^2/г$) по данным адсорбции на нем стеариновой кислоты из раствора в бензоле, если максимальная адсорбция кислоты $\Gamma_{max}=4{,}8\times10^{-5}$ моль/г. Площадь, занимаемая одной молекулой стеариновой кислоты в плотном монослое $B_0=20{,}5$ $А^2$.

2. Используя правило Дюкло-Траубе, оценить поверхностную активность капроновой кислоты $CH_3(CH_2)_4COOH$, если известно, что в указанном интервале концентраций поверхностное натяжение водного раствора масляной кислоты $CH_3(CH_2)_2COOH$ изменяется следующим образом:

C_0, моль/л	$3{,}125\times10^{-2}$	$6{,}250\times10^{-2}$
σ, дн/см	65,8	60,4

3. Вывести уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра. Как его можно представить в линейных координатах?

Вариант 2

1. Как осмотическое давление зависит от размера частиц?

2. Напишите формулу мицеллы золя сульфата бария, получаемого по реакции обмена между нитратом бария и сульфатом калия в случае избытка нитрата бария.

3. Рассчитайте электрокинетический потенциал частиц золя сферической формы, если внешняя ЭДС равна 120 В, расстояние между электродами равно 20 см, вязкость среды равна 4,5*10-3 Па*с, относительная диэлектрическая проницаемость среды равна 60, электрофоретическая подвижность равна 10*10-9 м/(В*с). Какова скорость электрофореза?

Вопросы к защите лабораторных работ

Тема № 5

Контрольные задания к лабораторной работе «Адсорбция на поверхности раздела «жидкость - газ»:

1. Дать определение «поверхностного натяжения» с точки зрения 1) энергии; 2) силы; указать единицы измерения (система СИ).

2. Назвать методы измерения поверхностного натяжения, раскрыть их сущность, написать рабочие формулы.

3. Описать метод Ребиндера, установку для эксперимента, привести формулу расчета поверхностного натяжения.

4. Как зависит поверхностное натяжение от температуры?

5. Какие вещества называют поверхностно-инактивными и ПАВ? Каково их состояние на границе раздела фаз при различных концентрациях?

6. Как зависит поверхностное натяжение от концентрации ПАВов и концентрации поверхностно-инактивных веществ в растворе?

7. Что называется адсорбцией и в каких единицах её измеряют? Адсорбционное уравнение Гиббса, его анализ.

8. Что называют поверхностной активностью? Её физический смысл, определение ее графическим методом.

9. Каков физический смысл отрицательной гиббсовской адсорбции?

10.Влияние строения молекул ПАВ на их поверхностную активность. Правило Дюкло-Траубе. Действие правила Дюкло-Траубе в полярной и неполярной средах.

Тема № 6

Контрольные задания к лабораторной работе «Адсорбция на поверхности раздела фаз»:

1. Что такое адсорбция? Какие причины обуславливают адсорбционную способность вещества? Приведите примеры адсорбционных процессов в промышленности и быту.

2. Что такое адсорбент, адсорбат? В чем суть процесса адсорбции? Чем понятие «абсорбция» отличается от понятия «адсорбция»?

3. Гетерогенный катализ. Объясните роль адсорбции в процессах гетерогенного катализа. Каково влияние катализатора на энергию активации?

4. Что такое адсорбция и десорбция? Как количественно выражают адсорбцию? Что такое адсорбционное равновесие и чем оно характеризуется? Как можно сместить адсорбционное равновесие?

5. Чем отличается процесс физической адсорбции от химической адсорбции?

Представьте график зависимости количества адсорбированного вещества Г от температуры при постоянном давлении для физической и химической адсорбции.

6. Как можно сместить адсорбционное равновесие?

7. В каких случаях величина поверхностной активности зависит: от природы полярной группы молекулы ПАВ; от природы и размеров неполярной (гидрофобной) части молекулы ПАВ?

8. Как поверхностная активность вещества зависит от его молярной массы в пределах гомологического ряда? Дайте формулировку правила Траубе.

9. Приведите строение адсорбционного слоя при адсорбции ПАВ на соответствующих адсорбентах из водных и неводных сред?

10. Как рассчитать толщину адсорбционного слоя и «посадочную» площадку молекул ПАВ, зная зависимость поверхностного натяжения от состава раствора?

11. Каков физический смысл коэффициента В в уравнении изотермы Ленгмюра:

$\Gamma = \Gamma\infty BP/(1 + BP)$? Представьте график изменения количества адсорбированного вещества (Г) в зависимости от времени для температур T_1 и T_2, причем $T_1 < T_2$.

12. Влияние строения молекул ПАВ на их поверхностную активность. Правило Дюкло-Траубе. Действие правила Дюкло-Траубе в полярной и неполярной средах.

Тема № 8

Контрольные задания к лабораторной работе «Коагуляция дисперсных систем»:

1. Что такое агрегативная устойчивость и с какими особенностями дисперсной системы она связана?

2. Чем отличаются и как связаны между собой два вида устойчивости дисперсных систем - агрегативная и седиментационная?

3. Что такое коагуляция? Почему она характерна только для лиофобных систем?

4. При каких условиях в лиофильных и лиофобных дисперсных системах возможно структурирование? Чем характеризуются такие условия в каждом случае?

5. Какие существуют факторы стабилизации дисперсных систем и каков механизм их действия?

6. Что такое порог коагуляции электролита? Какую размерность он имеет?

7. В чем суть эмпирического правила Шульца - Гарди при коагуляции золей электролитами?

8. Что такое расклинивающее давление и от каких факторов зависит его величина?

9. Какие ионы электролита $MgSO_4$ являются коагулирующими для золей гидроксида железа и диоксида марганца?

10. Каков механизм защитного действия крахмала? Какой фактор стабилизации проявляется в данном случае?

11. В чем состоит механизм влияние электролитов на коагуляцию?

Контрольные задания к лабораторной работе «Седиментационный анализ»:

1. В чем состоит физическая суть явлений диффузии и броуновского движения?

2. Какие особенности молекулярно-кинетических свойств имеют дисперсные системы в сравнении с истинными растворами?

3. От каких факторов зависят коэффициент диффузии и величина броуновской площадки?

4. Для каких дисперсных систем можно использовать седимснтационный анализ в гравитационном поле? в центробежном поле?

5. Какие виды дисперсионного анализа можно применять для высокодис- персных систем?

6. Каковы условия соблюдения закона Стокса при осаждении частиц?

7. Каков порядок расчета радиуса частиц в седиментационном анализе?

8. Как по интегральной и дифференциальной кривым распределения частиц по размерам можно определить фракционный состав и удельную поверхность системы?

Рекомендуемая литература

Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Зимон А.Д. Коллоидная химия: Общий курс. Москва: URSS, 2022. 342 с. https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=277130
2	Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов. Москва: Альянс, 2009. 464 с. https://search.rsl.ru/ru/record/01004415602
3	Теоретические основы общей химии: учебник / Апакашев Р. А., Красиков С. А. - Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2011. – 241 с.
4	Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие / под ред. В. В. Назарова, А. С. Гродского. Москва: Академия, 2007. 374 с. https://istina.msu.ru/publications/book/83960020/

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1	Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: сборник примеров и задач: учебное пособие / Е. В. Михеева, Н. П. Пикула. Томск: Изд-во ТПУ, 2013. http://window.edu.ru/resource/839/73839
2	Справочник по общей и неорганической химии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Лидин Р. А. - М.: Колосс, 2013. – 287 с. http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953204651.html
3	Экспресс - обучение по решению химических задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / Семенов И.Н. - СПб.: Химиздат, 2017. – 128 с. http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082922.html
4	Тесты по химии. Часть I: учебно-методическое пособие для выполнения заданий курса «Химия» для студентов всех специальностей. / Меньшиков С. Ю., Чупахина Т. И., Потапов А.М. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 31 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебно-методической работе

_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.08 ТЕРМООБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Салина В.А., к.т.н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Термообработка материалов» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

1) выполнение домашних заданий;
2) освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины;
3) подготовка к зачету.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам термической обработке материалов;

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Термообработка материалов». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 3, 4, 5, 6]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы, которые являются основой подготовки к зачету.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

Тема 1. Строение, свойства и способы испытания металлов. Основы теории термической обработки.

[1].

Виды кристаллических решеток. Элементарная ячейка. Анизотропность и спайность кристаллов. Аллотропия металлов. Кристаллизация металлов. Основные свойства металлов. Механические испытания. Методы физико-механического анализа металлов. Диаграммы состав – свойство.

Дополнительная литература: [3], [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Что такое кристаллическая решетка?
2. Что такое элементарная ячейка?
3. Описать процесс кристаллизации металлов?
4. Характеристика основных свойств металлов.
5. Характеристика механических испытаний.
6. Что называют макро- и микроанализом шлифа?
7. Какие процессы характеризуют диаграммы состояния?

Тема 2. Классификация видов термической обработки материалов [1].

Виды термической обработки по группам. Фаза перекристаллизации. Термопластическая обработка. Четыре основных превращения в стали.

Дополнительная литература: [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Основные виды термической обработки.
2. Определение химико-термической обработки.
3. Определение термопластическая обработка.
4. Какие существуют четыре основных превращения в стали?

Тема 3. Виды отжига сталей: отжиг I рода, отжиг II рода. Нормализация сталей [1].

Гомогенизация (диффузионный отжиг). Рекристаллизационный отжиг. Отжиг для снятия остаточных напряжений. Полный, неполный отжиги. Изотермический отжиг. Нормализация стали.

Дополнительная литература: [3], [4], [5], [6].

Контрольные вопросы:

1. Что такое гомогенизация (диффузионный отжиг)?
2. Что такое рекристаллизационный отжиг?
3. Характеристика отжига для снятия остаточных напряжений.
4. Характеристика полного, неполного отжигов.
5. Описать методику проведения нормализации стали.

Тема 4. Закалка сталей: температурный режим, охлаждение, изотермическая закалка. Виды поверхностной закалки [1].

Выбор температуры закалки. Выбор среды (атмосферы) для нагрева при термической обработке. Охлаждающие среды для закалки.

Дополнительная литература: [3], [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Поясните условия температурного режима закалки.
2. Какие применяют атмосферы при термической обработке?
3. Характеристика охлаждающие сред для закалки.
4. Какие существуют виды поверхностной закалки?

Тема 5. Отпуск закаленной стали. Фазовые превращения. Влияние легирующих элементов на процесс отпуска [1].

Характеристика отпуска стали. Условия проведения низко-, среде- и высокотемпературного отпуска стали. Легирующие элементы и их свойства.

Дополнительная литература: [4], [5], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое отпуск закаленной стали?
2. Охарактеризуйте три вида отпуска.
3. Какие превращения протекают при отпуске стали?
4. Назовите элементы для легирования стали.

Тема 6. Основное оборудование для термической обработки стали [1].

Устройство печей, нагревательных приборов. Режимы работы. Принципы работы.

Дополнительная литература: [4], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные элементы электропечи.
2. Принцип работы нагревательной печи.
3. Источники высококонцентрированной энергии.

Тема 7. Дефекты, возникающие при термической обработки стали [1].

Виды дефектов. Недостаточная твердость. Образование мягких пятен. Повышенная хрупкость. Окисление и обезуглероживание поверхности. Деформация. Коробление. Трещины.

Дополнительная литература: [2], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Назовите какие существуют виды дефектов.
2. Охарактеризуйте дефекты: недостаточная твердость, образование мягких пятен.
3. Охарактеризуйте дефекты: повышенная хрупкость, окисление и обезуглероживание поверхности.
4. Охарактеризуйте дефекты: деформация, коробление, трещины.

Тема 8. Термическая обработка чугунов: серый и белый чугуны [1].

Структура чугуна и его свойства. Поучение чугуна. Формы графита. Графитовые включения в чугуне.

Дополнительная литература: [3], [5], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают виды чугунов в зависимости от состояния углерода.
2. Назовите виды чугуна по строению металлической основы.
3. Нарисуйте микроструктура чугуна с пластинчатой формой графита.
4. Нарисуйте микроструктура серого чугуна.
5. Назовите и опишите формы графита в чугуне.

Тема 9. Процессы химико-термической обработки стали. Цементация стали [1].

Стадии процесса химико-термической обработки. Твердая цементация. Карбюризатор. Газовая цементация.

Дополнительная литература: [3], [4], [6], [7].

Контрольные вопросы:

1. Назовите три стадии процесса химико-термической обработки.
2. Охарактеризуйте процесс диссоциации при химико-термической обработке.
3. Охарактеризуйте процесс абсорбции.
4. Охарактеризуйте процесс диффузии.
5. Методика проведения цементации стали.

Тема 10. Азотирование сталей. Ионное азотирование [1].

Методика азотирования стали. Применение. Отличие процесса ионного азотирования стали от азотирования.

Дополнительная литература: [2], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое азотированием стали?
2. Условия проведения процесса азотирования.
3. Что такое ионное азотирование?
4. Условия проведения ионного процесса азотирования.

Тема 11. Нитроцементация: насыщением поверхности стали углеродом и азотом [1].

Методика процесса нитроцементации стали. Химические реакции. Применение.

Дополнительная литература: [5], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое нитроцементация?
2. Методика проведения нитроцементации стали.
3. Химические реакции.
4. Применение нитроцементации в промышленности.

Тема 12. Цианирование, борирование, силицирование [1].

Методика процесса цианирования. Методика процесса борирования. Методика процесса силицирования.

Дополнительная литература: [3], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое цианирование?
2. Что такое борирование?
3. Что такое силицирование?

4. Химические реакции, протекающие при цианировании, борировании, силицировании.

Тема 13. Диффузионная металлизация: алитирование, хромирование, цинкование [1].

Диффузионная металлизация стали и ее виды. Комбинированные процессы. Свойство диффузионно-металлизированной поверхности.

Дополнительная литература: [4], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое алитирование?
2. Что такое хромирование?
3. Что такое цинкование?
4. Какие существуют виды диффузионной металлизации?
5. Свойство стали, обработанной диффузионной металлизацией.

Список литературы

1. Металловедение / Гуляев А.П. – М.: Металлургия, 1983. – 648 с.
2. Металловедение и термическая обработка металлов: учебник для ВУЗов / Лахтин Ю.М. - М.: - Металлургия, 1983. – 360 с.
3. Технология металлов и конструкционные материалы / Никифоров В.М. – М.: Высшая школа, 1968. – 360 с.
4. Металловедение и термическая обработка: учебник для ВТУЗа / Болховитинов Н.Ф. - М.: МАШГИЗ, 1961. – 464 с.
5. Материаловедение: учебник для ВТУЗа / Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - М.: Машиностроение, 1986. – 384 с., ил.
6. Металловедение и термическая обработка стали: справочник в 3-х томах. / Под ред. Бернштейн М.Л., Рахштадта А.Г. Т. 1. Кн. 1. – М.: Металлургия, 1983. – 304 с.
7. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник. – Спб.: Химиздат, 2004. – 735 с.
8. Гормаков А.Н. Материаловедение: учеб.-метод. пособие. – Томск: ТПУ, 2003. – 120 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе
_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.09.09 ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Специальность -

21.05.04 Горное дело

Специализация -

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Зубов В.В., к.т.н., Адас В.Е.

Одобрен на заседании кафедры

Эксплуатации горного оборудования
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Симисинов Д.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2024
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией факультета

Горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)

Екатеринбург

ВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

Самостоятельная работа студентов — это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того, самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

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.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как вне, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса: *для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- *просмотр обучающих видеозаписей. для закрепления и систематизации знаний:*
- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам. *для формирования навыков и умений:*
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям: *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- *просмотр обучающих видеозаписей. для закрепления и систематизации знаний:*
- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам. *для формирования навыков и умений:*
- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям: *для овладения знаниями:*

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами. *для закрепления и систематизации знаний:*
- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов. *для формирования навыков и умений:*
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе: *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами. *для закрепления и систематизации знаний:*
- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки. *для формирования навыков и умений:*
- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией — это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

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;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя: *для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них. *для формирования навыков и умений:*
- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) - форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту): *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест — это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца 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 выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практик ориентированные задания.

Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание - средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практикоориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебно-методической работе

_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.10 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВПО

«Уральский государственный горный университет»

Т.И. Чупахина

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методы получения нанопорошков

Екатеринбург 2022

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2022

Рецензент: А.В.Колтунов, доцент кафедры ОПИ Уральского государственного горного университета

Цель данного пособия - подготовить студентов к выполнению лабораторного практикума, помочь усвоении материала в курсе лекций.

В методической разработке рассмотрена схема возникновения поверхностного натяжения, методика его экспериментального определения методом максимального давления в газовом пузырьке, способ расчёта адсорбции в растворах

Составили: проф. Т.И. Чупахина, к.х.н.

С Уральский государственный горный университет, 2022

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ВВЕДЕНИЕ

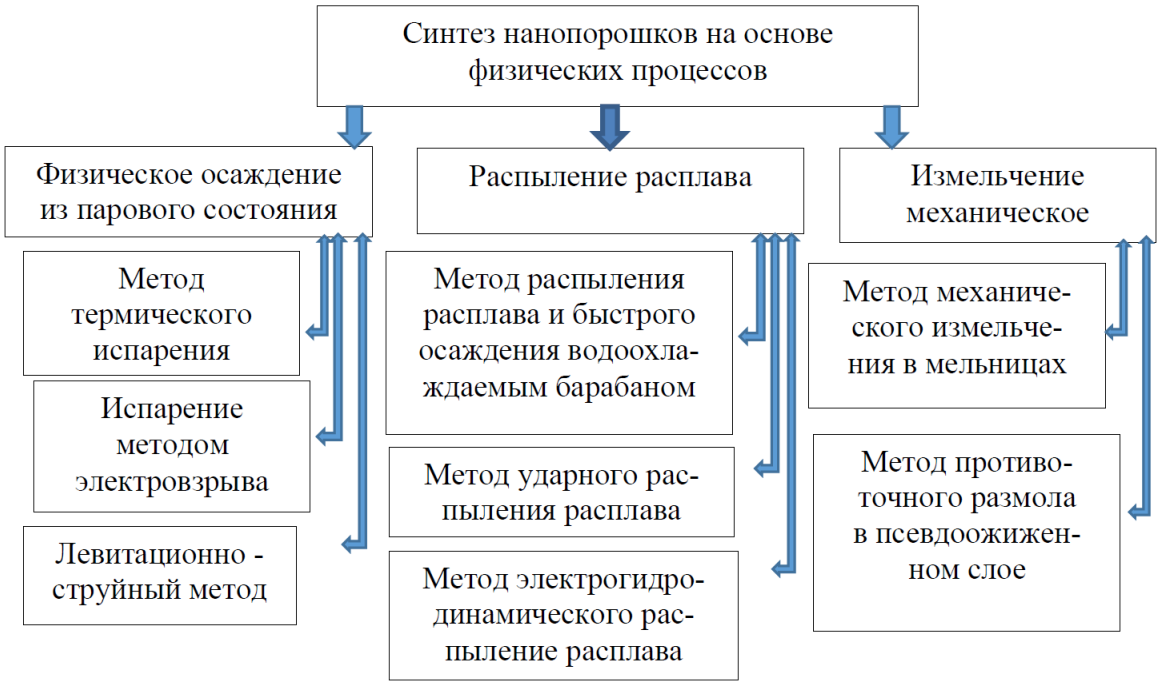
В обычных макротелах, с которыми мы все привыкли иметь дело в обыденной жизни, площадь поверхности тела невелика, по сравнению с его объемом. Все физические свойства тела определяются физическим свойствами объемного образца, хотя многочисленные исследования установили, что свойства поверхности твердого тела существенно отличаются от свойств объемного образца.

Как выразился один из величайших физиков - Джозайя Уиллард Гиббс - Бог создал мир, а дьявол создал поверхность. При диаметре порядка 10 - 15 ангстрем практически вся частица представляет собой поверхность, и свойства ее будут совершенно уникальными. При диспергировании резко возрастает активность вещества в твердом состоянии и скорость физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Скорость такого взаимодействия всегда пропорциональна величине поверхности. Чем тоньше структура вещества, тем быстрее оно растворяется или тем быстрее протекают твердотельные реакции, например, при взрывах.

В последнее время значительное внимание уделяется нанокристаллическим материалам, что вызвано, как минимум, двумя причинами. Во-первых, уменьшение размера кристаллитов – традиционный способ улучшения таких свойств материала, как каталитическая активность, активность в твердофазных реакциях, процессах спекания. Вторая причина – проявление веществом в нанокристаллическом состоянии особых свойств (магнитных, оптических и др.), не характерных для объемных материалов и обусловленных проявлением квантовых эффектов. Поэтому получение и исследование нанокристаллических материалов является важным этапом в создании техники нового поколения.

В соответствии с принятой классификацией, к числу «наноразмерных» относят объекты, имеющие «наноразмер», хотя бы в одном направлении – кристаллы, пленки, трубки.

В настоящем пособии рассматриваются методы получения нанопорошков. Они подразделяются на синтез на основе физических процессов и синтез на основе химических процессов. На рис. 1 представлены



физические методы

В литературе приводится около десятка классификаций этих методов по разным физическим и химическим принципам. Например, существует классификация методов по принципу изменения размера частиц в ходе синтеза: - ***диспергационные*** методы (основаны на диспергировании исходных материалов). Альтернативой является противоположный подход -- ***конденсационные*** методы (основаны на получении наночастиц из систем, в которых вещества диспергированы на молекулярном (атомном) уровне). Не менее продуктивной и логичной является классификация методов по ***агрегатному состоянию*** исходных веществ: - газофазные - жидкофазные - твердофазные. В настоящем пособии используется классификация *по принципу изменения размера частиц в ходе синтеза.* Рассмотрим некоторые из них.

I. Физические методы.

1.1. Механическое дробление

Механическое воздействие приводит к появлению упругих напряжений в кристалле. Вследствие анизотропии кристаллической решетки, особенностей электронных и ионных свойств, различия в природе и энергии химических связей в структуре, релаксация упругих напряжений может осуществляться по различным механизмам. Такими механизмами могут быть колебательное возбуждение, электронное возбуждение и изменение степени ионности химических связей, разрыв связей, перегруппировки атомов, миграция атомов и ионов. Варьируя интенсивность и характер подводимых к твердому телу механических воздействий можно контролировать свойства материалов, полученных механической активацией. Метод механического дробления хорошо отработан для получения нанопорошков металлов и сплавов. Помол оксидных материалов также позволяет получить порошки с размером частиц десятки-сотни нм. Для получения более мелких частиц этих веществ используют другие методы. Для помола используются шаровые, вибрационные, планетарные и другие мельницы. При совместном помоле порошков возможно образование механических сплавов (эффект механохимического сплавления компонетов, несмешивающихся в равновесных условиях). Размер частиц зависит от температуры плавления металла и времени помола (от нескольких часов до нескольких суток). Чем больше температура плавления металла и больше время помола, тем меньший размер частиц может быть достигнут. Например, при одинаковых условиях помола минимальный размер частиц алюминия (температура плавления 6600С) составил 20 нм, а вольфрама (температура плавления 33950С) – 6 нм. Особенно мелкие частицы получаются при помоле металлических порошков в среде жидкого азота или аргона (криопомол). Это связано с увеличением хрупкости металлов при понижении температуры. Нанопорошки, полученные в среде жидкого азота, покрыты тонкой поверхностной оксидно-нитридной пленкой, вследствие чего они обладают повышенной стойкостью к спеканию

и сохраняют размер частиц при нагревании до 900-9500С. ***Недостатком этого метода является загрязнение порошка материалом мелющих тел, длительность процесса и большая энергоемкость.***

1.2. Ультазвуковое диспергирование

Наночастицы можно получить путем ультразвукового измельчения веществ, переведенных в состояние коллоидных растворов. Этот метод особенно эффективен для веществ слоистого строения. Более того, для веществ слоистого строения возможно самопроизвольное диспергирование твердых тел в жидкой фазе. Слоистые вещества, например, MoS_2 характеризуются слабым ван-дер-ваальсовым взаимодействием между отдельными слоями Mo-S-Mo. Поэтому молекулы растворителя, проникая между слоями вещества, увеличивают межслоевое расстояние, взаимодействие между слоями ослабевает и под действием тепловых колебаний становится возможным отрыв наночастиц от поверхности макрофазы. Так, обнаружено, что дисульфиды молибдена и вольфрама диспергируют в ацетонитриле с образованием бислойных частиц нанометрового размера. Ультразвуковая обработка дисперсной системы с крупными частицами твердого вещества также может приводить к образованию наночастиц. Таким способом получены наночастицы MoS_2, WS_2, PbI_2 и α-Fe_2O_3. Нанокристаллы слоистого вещества PbI_2 имеют дискообразную форму с дискретными «магическими» размерами диска. Предполагается, что для устойчивая наночастица PbI_2 минимального размера, представляет собой наименьший кристаллит, сохраняющий гексагональную симметрию макроскопического кристалла. Такой кристаллит состоит из двух слоев иода по семь атомов и двух слоев свинца. Аналогичную форму имеют и нанокристаллы MoS_2.

1.3. Механохимический синтез нанокомпозитов и наночастиц

Наиболее высокой эффективностью и экологической чистотой обладают “сухие” технологии, не требующие вообще (или минимизирующие

использование) растворителей для проведения химических реакций. Механохимические процессы отвечают этим требованиям. Эти процессы основаны на механической активации твердофазных реакций, протекающих в ходе помола в шаровых или планетарных мельницах. Важно, что подводимая механическая энергия, нередко индуцирует химическое взаимодействие.

Для оптимизации условий механической активации необходимо учитывать целый ряд факторов, так как механизм механохимической реакции включает множество стадий (начальной деформации кристаллических структур реагентов, образования, накопления и взаимодействия точечных и линейных дефектов, диспергирования вещества на блоки, образования промежуточных метастабильных состояний на контакте фаз, химической гомогенизации продукта и последующей релаксации до термодинамически равновесного состояния). Наиболее основательно указанные выше процессы изучены в металлических системах, где механохимические реакции проходят достаточно легко. Однако, результаты, полученные в последние годы, указывают на то, что, не менее перспективными для изучения механохимических процессов являются ионные и молекулярные кристаллы. На границах ионных кристаллов существуют двойные электрические слои, заряд и потенциал которых оказывает существенное влияние на протекание межфазного взаимодействия. В молекулярных кристаллах имеется широкий набор химических связей, отличных по природе, направленности и энергетике, каждый из видов которых характеризуется специфическим откликом на механическое воздействие. Варьируя тип и местоположение функциональных групп в молекуле, можно целенаправленно воздействовать на механизм протекания механохимических реакций, что очень важно для синтеза новых материалов. Механохимические процессы идут при относительно низких температурах, когда формирование совершенной кристаллической структуры затруднено, поэтому использование механохимии для синтеза

метастабильных состояний, в частности наночастиц и нанокомпозитов, представляет большой интерес.

В последние годы механохимические методы получения нанокристаллических материалов получили большое развитие. Не менее важно понимание фундаментальных проблем формирования, релаксации и стабилизации метастабильных состояний в процессе механической активации. Как отмечалось ранее, прямое механическое измельчение твердого тела, как правило, не позволяет получить наночастицы, так как механическая активация приводит к ускорению процессов массопереноса за счет образования метастабильных дефектов. Кроме того, часть запасенной упругой энергии переходит в тепло и температура в зоне удара может заметно повышаться. Все это благоприятствует протеканию процессов рекристаллизации вещества и залечивания дефектов, препятствующих дальнейшему измельчению. В этом аспекте, более перспективными для получения наночастиц являются процессы механической активации гетерогенных смесей. На первой стадии активации вещество, обладающее большей твердостью (и поверхностной энергией), действует в качестве измельчителя, что интенсифицирует процесс измельчения более мягкого компонента. На более глубоких стадиях может произойти более глубокое диспергирование, причиной которого может стать межфазное поверхностное взаимодействие между компонентами: мягкий компонент будет играть роль поверхностно- активного вещества и способствовать измельчению более жесткого компонента за счет эффекта Ребиндера. Поэтому наиболее эффективным методом получения нанокомпозитов являются механохимические реакции в гетерогенных смесях. В этом случае наночастицы новой фазы образуются на контакте реагирующих фаз или в 10 результате распада метастабильных состояний, полученных при механической активации смеси. Уникальной особенностью механохимических процессов является возможность так называемого деформационного смешивания (или механического сплавления) компонентов смеси, т.е. перемешивания исходных компонентов на атомном уровне.

Деформационное смешивание происходит при низких температурах, когда диффузионные процессы и другие релаксационные заторможены, что позволяет стабилизировать различные метастабильные промежуточные продукты, в том числе наноразмерные частицы.

1.4. Метод разложения

Нанопорошки простых оксидов можно получить таким простым способом как разложение термически нестойких солей (нитратов, сульфатов, ацетатов, оксалатов) и гидроксидов. При разложении этих веществ выделяются газообразные продукты, что приводит к диспергированию твердого продукта реакции. Как правило, чем ниже температура проведения процесса, тем мельче частицы образующегося оксида. Поэтому наиболее мелкодисперсные оксиды получаются при разложении гидроксидов, т.к. температура их разложения, в ряде случаев, обычно ниже, чем солей. Например, как следует из литературных источников, самые мелкие частицы оксида никеля (5 нм) получаются при разложении гидроксида никеля при температуре 2200С. При разложении нитрата при 3500С образуется порошок с размером зерен 40 нм, а при разложении ацетата при 3750С – порошок NiO со средним размером частиц 23 нм . Таким образом, этот простой метод, не требующий никакогооборудования, кроме печи, позволяет получать нанопорошки простыхоксидов с размером (однако трудно контролируемым) частиц порядкаединиц-десятков нанометров.

II. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

К химическим методам получения наночастиц относятся методы, в основе которых лежат химические реакции. Химические методы получения наночастиц представлены на рис. 2

2.1. Метод химического осаждения из паровой фазы

Данная группа методов основана на использовании химических реакций соединений металлов, находящихся в газовой фазе. При этом эти соединения в определенной зоне реакционной камеры термически разлагаются с образованием твердого осадка в виде нанопорошка и газообразных веществ

или вступают в химические реакции также с образованием порошка и газообразных веществ.



Рис.2. Химические методы получения наночастиц и наноматериалов

2.1.1. Метод химического осаждения из газового состояния (ХОГС). При данном методе состав испарённого газа и состав полученного нанопорошка существенно отличаются. Испаренное вещество, находясь в определенной зоне реакционной камеры, подвергается термическому разложению или происходят восстановительные химические реакции с дополнительными газообразными соединениями, как правило, при пониженном давлении. При этом возникшие нелетучие продукты реакций быстро осаждаются. Осаждение происходит в результате большого количества химических реакций, протекающих в газовом состоянии вблизи от поверхности. ХОГС иногда называют реактивным осаждением из газового или парового состояния. При ХОГС осаждение происходит в виде нано-порошка, если химическая реакция

образования его НЧ в твердой фазе протекает только в газовом состоянии. *2.1.2. Метод высокотемпературного гидролиза* – это взаимодействие соединений, обычно хлоридов, которое происходит в водородно-кислородном пламени, приводящее к образованию многокомпонентных НС и получению нанопорошков, например оксида кремния SiO_2, оксида титана TiO_2, оксида алюминия Al_2O_3.

2.2. Высокоэнергетический синтез

Данная группа технологий основана на использовании реакций, протекающих с высокой скоростью в условиях, далеких от равновесия при высокоэнергетическом воздействии.

2.2.1. Детонационный метод синтеза, в процессе которого ударная волна с усилием порядка 10 МПа, воздействуя на исходные вещества, создает нанопорошки. По этому методу взрывом органических веществ с высоким содержанием углерода и низким содержанием кислорода был получен алмазный нанопорошок (размерностью несколько нанометров) из смеси графита с металлами. Применим для получения нанопорошков оксидов алюминия, магния, цинка, а также некоторых морфологических форм углерода.

2.2.2 Плазмохимический метод. При воздействии на металлы или гало-гениды СВЧ плазматронами (с плазмой температурой порядка 10_4 °С и ак-тивными веществами, такими как азот, кислород) с высокой скоростью первоначальный материал переходит из твердого состояния в газообраз-ное, последующее конденсирование позволяет получать особо прочные соединения – карбиды, бориды, нитриды. Этот метод используют и для получения фуллеренов.

2.3. Осаждение из растворов

Основой данной группы методов является проведение химических реакций в водных растворах солей.

2.3.1. Метод химического осаждения из растворов используют для получения достаточно большого количества нанопорошков оксидов металлов, состоящих из нескольких компонентов, при допуске в присутствии примесей. Для этого в растворы азотно-кислых солей металлов добавляют растворы щавелевых кислот, аммиак или другой осаживающий материал. Технология подразумевает выдерживание определенных температур и кислотности, если применить термообработку, можно получить нанопорошки металлов.

2.3.2. Золь-гель метод наиболее оптимален для создания наноструктурной керамики. Процесс включает в себя следующие стадии: приготовление растворов алкоксидов, их каталитическое взаимодействие с последующим гидролизом, конденсационная полимеризация, дальнейший гидролиз. В результате синтеза получаются однородные, особочистые разнообразные нанопорошки.

2.3.3. Метод жидкофазного восстановления используют для металлов с низким значением окислительно-восстановительного потенциала для получения их нанопорошков. Для элементов подгруппы В1 таблицы Менделеева, перемещаясь сверху вниз окислительно-восстановительный потенциал увеличивается. По отношению к кислороду потенциал у Cu и Ag – отрицательный, а у Au – положительный. К обладателям низкого окисли-тельно-восстановительного потенциала относят медь, серебро.

2.3.4. Метод гидротермального синтеза применяют не только для деструкции токсичных веществ в реакторах, но и при определенных технологических условиях (высокое давление порядка 10^3 атм. и температура в диапазоне 100–400 °С) в водных системах при периодической промывке.

2.3.5. Микроэмульсионный метод. Синтез происходит при смешивании двух микроэмульсий. Первая микроэмульсия – это водный раствор соли металла, а вторая пред-ставляет собой раствор восстановителя. В результате броуновского движения между микроэмульсиями происходит обмен компонентами. Возникает химическая реакция, которая приводит к образованию наночастиц. Микроэмульсионным методом получают

сплавы металлов или системы металлов с чрезвычайно малым размером доменов. Сплав двух металлов получают смешиванием соответственно микроэмульсии с солью первого металла, солью второго металла и ПАВ (тип М/В). В табл. 1 приведены типы соединений, из которых можно получать наночастицы микроэмульсионным методом.

Таблица 1.

Тип соединения	Наименование
Металлы и сплавы	Pt, Rh, Pd, Cu, Co, Ag, Au, Ni
Оксиды и гидроксиды металлов	CuO, ZrO_2, CeO_2, TiO_2, $Ca(OH)_2$
Полупроводники	ZnS, PbS, CdS, CdTe, ZnSe, Ce-Tb, Ce-Zr
Соли	$CaCO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$, $CaSO_4$, $BaSO_4$
Магнитные соединения	Fe_2O_3, Fe_3O_4

2.3.6. Криохимический метод применяют для получения гомогенных нанопорошков металлических оксидов сложного состава в определенных соотношениях. В его основе лежит резкое понижение температуры рас-творов солей, а также сушка резким понижением давления (молекулярная сушка) и последующее термическое разложение (рис. 3). Этот метод используется для получения нанопорошков иттрия и циркониево-корундовых нанокомпозитов.

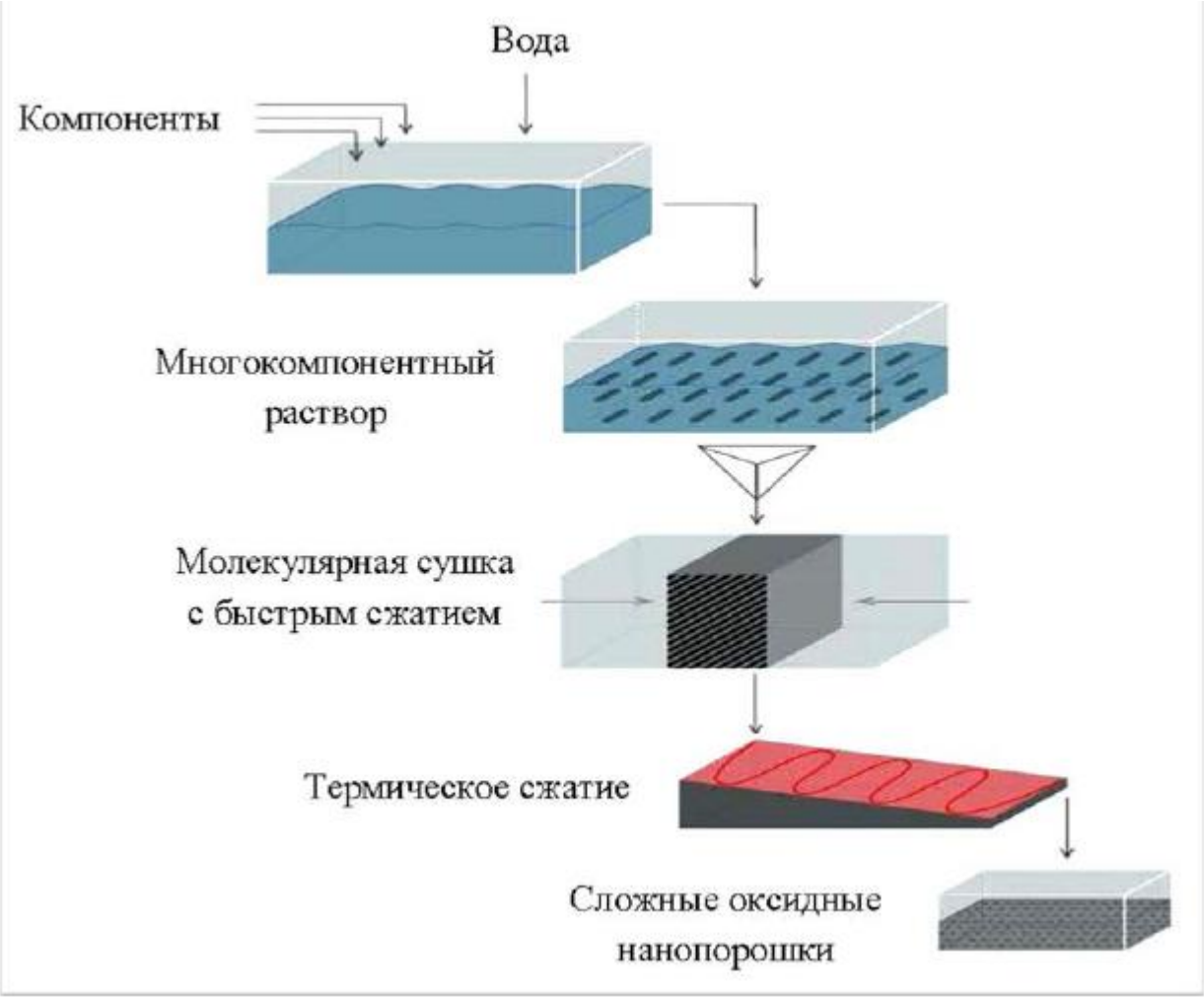


Рис.3. Схема криохимического метода.

2.4. Методы сжигания нитрат-органических прекурсоров

Методы основаны на термообработке смесей необходимых исходных компонентов, взятых в легко-восстановительной форме и «горючего», в качестве которого обычно используют такие органические соединения, которые легко окисляются и не вносят загрязнений в получаемый продукт (глицин, лимонная кислота, мочевина и др). В процессе сжигания происходит выделение большого количества газообразных продуктов, которые разрыхляют исходные компоненты, позволяя получить керамику в мелкодисперсном состоянии.

2.4.1. Глицин-нитратный метод. В данном методе роль органического топлива играет глицин (аминоуксусная кислота). Она же выступает в роли бидентантного лиганда, с которым большинство двух – и трехвалентных d-металлов способны образовывать более или менее устойчивые комплексы.

Синтез сложного оксида по глицин-нитратной технологии проводят следующим образом. Растворы нитратов металлов, взятые в стехиометрических количествах, необходимых для синтеза сложного оксида или твердого раствора на его основе, смешивают с глицином. Смесь упаривают. После испарения избытка воды реакционная смесь переходит в гомогенную сиропообразную жидкость. При дальнейшем нагревании смесь самовоспламеняется, в процессе горения происходит формирование частиц оксида. Самовоспламенение происходит при температурах Тс от 150 до 900°С, при этом значение Тс зависит от состава синтезируемого оксида. Реакция протекает быстро и очень бурно. Процесс идет в самоподдерживающемся режиме и завершается, когда топливо полностью заканчивается. Температура пламени варьируется между 1100 и 1450°С в зависимости от глицин-нитратного соотношения. Полученный рыхлый и очень легкий «пепел» содержит продукт реакции, не прореагировавшие простые оксиды, сажу. Газообразными продуктами реакции являются углекислый газ, азот и пары воды. Большое количество газов, выделяющееся при реакции, приводит к диспергированию твердого продукта, в результате чего возможно получение последнего размером частиц порядка десятков-сотен нм. Наиболее мелкие частицы получается при избытке глицина (в 1,25 – 1,6) раз по сравнению со стехиометрическим. Именно в этом случае реакция идет в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, температура пламени достигает наиболее высоких значений, а время синтеза резко сокращается. Глицин, помимо того, что является топливом, также взаимодействует с ионами металлов в растворе, включая их в свою структуру, что повышает растворимость нитратов и предотвращает выпадение осадков при испарении воды. Также он способствует одновременному формированию оксидов металлов в едином температурном интервале, в результате чего реакция формирования сложного оксида протекает в области температур распада реакционной смеси. Из-за малых размеров частиц оксидов время совместной диффузии резко сокращается. Этому также способствует высокая

температура в зоне реакции. В литературе имеется десятки статей по глицин-нитратному синтезу хромитов, кобальтитов, ферритов, галлатов, купратов, манганитов и других сложных оксидов, а также твердых растворов на их основе. Например, синтез допированного галлата лантана состава $LaCo_{1-x}Ga_xO_3$, с x=0,025, 0,05, 0,075, 0,1 проводили по реакции: $La(NO_3)_3$ + $(1-x)Co(NO_3)_2$ + $xGa(NO_3)_3$ + 6 NH_2CH_2COOH = $LaCo_{1-x}Ga_xO_3$ + $(11+x)/2$ N_2 + $12CO_2$ + $15H_2O$. «Пепел», полученный после самовоспламенения, отжигали при температурах 650 – 12000С с промежуточными перетираниями, в результате чего получался мелкодисперсный допированный галлат лантана с удельной поверхностью 20 м2/г. Глицин-нитратный метод позволил получить значительно снизить температуру и время отжига, необходимые для получения конечного продукта, по сравнению с керамическим методом. Глицин-нитратный методом также синтезирован алюмоиттриевый гранат $Y_3Al_5O_{12}$.

2.4.2. Метод Печини. В начале 90-х г.г.XX в. Печини предложил использовать для синтеза неорганических веществ метод, включающий предварительную стадию взаимодействия исходных компонентов в растворе. Как а и в глицин- нитратном методе, исходными веществами для синтеза сложного оксида служили нитраты металлов, водные растворы которых смешивали в стехиометрических количествах, и добавляли в полученный раствор органическое вещество, которое должно удовлетворять двум условиям: 1) образовывать комплексные соединения с искомыми металлами; 2) являться органическим топливом. Этим требованиям хорошо удовлетворяет лимонная кислота, винная кислота, глицин. Таким образом, глицин-нитратный метод является фактически частным случаем метода Печини. В классическом случае в синтезе Печини использовалась лимонная кислота. Синтез Печини также имеет две разновидности. *В первом случае* в растворы нитратов добавляют лимонную кислоту, тщательно перемешивают раствор до ее полного растворения, упаривают. Далее, как и в глицин-нитратном способе, происходит воспламенение смеси с образованием пепла, который отжигают

при более высоких температурах с промежуточными перетираниями, в результате чего формируется ультрадисперсный порошок сложного оксида. *Во втором случае* в раствор нитратов металлов, помимо лимонной кислоты вводят этиленгликоль. Раствор медленно упаривают до образования резиноподобного прекурсора, который затем подвергают термической обработке. В ходе синтеза металлические ионы и лимонная кислота образуют хелатные комплексы. Хелаты имеют свободные гидроксильные группы, за счет которых происходит полиэтерификация хелатов с многоатомным спиртом (этиленгликолем, например). Вследствие этого достигается равномерное распределение ионов различных металлов в резиноподобном прекурсоре, при сжигании которого и последующей термообработке образуется однофазный высокодисперсный сложнооксидный продукт. Как упоминалось выше, вместо лимонной кислоты можно использовать любое другое органическое топливо, способное образовывать комплексы с металлами. Например, в литературе имеется описание синтеза методом Печини нанокристаллического ниобата лития, где в качестве топлива использована мочевина. В результате синтеза, последней стадией которого был изотермический отжиг при 550°С в течение двух часов получен однофазный продукт с размерами частиц менее 1 мкм. Преимущества метода Печини состоят в том, что он позволяет приготовить сложные составы, обеспечивает хорошую однородность через смешение исходных компонентов на молекулярном уровне в растворе, позволяет контролировать стехиометрию в синтезируемых образцах, а также не требует высокой температуры для реализации процесса. Методом Печини обычно получают сложнооксидные материалы с размером частиц порядка сотен нанометров. Метод сжигания имеет множество разновидностей. При приготовлении многокомпонентных смесей (особенно смесей различных по химической природе реагентов) могут возникать трудности с удержанием их в растворимом состоянии. Существуют различные способы переведения всех или нескольких компонентов таких смесей в комплексные соединения с последующей сушкой и сжиганием

полученных полупродуктов. В литературе описано применение солей карбоновых кислот в целях получения оксидных материалов, что привело к созданию нового направления синтеза – карбоксилатной технологии, успешно развиваемой в настоящее время и являющейся перспективной. Описано также получение $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ из растворов солей муравьиной кислоты. Применение формиатов для синтеза $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ позволило получить шихту высокой гомогенности и реакционной способности, не ниже достигнутой при использовании золь – гель метода. В процессе пиролиза формиатов отсутствует возгонка отдельных компонентов с потерей заданного стехиометрического соотношения, которая возможна для нитратных систем. Аналогичным способом синтезирован $SrBi_2Nb_2O_9$ из нитрата стронция, оксалатониобата аммония $NH_4H_2[NbO(C_2O_4)_3]$ и оксида висмута с добавлением мочевины в качестве топлива. Полученное вещество представляет собой тонкодисперсный порошок с размерами кристаллитов 12 – 15 нм и удельной поверхностью 13 – 3 $м^2/г$ в зависимости от температуры обработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Таким образом, в настоящее время разработан целый ряд методов синтеза прекурсоров для получения мелкодисперсных порошков, использующих как разнообразные технологические приемы, так и различные исходные вещества. Однако следует помнить, что свойства нанопорошков чрезвычайно сильно зависят от метода их получения (даже независимо от брутто-состава и содержания примесей). Данное положение становится основополагающим при выборе метода получения наноструктурированного материала. Другими словами, выбор метода синтеза определяется, в первую очередь взаимосвязью: ***«Метод синтеза – Морфология – Функциональные свойства»*** Эпизодичность подобных сведений становится едва ли не основным препятствием на пути расширения круга применения наноструктурированных материалов», и на сегодняшний день, нахождение этой взаимосвязи, с учетом класса вещества, характера

химической связи и специфичности реакционной способности наноматериалов, является едва ли не основной задачей нанохимии твердого состояния.

III. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Перечислите физические методы получения нанопорошков.
2. Как классифицирутся физические методы получения нанопорошков?
3. В чем особенность методов осаждения из растворов, основанных на химических реакциях?
4. Назовите достоинства и недостатки методов механического измельчения получения наночастиц.
5. В чем заключается сходство и различие глицинового метода получения нанопорошков и метода Печчини?
6. Для чего применяют метод гидротермального синтеза?
7. В чем заключаются особенности метода химического осаждения?
8. Для каких веществ эффективен метод ультразвукового диспергирования?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русанов А.И. Термодинамические основы механохимии. – СПб.: Наука, 2006.– 221с.

2. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 288 с.

3. Гусев А.И. Нанометриалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М: ФИЗМТЛИТ, 2005. – 416 с.

4. В.М.Смирнов. Химия наноструктур. Синтез, строение, свойства. СПб, СПбГУ, 1996.

5.Третьяков Ю.Д., Олейников Н.Н., Можаев А.П. Основы криохимической технологии. М.: Высшая школа, 1987. 142с.

6. Г.С.Захарова, В.Л.Волков, В.В.Ивановская, А.Л.Ивановский. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 240 с.
7.Пархоменко В.Д., Сорока П.И., Краснокутский Ю.И., Верещак В.Г. Плазмохимические методы получения порошкообразных веществ и их свойства. // Всесоюзный журнал химического общества им. Д.И.Менделеева. 1991 (2). Т.36. С. 166-170.
8.Коленько Ю.В., Бурухин А.А., Чурагулов Б.Р. и др. Синтез гидротермальным методом нанокристаллических порошков различных кристаллических модификаций ZrO_2 и TiO_2 // ЖНХ. 2002. Т.47, №11. С.1755-1762.
9. Муханов В.А. Синтез гидротермальным методом нанокристаллическихпорошков различных кристаллических модификаций ZrO_2 и TiO_2. //Журн. неорганической химии. 2002. Т.47. № 11. С.1755 – 1762.
10. Мелихов И.В. Тенденции развития нанохимии // Российский химический журнал. 2002 (5). Т. XLVI. С. 7 – 14.

Учебное издание

Корректура кафедры химии

Подписано в печать

Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16

Гарнитура

Печать на ризографе.

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебно-методической работе

_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.11 КОМПОЗИТНЫЕ И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Салина В.А., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Композитные и углеродсодержащие материалы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

1) выполнение домашних заданий;
2) освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [4];
3) подготовка к экзамену;

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам характеристик композитных и углеродсодержащих материалов;

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Композитные и углеродсодержащие материалы». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины [4]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 3, 4]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

Тема 1. Общая характеристика и отличительные особенности композитных материалов [1].

Современное определение композитных материалов. Признаки композитных материалов. Основные компоненты композитных материалов. Матрица. Включение. Межфазная граница. Арматура. Некоторые распространенные композиты.

Дополнительная литература: [2], [3], [5].

Контрольные вопросы:

1. Что такое композит?
2. Какие признаки свойственны композиционным материалам?
3. Что такое матрица?
4. Чем армирующий элемент отличается от матрицы?
5. Какие направления развития КМ существуют в настоящее время?
6. Перечислите современные композиционные материалы.

Тема 2. Структура, свойства и классификация композитных материалов [1].

Классификация композитных материалов по основным признакам. Различные классификации композитных строительных материалов. Виды композитных материалов и их классификация. Структура композитных материалов.

Дополнительная литература: [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируют КМ?
2. Чем отличается сплав от композита?
3. Как классифицируют КМ по основным признакам?
4. Как классифицируют КМ по природе компонентов?
5. Как классифицируют КМ по структуре композита?
6. Как классифицируют КМ по геометрии армирующих компонентов?
7. Как классифицируют КМ по расположению и количеству компонентов?

8. Как классифицируют КМ по методам получения? 9. Какова структура композита?

Тема 3. Полимербетоны [1]**.**

Общая характеристика полимербетонов. Компоненты полимербетонов. Применение полимербетонов.

Дополнительная литература: [3], [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Что такое полимербетоны?

2. Где применяют полимербетоны?

3. Перечислите основные компоненты для изготовления полимербетонов.

Тема 4. Стеклопластики [1].

Общая характеристика стеклопластиков. Свойства и характеристики стеклопластиков. Производство стеклопластика. Примеры изделий из стеклопластика. Применение в строительстве и коммунальном хозяйстве.

Дополнительная литература: [3], [4], [5].

Контрольные вопросы:

1. Что такое стеклопластики?

2. Какие свойства присущи стеклопластикам?

3. Каковы основные методы изготовления стеклопластиковых изделий?

4. Где применяют стеклопластики?

Тема 5. Углепластики [1].

Общая характеристика углепластика. Преимущества. Способы производства.

Дополнительная литература: [4], [5], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое углепластики?

2. Из чего делают углепластики?

3. Где применяют углепластики?

Тема 6. Бороволокниты [1].

Общая характеристика бороволокнита. Свойства. Применение. Перспективы применения боропластика.

Дополнительная литература: [4], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое боропластики?

2. Какие свойства присущи боропластикам?

3. Где применяют боропластики?

Тема 7. Композиционные материалы с металлической матрицей [1].

Общая характеристика композиционных материалов с металлической матрицей. Материалы порошковой металлургии.

Дополнительная литература: [4], [6], [7], [8].

Контрольные вопросы:

1. Что такое порошковая металлургия?

2. Какие материалы изготавливают методами порошковой металлургии?

3. Какие композиционные материалы с металлической матрицей вы знаете?

Список литературы

1. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.

2. Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Соколкин Ю.В. и др. – М.: Наука: Физматлит, 1997. – 240 с.

3. Технология полимерных материалов: учеб. пособие / Николаев А.Ф., Крыжановский В.К., Бурлов В.В.и др.; под ред. Крыжановского В.К. – СПб: Профессия, 2008. – 544 с.

4. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – СПб: Научные основы и технологии, 2008. – 82.

5. Шитова И.Ю., Самошина Е.Н., Кислицына С.Н., Болтышев С.А. Современные композиционные строительные материалы. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 136 с.

6. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: уч. пособие / Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др.; под ред. Берлина А.А. – СПб: Профессия, 2008. – 560 с.

7. Материалы будущего и их удивительные свойства / Братухин А.Г., Сироткин О.С., Сабодаж П.Ф, Егоров В.Н. – М.: Машиностроение, 1995. – 127 с.

8. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. Васильева В.В. Тарнопольского Ю.М. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.13 МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ АМОРФНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Потапов А.М., д.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Металлические аморфные материалы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- выполнение домашних заданий;
- освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [4];
- подготовка к экзамену;

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам характеристик нефтегазоносных комплексов.;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Аморфные металлы». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины [4]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 3, 4]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке

ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

Тема 1. Металлические сплавы. 1. Типичные свойства и кристаллические структуры металлов. Закон Ома. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца. Правило Матиссена для удельного сопротивления металла. 2. Типы металлических сплавов. Механические (гетерогенные) смеси. Интерметаллические соединения. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Правила Юм – Розери для твердых растворов замещения. Неограниченные твердые растворы замещения. 3. Строение поликристаллических металлических сплавов. Зоны неравновесных кристаллитов. Зоны равновесных кристаллитов. Кристаллические зерна. Межкристаллитные границы.

Тема 2. Температурные изменения структуры металлических сплавов. 1. Диаграммы состояния металлов. Эвтектика. Перетектика. Полиморфизм. Аллотропические фазы. Изоморфные металлы. 2. Диффузионный и мартенситный механизм фазовых превращений. Полигонизация сплава. Первичная и вторичная рекристаллизации сплава. Температурный порог рекристаллизации. 3. Термообработка сплавов. Основные виды термообработки. Графическое изображение процесса термообработки металлического сплава.

Тема 3. Получение и структура аморфных металлических сплавов. 1. Получение аморфных структур из газообразного состояния. Термическое напыление. Ионно – плазменное напыление. Получение аморфных сплавов из жидкого состояния. Методы закалки из расплава. Получение аморфного состояния из твердого кристаллического состояния. 2. Способы описания аморфной структуры. Функция радиального распределения (ФРР). Однокомпонентные аморфные тела. Сравнение ФРР жидкого и аморфного состояния. Модели аморфной структуры. Микрокристаллическая модель. Модель плотной упаковки жестких сфер. Модель плотной упаковки мягких сфер. Модель Эгами. 14 3. Структурная релаксация. Кинетика кристаллизации аморфных металлических сплавов. Дефекты в АМС.

Тема 4. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов. 1.Магнитная проницаемость аморфных металлических сплавов Петли магнитного гистерезиса. 2. Магнитострикционные аморфные металлические сплавы. ΔE-эффект. Влияние упругих механических напряжений на магнитные свойства аморфных металлических сплавов.. 3. Магнитоимпедансный эффект в аморфных металлических сплавах. Петли гистерезиса магнитоимпедансного эффекта. Магнитоимпедансная спектроскопия контроля структурных параметров аморфных металлических сплавов.

Тема 5. Модель случайной магнитной анизотропии и коэрцитивная сила нанокристаллических магнитных материалов. 1.Магнитная анизотропия в нанокристаллических металлических ферромагнетиках. 2. Доменная структура и процессы намагничивания. 3. Магнитострикция в нанокристаллических сплавах типа Файнмет. 4. Магнитная анизотропия. 5.Причины перехода ферромагнитных наночастиц в однодоменное состояние. 6. Причины возникновения эффекта суперпарамагнетизма в ансамбле однодоменных наночастиц, возникающих при уменьшении их размера. 7. Ансамбль ферромагнитных наночастиц с различной ориентацией кристаллографических осей легкого намагничивания. Обменное взаимодействие между ферромагнитными наночастицами. Длина обменного взаимодействия. Модель случайной магнитной анизотропии. 8. Зависимость коэрцитивной силы нанокристаллического ферромагнетика от размеров кристаллитов. Причины уменьшения коэрцитивной силы с уменьшением размеров нанокристаллитов. 9. Суперпарамагнетизм. 10. Задача на вычисление эффективной константы анизотропии в нанокристаллических материалах.

Тема 6. Некристаллические полупроводники. Зонная структура. Электропроводность. Подвижность носителей заряда. 1. Что понимается по термином некристаллические полупроводники? Какие материалы к ним относятся? 2. Причины слабой зависимости свойств электрофизических свойств некристаллических полупроводников от концентрации примеси 3. Легирование гидрогенизированного аморфного кремния. 4. Химическая модификация пленок ХСП. 5. Структурная модификация свойств некристаллических полупроводников. 6. Применение некристаллических полупроводников. 7. Возможность изготовления активных электронных матриц на некристаллических подложках. 8. Эффекты переключения и фазовые переходы в ХСП. 9. Конструкция ячейки памяти на фазовых переходах.

Тема 7. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния. 1. Образование фрактальных структур в парогазовой фазе. 2. Формирование фрактальных структур в плазме дугового разряда. 3. Фрактальная структура наполнителей каучука. 4. Механизмы образования фрактальных агрегатов из активных наполнителей. 5. Диффузионно – ограниченная агрегация атомов. 6. Аномальная диффузия во фрактальной сетке. 7. Электрическая проводимость фрактальной сетки. 8. Поглощение электромагнитных волн фрактальными агрегатами.

Тема 8. Основы теории перколяции. 1. Вероятность протекания. 2. Перколяционный кластер. Перколяционный предел. Перколяционный переход. 3. Фрактальная размерность перколяционного кластера. 4. Примеры использования теории перколяции в материаловедение. Дислокации. 5. Эффект гигантского магнитосопротивления в грануллированных композитах. Перколяционный предел перехода диэлектрик – проводник, парамагнетик – ферромагнетик.

Примерные вопросы для подготовки к экзамену

1. Обычные материалы, наноматериалы и аморфные материалы. Понятие. Классификация.
2. Строение и свойства материалов. Кристаллическое строение твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения.
3. Формирование структуры металла при кристаллизации. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Полиморфизм. Аморфное состояние металлов.
4. Аморфное состояние вещества. Модели аморфной структуры. Методы получения аморфных твердых материалов. Характеристики аморфной структуры.
5. Основы электронной теории твердых тел. Теплопроводность, электропроводность и электронная теплоемкость металлов. Магнитные свойства обычных и аморфных металлов. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм.
6. Основные магнитные свойства. Магнитная анизотропия. Сверхпроводящие свойства.
7. Понятие атомного кластера. Классификация кластеров.
8. Металлы и сплавы с особыми свойствами. Магнитные материалы. Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами. Проводниковые и полупроводниковые материалы. Материалы, обладающие эффектом памяти формы.
9. Аморфные и нанокристаллические сплавы. Свойства. Сходство и различие.
10. Методы исследования структуры и фазового состава. Металлографические и фрактографические методы исследования, световая и электронная, в том числе

дифракционная микроскопия. Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа.

11. Классификация двойных металлических неупорядоченных систем по составу. Особенности атомного строения каждой группы материалов
12. Радиальная функция распределения, ее физический смысл. Радиусы и размытия координационных сфер. Дальность корреляции.
13. Парная функция распределения электронной плотности. Расчет характеристик ближнего порядка из парной функции распределения.
14. Структурные дефекты в некристаллических материалах: понятие об идеальной аморфной структуре, классификация дефектов в аморфных металлах по их пространственной протяженности.
15. Собственные точечные дефекты в некристаллических материалах. Их классификация и влияние на свойства вещества.
16. Собственные сеточные дефекты в аморфных материалах на примере аморфного палладия.
17. Термодинамика кристаллизации, механизмы превращения. Полиморфная, эвтектическая и первичная кристаллизация
18. Комплексные дефекты в аморфных металлах, их влияние на зонную структуру вещества.
19. Радиационные процессы образования и перестройки дефектов: образование дефектов по механизму ударного смещения, энергии образования при облучении нейтронами электронами и гамма-лучами.
20. Примесные дефекты в аморфных материалах и их влияние на физические свойства вещества. Схемы образования примесных дефектов в железе и железо-кобальтовых сплавах..
21. Структурная релаксация. Параметр релаксации. Радиус свободного изгиба. Как влияет релаксация напряжений на магнитные свойства ? Для примера можно использовать сплавы типа $Ni_{40}Fe_{40}P_{14}B_6$, $Fe_{80}P_{13}C_7$.
22. Анализ различных моделей аморфного состояния
23. Коррозия аморфных металлов и сплавов. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия. Сопротивляемость материалов кавитационному и эрозионному разрушению.

Рекомендуемая литература

1. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров. М.: «Техносфера». -2007, 520 с.
2. Аморфные и наноразмерные материалы: электронное учебное пособие Автор/создатель: Алешина Л.А. http://solidstate.karelia.ru/p/tutorial/amorph_materials/index.html, 2016
3. Гуткин М. Ю., Овидько И. А. Дефекты и механизмы пластичности в наноструктурных и некристаллических материалах. Изд-во Янус, 2000. 150 с. **ovid_book1.pdf**
4. Лихачев В.А., Шудегов В.Е. Принципы организации аморфных структур. СПб.: Изд-во ун-та, 1999. 228 с.
5. Аморфные металлические сплавы. Ред. Люборский Ф.Е. М.: Металлургия, 1987, 584 с.
6. Белащенко Д.К. Структура жидких и аморфных металлов. М.: Металлургия, 1985. 192 с.
7. Аморфные сплавы. Манохин А.И., Митин Б.С., Васильев В.А., Ревякин А.В. М., "Металлургия", 1984. 160 с.

8. Аморфные металлы. Судзуки К. Фудзимори Х., Хасимото К./Под. ред. Масумото Ц. Пер. с япон. - М.: Металлургия, 1987. 328 с.
9. Филонов М.Р., Конюхов Ю.В. Аморфные и нанокристаллические материалы, полученные закалкой из расплавов. М.: МИСиС, 2010, 190 с.
10. С. С. Грабчиков. Аморфные электролитически осажденные металлические сплавы. Минск Издательский центр БГУ 2006, 188 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.14 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ И НАНО МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По специальности **21.05.04** «**Горное дело»,** дисциплина **«Оборудование для производства ультрадисперсных и нано материалов».** Обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- выполнение домашних заданий;
- освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [8];
- подготовка к зачету;

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам характеристик нефтегазоносных комплексов.;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

В пособии приведена развернутая программа дисциплины «**Оборудование для производства ультрадисперсных и нано материалов**». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины [8]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1-5]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [6, 7]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебникам [1-7] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время зачета.

Содержание курса

Тема 1: Введение. История развития нанотехнологий.
Формирование представлений о современном состоянии и перспективах развития наноиндустрии и нанотехнологий. История развития нанотехнологий. Базовые понятия с приставкой «нано» как проявление функционально-системных свойств.
Тема 2: Классификация методов создания материалов, применяемых в наноинженерии. Способы получения наноразмерных материалов.
Два подхода (две концепции) к обработке вещества и созданию планируемых изделий: «top-down» («сверху-вниз») и «bottom-up» («снизу-вверх»). Молекулярная машина Ассемблер. Методы механического диспергирования. Методы физического диспергирования. Методы химического диспергирования. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов. Способы консолидации наноразмерных порошков.
Тема 3: Аддитивные технологии. Лазерное спекание. Оборудование и материалы для селективного лазерного спекания.
Применение лазерных аддитивных технологий формирования локальных областей с контролируемыми механическими свойствами, и микроструктурой. Технологии прямого лазерного выращивания и лазерного спекания и сплавления. Метод прямой лазерной наплавки. Классификация лазеров.
Тема 4: Физико-химические основы получения наноструктурных материалов.
Формирование наноматериалов по механизму «снизу-вверх». Формирование наноматериалов по механизму «сверху-вниз».
Тема 5: Основные методы исследования наноматериалов.
Метод электронной микроскопии. Метод сканирующей зондовой микроскопии. Метод лазерной интерференционной микроскопии. Метод рентгеновской дифрактометрии.
.Тема 6: Размерные зависимости свойств наноматериалов.
Особенности термодинамических свойств наносред. Структура наноразмерных материалов .
Характеристики дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Электрические свойства наноматериалов. Ферромагнитные характеристики наноматериалов. Особенности тепловых свойств наноматериалов. Оптические характеристики наносред. Диффузия в наноматериалах. Химические свойства наноматериалов. Механические характеристики дисперсных сред.
Тема 7: Способы защиты наноматериалов от внешних воздействий.
Предотвращение доступа к наноматериалов реакционно-активным веществам пу-
тем хранения дисперсных систем в инертных средах. Пассивация.
Тема 8: Использование наноматериалов в практической деятельности.

Применение наноматериалов в промышленности. Конструкционные материалы с повышенными механическими свойствами. Изготовление высокопрочных резьбовых изделий из титана и его сплавов. Наноструктурные алюминиевые сплавы для получения легких изделий сложной формы в режиме высокоскоростного сверхпластического формообразования. Конструкционные и жаростойкие материалы. Огнеупорная керамика. Наноалмазы. Присадки в машинные масла. Абразивные суспензии и пасты. Сухие смазочные материалы. Гидродинамические пластификаторы. Компоненты припоев. Композиционные материалы. Защитные декоративные и износостойкие покрытия. Электроконтакты. Катализ. Переработка промышленных отходов. Адсорбенты. Источники энергии.

Использование наноматериалов в биологии и медицине. Имплантанты, протезы и инструментарии. Лекарственные средства, препараты, витамины.

Вопросы
к зачету по специальности **22.03.02** «**Наноинженерия»,** дисциплина **«Оборудование для производства ультрадисперсных и нано материалов».**

1. Формирование представлений о современном состоянии и перспективах развития наноиндустрии и нанотехнологий.
2. Базовые понятия с приставкой «нано» как проявление функционально-системных свойств.
3. Два подхода (две концепции) к обработке вещества и созданию планируемых изделий: «top-down» («сверху-вниз») и «bottom-up» («снизу-вверх»).
4. Молекулярная машина. Ассемблер.
5. Методы механического диспергирования.
Методы физического диспергирования.
6. Методы химического диспергирования. Биологические подходы к получению наноразмерных материалов. 7. Способы консолидации наноразмерных порошков.
8. Применение лазерных аддитивных технологий формирования локальных областей с контролируемыми механическими свойствами, и микроструктурой.
9. Технологии прямого лазерного выращивания и лазерного спекания и сплавления. Метод прямой лазерной наплавки. Классификация лазеров.
10. Формирование наноматериалов по механизму «снизу-вверх». Формирование наноматериалов по механизму «сверху-вниз».
11. Метод электронной микроскопии. Метод сканирующей зондовой микроскопии. Метод лазерной интерференционной микроскопии. Метод рентгеновской дифрактометрии.
12. Особенности термодинамических свойств наносред. Структура наноразмерных материалов .
Характеристики дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.
13. Электрические свойства наноматериалов. Ферромагнитные характеристики наноматериалов.
14. Особенности тепловых свойств наноматериалов. Оптические характеристики наносред.
15. Диффузия в наноматериалах. Химические свойства наноматериалов. Механические характеристики дисперсных сред.
16. Предотвращение доступа к наноматериалов реакционно-активным веществам пу-
тем хранения дисперсных систем в инертных средах. Пассивация.
17. Применение наноматериалов в промышленности. Конструкционные материалы с повышенными механическими свойствами. Изготовление высокопрочных резьбовых изделий из титана и его сплавов.
18. Наноструктурные алюминиевые сплавы для получения легких изделий сложной формы в режиме высокоскоростного сверхпластического формообразования. 19. Конструкционные и жаростойкие материалы.
20. Огнеупорная керамика. Наноалмазы.

21. Присадки в машинные масла. Абразивные суспензии и пасты. Сухие смазочные материалы. Гидродинамические пластификаторы.
22. Компоненты припоев. Композиционные материалы. Защитные декоративные и износостойкие покрытия. Электроконтакты.
23. Катализ. Переработка промышленных отходов. Адсорбенты. Источники энергии.
24. Использование наноматериалов в биологии и медицине. Имплантанты, протезы и инструментарии. Лекарственные средства, препараты, витамины.

Рекомендуемая литература

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 414 с.
2. Рыжонков Д. И. Наноматериалы : учеб. пособие /Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. – 2-е изд. – М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. – 365 с.
3. Туричин, Г. А. Технологические основы высокоскоростного прямого лазерного выращивания изделий методом гетерофазной порошковой металлургии / Г. А. Туричин, О. В. Климова, Е. Н. Земляков [и др.] // Фотоника. – 2015. – № 4 (52). – С. 68–83.
4. Gu, D. Laser Additive Manufacturing of High–Performance Materials. – Berlin: Springer–Verlag, 2015. – 311 p.
5. Ковшов А.Н. Основы нанотехнологии в технике.: учеб. пособие для ВУЗов. - М.: Академия, 2009.-236 с.
6. Евгенов, А. Г. Применение порошков свариваемых и литейных жаропрочных сплавов производства ФГУП «ВИАМ» для ремонта деталей ГТД лазерной газопорошковой наплавкой / А. Г. Евгенов, С. И. Щербаков, А. М. Рогалев // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2016. – № 4 (22). – С. 29–42.
7. Технологические лазеры: справочник в 2 т. Т.1. Расчет, проектирование и эксплуатация / Г. А. Абильсиитов, В. С. Гонтарь, В. Г. Гонтарь [и др.]; Под общ. ред. Г. А. Абильсиитова. – М.: Машиностроение, 1991 – 432 с.
8. Рабочая программа дисциплины для студентов специальности **22.03.02 «НАНОИНЖЕНЕРИЯ»,** дисциплина **«Оборудование для производства ультрадисперсных и нано материалов».**

Информационные справочные системы

9. ИПС «КонсультантПлюс»
10. Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: http://window.edu.ru
11. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru

Базы данных

12. Scopus: база данных рефератов и цитирования https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
13. Электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебно-методической работе
_____В.В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.В.09.15 СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Химии	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Амдур А.М.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 12.09.2024	Протокол №2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы. По дисциплине «Способы изменения структуры и свойств наноструктурированных систем» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- освоение материалов по темам, входящим в рабочую программу дисциплины;

- выполнение домашних заданий;

- подготовка к практическим занятиям и зачету.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление знаний в области химических и электрохимических процессов технологии наноструктурированных материалов, на приобретение навыков решения технологических задач, формирование научно обоснованного подхода к разработке технологических процессов получения наноматериалов и структур.

В результате изучения дисциплины студент должен

Знать:

технологии нанесения, удаления и модифицирования наноструктурированной поверхности твердого тела; принципы формирования наноструктур электрохимическими методами; современные достижения и тенденции в развитии технологий наноэлектроники; влияние способа формирования на свойства получаемых структур.

Уметь:

применять на практике полученные знания, в том числе, для создания и контроля параметров наноматериалов и наноструктур.

Владеть:

передовым отечественным и зарубежным научным опытом в области изменения структуры и свойств наноструктурированных систем; методикой получения практической информации на основе имеющихся экспериментальных данных.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Методические указания к самостоятельной работе

В последующем разделе пособия приведена рабочая программа дисциплины «Способы изменения структуры и свойств наноструктурированных систем». В программе указаны наименование и содержание лекционных тем. Каждая тема является основой вопросов в билете, предлагаемом студенту на зачете по дисциплине. При чтении лекций преподаватель указывает разделы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в рекомендованной ниже основной учебной литературе по курсу дисциплины. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по разделам дисциплины ниже в данных методических материалах приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к зачету.

При освоении дисциплины «Способы изменения структуры и свойств наноструктурированных систем» рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомиться со структурой темы.

2. По рекомендованным учебникам освоить каждый составной элемент темы.

3. Ответить на контрольные вопросы и выполнить рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернуться к изучению рекомендованной литературы.

4. Законспектировать материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

Данные методические материалы могут быть использованы при подготовке ответов на вопросы к зачету.

Содержание курса дисциплины «Способы изменения структуры и свойств наноструктурированных систем»

Тема 1: Наноструктуры, функциональные свойства, область применения и методы получения.

Наноструктуры. Основные функциональные и конструкционные наноматериналы. Методы их получения и области применения, а также основные свойства.

Тема 2: Устойчивость наночастиц и их ассоциатов. Факторы стабильности наноструктур.

Характеристики условий термодинамической стабильности межфазных границ в наносистемах. Термодинамические факторы стабильности наноструктур.

Тема 3: Структурные переходы в наноматериалах.

Структурные переходы в наноматериалах. Стабилизация неравновесных структур в наноразмерном состоянии. Влияние размера частиц вещества на параметры кристаллической решетки.

Тема 4: Размерный эффект в формировании свойств наноматериалов.

Роль размерных эффектов и поверхностей раздела в формировании структуры и физико-химических свойств наноматериалов. Классификация консолидированных материалов по составу, распределению и форме структурных составляющих.

Тема 5: Процессы самоформирования микро- и наноструктур.

Принципы организации и функционирования самосборочных структур. Методы самосборки наноструктур: физический процесс «сверху-вниз», химический снизу-вверх». Термодинамические и кинетические параметры процессов самоформирования микро- и наноструктур.

Тема 6: Нанотехнология молекулярного наслаивания

Принципы метода молекулярного наслаивания. Размерно-структурные эффекты, наблюдаемые в продуктах молекулярного наслаивания. Возможности технологии молекулярного наслаивания по синтезу наноразмерных покрытий заданного состава и строения.

Тема 7: Анодное растворение, катодное осаждение в технологии микро- и наноструктур.

Применение электрохимической обработки материалов в нанотехнологиях. Процессы анодного растворения в технологии микро- и наноструктур. Закономерности образования наноструктурированных барьерных анодных оксидов на поверхности металлов и полупроводников. Анодное растворение полупроводников.

Катодное осаждение в технологии микро- и наноструктур. Катодное осаждение сплавов в технологии соединения элементов микросистем. Матричное (темплатное) осаждение нитевидных нанокристаллов.

Тема 8: Общие закономерности технологии функциональных нано-компонентов электронной техники.

Наноэлектроника как одно из направлений применения нанотехнологий. Полупроводниковые наноматериалы. Перспективы применения наноматериалов в электронике. Параметры наноматериалов и структур электронной техники. Технологии получения материалов электронной техники и приборных структур на их основе.

Контрольные вопросы и задания по дисциплине «Способы изменения структуры и свойств наноструктурированных систем»

Тестовые задания

Тема № 1

1. Наноматериалы – это:

a) материалы, основные физические характеристики которых определяются свойствами содержащихся в них нанообъектов;

b) кристаллические или аморфные системы с размером частиц или кристаллитов менее 100 нм.

c) материалы сфероидальной формы, у которого все характерные линейные размеры имеют один порядок величины более 100 нм.

d) материалы только кристаллического строения, с размером частиц менее 100 нм

2. К размерным эффектам не относится:

a) химическая активность,

b) энергия связи между атомами в частице и между частицами,

c) геометрические размеры частицы

d) температура плавления

3. Примером квазинульмерных (0D) нанообъектов являются:

a) нановолокна

b) наноструктурированные поверхности

c) нанокристаллы

d) нанопленки

4. Примером квазиодномерных нанообъектов (1D) являются:

a) углеродные нанотрубки

b) нанокристаллы

c) наноструктурированные поверхности

d) нанодисперсии

5. Примером двумерных нанообъектов (2D) являются:

a) углеродные нанотрубки

b) нанокристаллы

c) нанопленки

d) нановолокна

6. Что такое экситон?

a) наночастицы, способные удерживать электроны и управлять их движением за счет ярко выраженной разности энергии своих составных частей.

b) объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определенными свойствами

c) кластер углерода с четным числом атомов, расположенных на поверхности многогранных полиэдров

d) мигрирующее в кристалле электронное возбуждение, не связанное с переносом электрического заряда и массы.

7. Нанокластер - это

a) частица материала с размером, близким к длине волны электрона в этом материале, внутри которой потенциальная энергия электрона ниже, чем за его пределами, таким образом, движение электрона ограничено во всех трех измерениях.

b) объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определенными свойствами

c) кластер углерода с четным числом атомов, расположенных на поверхности многогранных полиэдров

d) мигрирующее в кристалле электронное возбуждение, не связанное с переносом электрического заряда и массы

8. Во сколько раз следует уменьшить зерно размером 1 мкм, чтобы получить наноразмерную величину:

a) 5

b) 20

c) 100

d) 1000

9. Одним из наиболее важных свойств наночастиц является их:

a) более сильный запах

b) большая стоимость

c) повышенная кислотность

d) большая поверхность

10. «Зеленые» нанотехнологии включают:

a) натуральные красители и волокна

b) тектонические процессы

c) безопасные для окружающей среды технологические процессы

d) получение химических материалов

Тема № 6

1. Образование поверхностной пленки возможно при условии:

А. Взаимной нерастворимости компонентов.

Б. Невозможности полного растекания диспергируемого вещества по границе раздела фаз. В. Самопроизвольного растекания диспергируемой жидкости по поверхности.

Г. Отрицательного значения коэффициента Гаркинса.

2. Двумерное поверхностное давление в пленке, образующейся на поверхности жидкости, характеризует:

А. Давление, которое оказывают молекулы на границу раздела фаз.

Б. Поверхностное натяжение на границе раздела фаз пленка – газ.

В. Изменение свободной энергии межфазной поверхности.

Г. Поверхностное натяжение на границе раздела фаз пленка – жидкость.

3. В методе Лэнгмюра – Блоджетт поверхностное давление подбирается таким образом, чтобы:

А. На поверхности подложки образовался полимолекулярный слой наносимого вещества. Б. Его значение соответствовало уравнению состояния идеальной пленки.

В. Его значение соответствовало уравнению Фольмера.

Г. Перевести монослой наносимого вещества в жидкокристаллическое состояние.

4. Гетероэпитаксия – это:

А. Рост пленки на подложке из того же материала, что и сама пленка.

Б. Рост пленки на подложке из материала, незначительно отличающегося по химическому составу от материала пленки.

В. Рост пленки на подложке из материала, отличающегося по химическому составу от материала пленки, без образования химических соединений.

Г. Рост пленки на подложке из материала, отличающегося по химическому составу от материала пленки, с образованием химических соединений.

5. В методе химического парофазного осаждения веществ используют:

А. Летучие химические соединения.

Б. Нелетучие химические соединения.

В. Пары металлов.

Г. Соединения, способные образовывать химические соединения с подложкой под действием паров воды.

6. В методе молекулярного наслаивания прекурсор – это:

А. Газ, который используют для очистки поверхности подложки.

Б. Продукт реакции, протекающей на поверхности подложки.

В. Исходное химическое соединение, которое содержит компоненты покрытия (пленки). Г. Функциональные группы, имеющиеся на поверхности подложки до нанесения компонентов пленки.

7. Важнейшим фактором, определяющим качество наносимого покрытия и прочность его сцепления с подложкой, является:

А. Плотность заполнения поверхности первым слоем нового вещества.

Б. Молярная масса наносимого вещества.

В. Размер частиц наносимого вещества.

Г. Размер лигандов в составе прекурсора.

8. Молекулярное наслаивание моно проводить:

А. Как из газовой, так и из жидкой фазы.

Б. Из твердой фазы.

В. Только при высокой температуре.

Г. Только при низкой температуре.

9. Для молекулярного наслаивания из газовой фазы важнейшими параметрами являются:

А. Температура, парциальное давление прекурсоров, время напуска, время продувки.

Б. Концентрация и pH растворов реагентов, состав и pH промывных жидкостей, время осаждения, время промывки, величина электродного потенциала.

В. Наличие магнитного поля и повышенной влажности воздуха.

Г. Отсутствие внешних воздействий на прекурсор.

10. Для молекулярного наслаивания из жидкой фазы важнейшими параметрами являются:

А. Температура, парциальное давление прекурсоров, время напуска, время продувки.

Б. Концентрация и pH растворов реагентов, состав и pH промывных жидкостей, время осаждения, время промывки, величина электродного потенциала.

В. Наличие магнитного поля и повышенной влажности воздуха.

Г. Отсутствие внешних воздействий на прекурсор.

Тема № 8

1. Просвечивающие электронные микроскопы обеспечивают разрешение до:

А. 0,01 нм.

Б. 1 Å.

В. 50 нм.

Г. 1 нм.

2. Разрешающая способность просвечивающего электронного микроскопа зависит:

А. От длины волны электрона.

Б. От ускоряющего напряжения на электронной пушке.

В. От материала анода электронной пушки.

Г. От количества магнитных линз.

3. Внутреннее пространство электронного микроскопа:

А. Заполняют инертным газом.

Б. Является воздушной средой.

В. Вакуумируют.

Г. Является низкотемпературной плазмой.

4. Репликой называют:

А. Тонкую металлическую фольгу.

Б. Образец исследуемого материала.

В. Отпечаток исследуемой поверхности на полимерной пленке.

Г. Подложку из NaCl.

5. Электронный зонд – это:

А. Кварцевая пластина с заостренным концом.

Б. Нагретая нанотрубка, испускающая электроны.

В. Нагретая вольфрамовая нить.

Г. Сфокусированный луч электронов.

6. Изображение поверхности образцов в сканирующей электронной микроскопии формируется за счет:

А. Вторичных электронов.

Б. Первичных электронов.

В. Отраженных электронов.

Г. Поглощенных электронов.

7. В атомно - силовом микроскопе изображение поверхности исследуемого образца получают за счет:

А. Регистрации величины изменения силы взаимодействия между зондом и поверхностью.

Б. Регистрации величины тока, возникающего между острием зонда и сканируемой поверхностью.

В. Регистрации потока вторичных электронов, выбиваемых зондом со сканируемой поверхности.

Г. Измерения разности потенциалов, возникающей в промежутке между острием зонда и сканируемой поверхностью.

8. В сканирующей микроскопии ближней оптической зоны в качестве зонда используют:

А. Пучок электронов.

Б. Кремниевую иглу.

В. Лазерное излучение.

Г. Световой волновод.

9. В качестве подложки для изготовления интегральных микросхем используют:

А. Гетинакс.

Б. Текстолит.

В. Алюминиевую фольгу.

Г. Монокристалл кремния.

10. Уменьшение размеров интегральной микросхемы возможно за счет:

А. Уменьшения длины волны света, используемого на стадии экспонирования.

Б. Уменьшения толщины линий, наносимых на фотошаблон.

В. Использования зонда сканирующего туннельного микроскопа.

Г. Использования нанотрубок и фуллеренов в качестве элементов микросхем.

Задания для подготовки к устному опросу

Тема № 2

1. Что является наиболее стабильной простейшей конфигурацией нанокластера?
2. Какие структуры являются предпочтительными для неорганических нанокристаллов?
3. Что такое мультиплетные комплексы?
4. Чем объясняется устойчивость кластеров, состоящих из 8, 18, 20, 34, 40, 58 и т.д. атомов?
5. Какие геометрические конфигурации характерны для расположения атомов в нанокластерах малых размеров?
6. Что собой представляет лигандный металлический нанокластер? Какое количество атомов может содержать ядро этого кластера?
7. Какие кристаллические структуры являются наиболее устойчивыми для неорганических нанокристаллов?
8. Каким образом устроены полимерные кристаллы? Каковы причины их возникновения?
9. Что такое нанокристаллический сплав, каковы его магнитные свойства?
10. Для каких наносистем наблюдается явление гигантского магнетосопротивления?

11. Каковы отличия оптических свойств проводящих от непроводящих наночастиц?

12. Каким уравнением описывается зависимость твердости компактированного наноматериала от размера зерен? Почему оно не соблюдается при очень малых размерах зерен?

13. Что такое сверхпластичность? Для каких материалов она наблюдается?

14. Каким образом зависит температура плавления наночастиц от их размеров? Чем это можно объяснить?

Тема № 3

1. Влияние размера частиц вещества на параметры кристаллической решетки.

2. Проблемы устойчивости наночастиц и их ассоциатов, факторы, обуславливающие стабильность.

3. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии.

4. Агрегативная и кинетическая устойчивость наночастиц.

5. Способы стабилизации наночастиц. Технологии стабилизации формы и размеров нанокристаллитов.

6. Механизмы стабилизации наночастиц полимерами и поверхностно-активными веществами в растворе.

7. Матричная изоляция наночастиц в пористых полимерах.

8. Структурные переходы в наноматериалах.

9. Дать определение метастабильного состояния вещества. Указать условия, позволяющие отличать метастабильное, нестабильное и стабильное состояния вещества.

10. Каким образом можно учесть размерные и структурные факторы при термодинамическом описании процессов с участием малых частиц?

Тема № 4

1. Особые свойства вещества в нанометровом диапазоне размеров.

2. Размерные эффекты в наносистемах: истинные, тривиальные. Причины их возникновения.

3. Термодинамика поверхности. Термодинамические функции поверхности. Особые свойства наноструктурированной поверхности.

4. Характеристики условий термодинамической стабильности межфазных границ в наносистемах.

5. Влияние размера частиц вещества на параметры кристаллической решетки. Объяснения
данного явления.

6. Зависимость температуры фазовых переходов от размера частиц вещества.

7. Диффузия в наноматериалах.

8. Зависимость величины ионной проводимости от дисперсности материала.

9. Классификация консолидированных наноматериалов по составу.

10. Классификация консолидированных наноматериалов по распределению и форме структурных составляющих.

Тема № 5

1. Запишите уравнение для расчета изменения энергии Гиббса при образовании зародыша новой фазы.

2. Изобразите и объясните графическую зависимость изменения энергии Гиббса при образовании зародыша новой фазы от его радиуса.

3. Что является необходимым условием для самопроизвольного протекания процесса конденсации?

4. Получите уравнение для расчета критического размера зародыша.

5. Поясните механизм процесса конденсации из пересыщенного пара или раствора.

6. Получите уравнение для расчета критической энергии зародышеобразования.

7. Получите уравнение для расчета энергии образования зародыша критического размера из аморфного расплава.

8. В чем состоит отличие гетерогенного зародышеобразования от гомогенного?

9. Каким образом связаны между собой энергии Гиббса зародышеобразования в гомогенном и гетерогенном процессах образования зародышей?

10. Что такое статическая и динамическая самосборка?

11. Каковы особенности зародышеобразования внутри пористого пространства?

12. Запишите уравнения для расчета частоты образования зародышей из газовой и конденсированной фаз и объясните физический смысл входящих в них величин.

13. Каковы условия синтеза фуллеренов в методе термического испарения графита в электрической дуге?

14. Что представляет собой мицеллярный раствор ПАВ?

14. Какие наноструктуры возникают в растворах ПАВ?

Тема № 6

1. Дайте определение поверхностной пленки.

2. Условия образования поверхностной пленки.

3. Условие самопроизвольного растекания жидкости по границе раздела фаз.

4. Дайте определение молярной площади.

5. Приведите принципиальную схему «весов Лэнгмюра».

6. Каков физический смысл величины двумерного поверхностного давления?

7. Как изменяется двумерное поверхностное давление с ростом молярной площади в идеальных и реальных пленках?

8. Какими уравнениями можно описать состояние газообразных пленок?

9. Каков механизм формирования растянутой жидкой пленки?

10. Каков механизм формирования конденсированной пленки?

11. Перечислите методы получения нанопленочных систем.

12. Какие типы поверхностных слоев формируются по технологии Лэнгмюра-Блоджетт? 13. Перечислите виды эпитаксиального роста.

14. Поясните сущность метода химического парофазного осаждения веществ в виде пленок.

15. Какие стадии включает в себя метод молекулярного наслаивания?

16. Приведите пример получения пленки оксида металла методом молекулярного наслаивания.

Тема № 7

1. Химическое равновесие в растворах электролитов. Уравнение константы равновесия.
2. Электрохимическое равновесие в растворах электролитов. Уравнение стандартного электрохимического потенциала.
3. Анодное поведение металлов. Поляризационная кривая электрохимического процесса для металлического электрода.
4. Области применения электрохимических процессов в технологии микро- и наноэлектроники.
5. Осаждение нанокристаллов в пористые матрицы.
6. Электрохимическое равновесие в системах металл – вода.
7. Анализ коррозионного поведения металлов на основе диаграмм электрохимического равновесия.
8. Стадии электрохимических реакций. Понятие перенапряжения.
9. Физико-химические основы катодного осаждения материалов.
10. Катодное осаждение меди в технологии УБИС.
11. Фоновые добавки в электролитах меднения.
12. Буферные добавки в электролитах меднения.
13. Виды заполнения топологических окон и траншей.

14. Влияние катализирующих и ингибирующих добавок на скорость осаждения меди.
15. Damascene технологии.
16. Катодное осаждение сплавов в технологии соединения элементов микросистем.
17. LIGA-технологии.

Тема № 8

1. Общие сведения о материалах электронной техники, их классификация и назначение.
2. Способы переноса изображений на поверхность подложек в производстве интегральных схем.
3. Неорганические фоторезисты, их виды, назначение, требования к ним, основные преимущества перед органическими фоторезистами.
4. Нанолитография.
5 Физико-химические процессы и оборудование при реализации химического осаждения пленок из газовой фазы.
6. Особенности кинетики процесса осаждения покрытий из газовой фазы.
7. Виды процессов химического осаждения из газовой фазы в сочетании с различными физическими воздействиями.
8. Макрокинетика процессов в системе газ – слой сыпучего материала, области протекания взаимодействий, приемы регулирования.
9. Аппаратурное оформление процессов в системе газ – твердое.
10. Особенности реализации проточных технологий с использованием фильтрующего и псевдоожиженного состояния слоя дисперсного материала.
11. Физические вакуумные методы получение тонких пленок и их основные недостатки с учетом требований нанотехнологии.
12. Перспективные направления развития тонкопленочных технологий.
13. Основные принципы нанотехнологии, примеры различных видов нанотехнологических процессов.

14. Оборудование для проточной, вакуумной и проточно-вакуумной технологии молекулярного наслаивания.

15. Темплатный синтез и его особенности, примеры реализации.

Рекомендуемая литература

Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Основы нанотехнологии : учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. 2-е изд. Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 400 с. // ЭБС «Лань». Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94129.
2	Рыжонков, Д.И. Наноматериалы : учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. 5-е изд. Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. // ЭБС «Лань». Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94117.
3	Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева.- Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. - 136 с. – Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/30947/1/978-5-7996-1401-0.pdf

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1	1. Громов Д.Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем : Учеб. пособие / Д.Г. Громов, А.И. Мочалов, А.Д. Сулимин, В.И. Шевяков; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - 3-е изд., электронное. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 277 с. URL: https://e.lanbook.com/book/66285
2	Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с.
3	Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы / Под ред. Ю. Д. Третьякова. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 456 с. // ЭБС "Консультант студента". URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111201.html

Информационные справочные системы

Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: http://window.edu.ru

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания
к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горнотехнологического
факультета
«11» апреля 2018 г.
Председатель комиссии


доцент Кокарев К. В.

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания
к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ 6
1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30) 6
1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3 10
2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ 13
2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования. 13
2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе 14
2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода 17
2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети 18
3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ 20
3.1. Вычисление привязки 20
3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий 22
3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования 23
3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования 26
3.4.1. Вычисление угловой невязки хода 26
3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода 28
3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования 29
4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА 31
4.1. Работа на станции 31
4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки 32
4.3. Составление абриса 34
5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА 36
5.1. Вычерчивание координатной сетки 36
5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам 36
5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план 37

5.3. Оформление топографического плана....37
6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ....39
6.1. Рекогносцировка трассы 39
6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей 39
6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям 40
6.4. Работа на станции при нивелировании....41
6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования 45
6.5.1. Обработка нивелирного журнала....45
6.5.2. Построение профиля трассы 47
6.5.3. Проектирование по профилю.... 49
7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ 52
7.1. Элементы геодезических разбивочных работ....52
7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла....52
7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния 53
7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом) 53
7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой....56
7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном....57
8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ.... 59
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 60
ПРИЛОЖЕНИЯ.... 62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Стандартный шрифт 62
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Вычислительный шрифт 63

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачей учебной геодезической практики является закрепление теоретических знаний студентов и приобретение ими практических навыков при решении различных инженерно-геодезических задач.

Все виды работ, предусмотренные программой, выполняются студентами самостоятельно бригадами в составе 6 человек, Продолжительность учебной геодезической практики – 2 недели.

Студенты допускаются к производству геодезических работ на практике лишь после изучения правил по охране труда и технике безопасности.

В период прохождения геодезической практики студенты обязаны выполнять установленный распорядок дня, бережно относиться к полученным приборам и инструментам и поддерживать дисциплину и порядок на полигоне и территории базы.

Руководитель практики систематически контролирует в течение всего периода практики се виды полевых и камеральных работ и принимает законченные работы.

Зачет по практики преподаватель принимает по пятибалльной системе от каждого студента в присутствии всех членов бригады.

Студенты, пропускающие дни практики, опаздывающие или уходящие с работы раньше срока по неуважительной причине, к зачету по практике не допускаются.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ

Для измерения углов на учебно-геодезической практике используются теодолиты Т-30, 2Т-30.

Основные части теодолита (2Т-30) показаны на рис. 1.1, отсчетные устройства приборов – на рис. 1.2, сетка нитей – на рис. 1.3.

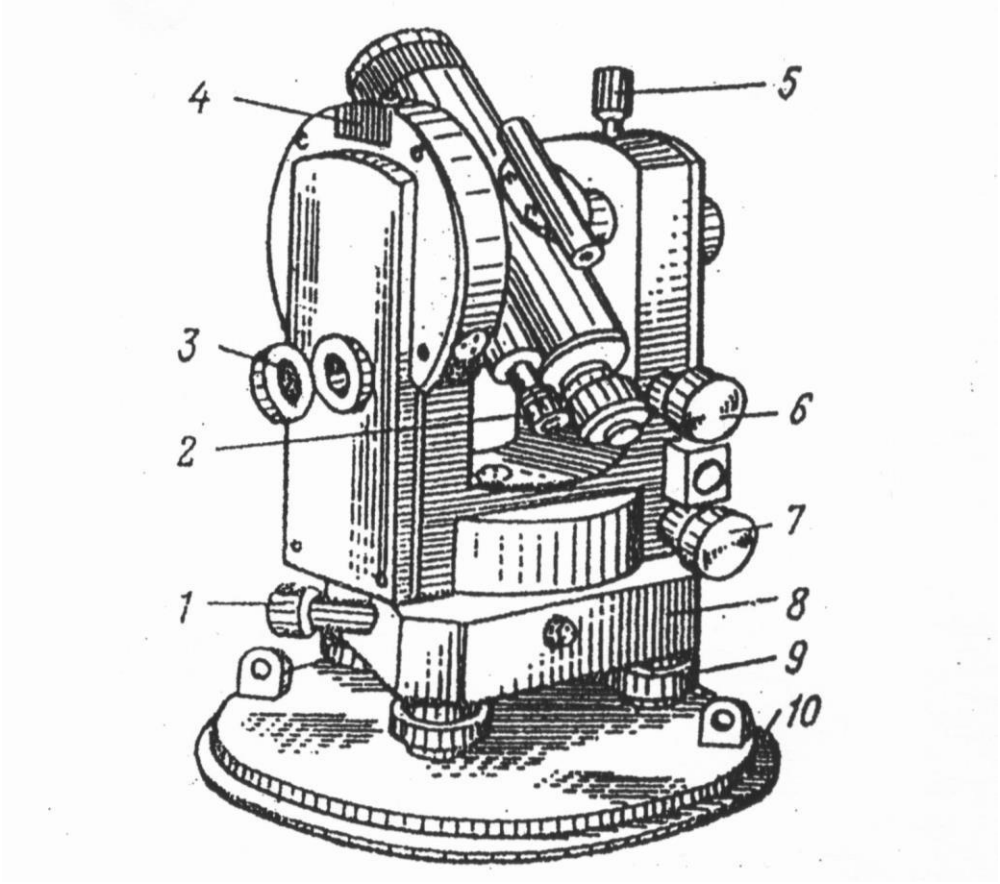


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа;
4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы;
6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады;
8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание

1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора.

Уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, приводят или пузырек на середину, Затем поворачивают, алидаду на 180˚. При отклонении пузырька от средины более чем на 2 деления производят юстировку – на половину дуги отклонения пузырька уровня перемещают юстировочными винтами уровня. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Выбирают на местности удаленную точку. Наводят теодолит на удаленную точку и берут отсчёты по горизонтальному кругу при двух положениях вертикального круга $КЛ_1$ и $КП_1$. Открепив становым винтом штатива подставку теодолита, поворачивают прибор примерно на 180° и повторяют то же самое, получая отчеты при $КЛ_2$ и $КП_2$. Получают значение коллимационной ошибки *C* по формуле:

$$C = \frac{(КЛ1 - КП1 \pm 180°) + (КЛ2 - КП2 \pm 180°)}{4}.$$

Если величина *C* превышает 2′, то вычисляют исправленный отсчет КП – С и устанавливают его на горизонтальном круге микрометренным винтом алидады. При этом центр сетки нитей сместится с точки наведения. Для исправления данного положения вращают горизонтальные исправленные винты сетки нитей до совмещения ее центра с точкой наведения.

Пример: отсчеты по горизонтальному кругу

	КЛ	КП
Наведение 1	40°22′	220°20′
Наведение 2	200°10′	20°10′

$$C = \frac{(40\,°22\,' - 220°\,20\,' + 180°00\,') + (200°\,10\,' - 20°10\,' - 180°00\,')}{4};$$

$$C = \frac{4'}{4} = 1'.$$

В штриховом микроскопе теодолита Т30 в середине поля зрения виден штрих, относительно которого осуществляется отсчет по лимбу (рис. 1.2, *а*). Перед отсчетом по лимбу необходимо определить цену деления лимба. В теодолите Т30 цена деления лимба составляет 10 угловых минут, т. к. градус разделен на шесть частей. Число минут оценивается на глаз в десятых долях цены деления лимба. Точность отсчета составляет 1′.

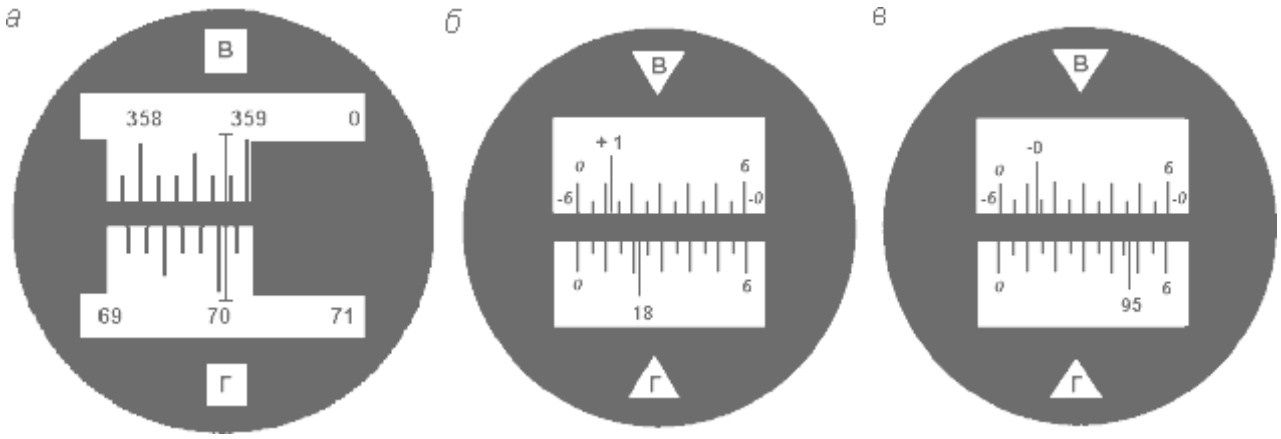


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′, по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′, по горизонтальному – 95° 47′ (*в*)

В шкаловом микроскопе теодолита 2Т30 в поле зрения видна шкала, размер которой соответствует цене деления лимба (рис. 1.2, *б*, *в*). Для теодолита технической точности размер шкалы и цена деления лимба равны 60′. Шкала разделена на двенадцать частей, и цена ее деления составляет 5 угловых минут. Если перед числом градусов знака минус нет, отсчет производится по шкале от 0 до 6 в направлении слева направо (рис. 1.2, *б*). Если перед числом градусов стоит знак минус, в этом случае минуты отсчитываются по шкале вертикального круга, где перед цифрами от 0 до 6 стоит знак минус в направлении справа налево (рис. 1.2, *в*). Десятые доли цены деления шкалы берутся на глаз с точностью до 30″.

Поверка 3. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит недалеко от стены здания. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив алидаду, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения. Отмечают карандашом на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, снова повторяют все действия. Если наблюдаемое в зрительной трубе горизонтальное расстояние между двумя проекциями центра сетки нитей не превышает тройную ширину биссектора сетки, то условие поверки считается выполненным (рис. 1.3). В противном случае прибор подлежит исправлению на заводе.



Рис. 1.3. Сетка нитей

Поверка 4. Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.

При двух положениях круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и берут отсчёты по вертикальному кругу КЛ и КП. Значение МО вычисляют по формуле:

Для 2Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}.$$

Для Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180^\circ}{2}.$$

Пример:

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7^\circ 20' + 172^\circ 44' - 180^\circ}{2} = 2'$,

для Т-30 КП $172^\circ 44'$.

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7^\circ 20' - 7^\circ 24'}{2} = -2'$,

для 2Т-30 КП $-7^\circ 24'$.

Место нуля определяют дважды. Среднее значение недолжно превышать 1-3′.

В противном случае микрометренным винтом вертикального круга устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный КП-МО. При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Для исправления МО его совмещают с точкой наведения, вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей.

Для контроля поверку повторяют. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырёк уровня горизонтального круга находился в нуль-пункте.

1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3

Нивелир Н-3 предназначен для определения превышения между смежными точками местности. Основные части нивелира приведены на рис. 1.4.

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Поворачивают нивелир на 180°. Если пузырек не сместится с средины то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы, должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии длиной 50-75 м (рис. 1.5).

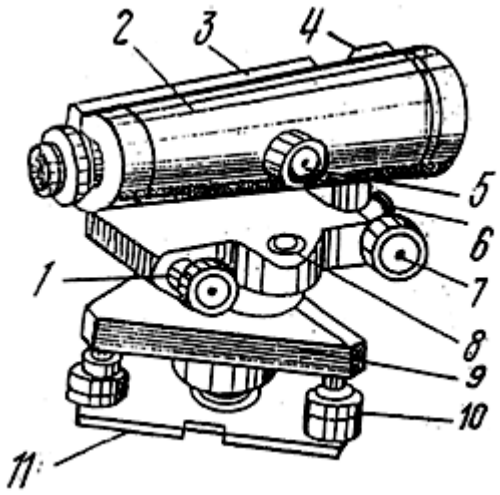
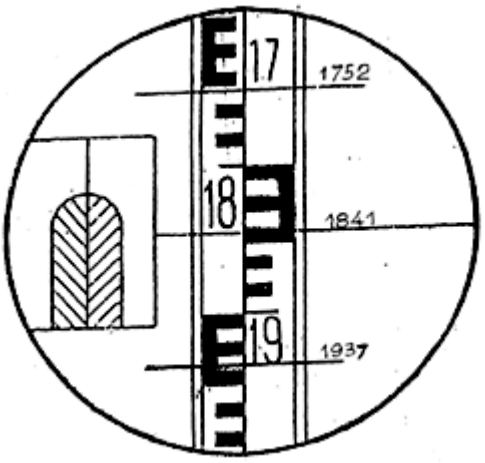


Рис. 1.4. Устройство нивелира:
1 – элевационный винт;
2 – зрительная труба;
3 – цилиндрический уровень;
4 – визир;
5 – винт фокусировки;
6 – закрепительный винт;
7 – наводящий винт;
8 – круглый уровень;
9 – подставка;
10 – подъемные винты;
11 – основание.



Отсчёты по рейке:
1752 мм - верхняя нить
1841 мм - средняя нить
1937 мм - нижняя нить

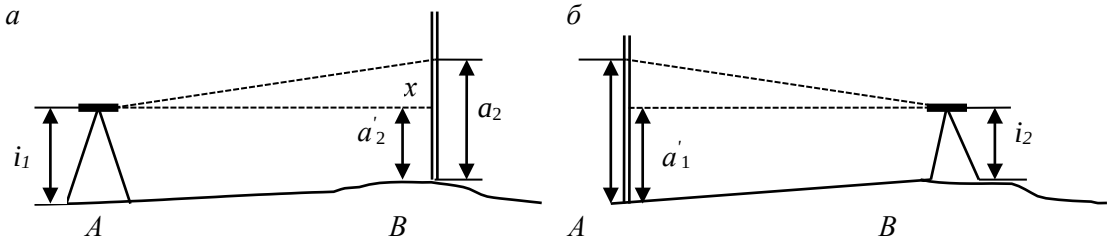


Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

Устанавливают нивелир в точке. А, а рейку в точке В. Измеряют высоту инструмента i_1, в точке А и берут отсчёт по рейке a_1 в точке В. Затем нивелир и рейку меняют местами и снова измеряют высоту инструмента i_2 и берут отсчёт по рейке a_2. Если визирная ось не параллельна оси уровня и составляет с ним некоторый угол v, то отсчёты по рейке будут содержать некоторую погрешность X. Величину этой погрешности определяют по формуле:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \text{ мм.}$$

Пример: i_1 = 1420 мм i_2 = 1540 мм

a_1 = 1180 мм a_2 = 1786 мм

$$X = \frac{1180 + 1786}{2} - \frac{1420 + 1540}{2} = 3\text{мм.}$$

Если величина X > 4 мм, то не параллельность осей исправляют. Для этого вычисляют исправленный отсчет $a_2 = a_2 - X$ (рис. 1.5) и, действуя элевационным винтом, устанавливают его на рейке по средине нити сетки. Затем, действуя вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Поверка 3. Сетка нитей должна быть расположена правильно, т. е. вертикальная нить должна быть вертикальна, а горизонтальная – горизонтальна.

На расстояние 15-20 м вывешивают отвес, наводят трубу нивелира на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей параллельна нити отвеса, то условие выполнено. В противном случае исправление делают поворотом всей оправы сетки нитей до правильного положения, предварительно ослабив винты оправы.

2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Для производства топографо-геодезических работ на местности необходимо иметь сеть пунктов съемочного обоснования.

На практике каждая бригада студентов на своем участке создает планово-высотную съемочную сеть в виде замкнутого тахеометрического хода с общим числом вершин 6-7, в котором измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины сторон, а также осуществляют привязку тахеометрического хода к пунктам опорной геодезической сети.

2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: штыри, две вешки, молоток, тетрадь, две ручки.

Бригада студентов вместе с преподавателем обходит участок, выбирает места для точек съемочного обоснования и закрепляет их. При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- Удобство установки теодолита для работы на станции;
- Взаимная видимость на соседние пункты;
- Максимальный обзор местности и полнота съемки;
- Расстояния между пунктами от 40 до 100 м.

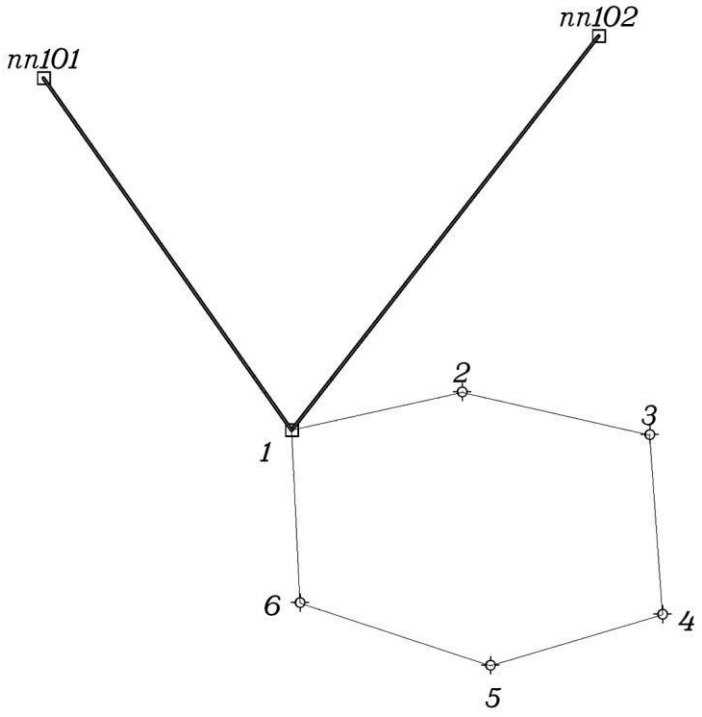


Рис. 2.1. Схема расположения пунктов съемочного обоснования

Закрепление пунктов съемочного обоснования производят металлическими штырями, которые забивают до уровня земной поверхности, вокруг штыря делают окопку, каждому из них присваивается порядковый номер. При рекогносцировке составляют общую схему расположения точек съемочного обоснования (рис. 2.1).

2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: теодолит, две вешки, одна рейка, полевой журнал для измерения углов, карандаш, тетрадь.

На каждом пункте планово-высотного хода измеряют горизонтальный угол, вертикальные углы и наклонные длины линий. Углы измеряют теодолитами Т-30 или 2Т-30 одним полным приемом, длины сторон хода – нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал измерения углов и длин линий простым карандашом (таблица 1).

Порядок работы:

1) Теодолит центрируют над пунктом по отвесу с точностью 5 мм и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня при горизонтальном круге.

2) На две смежные точки выставляют визирные вехи, на которых отмечают ярким шнурком высоты инструмента на данной точке стояния.

3) Измерение горизонтального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Открепив закрепительный винт алидады, наводят на низ вехи (во избежание ошибок из-за наклона вехи). Берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают его в полевой журнал (1) (таблица 1, действие (1). В скобках показана последовательность действий при измерениях и записи в журнале). Затем открепляют закрепительный винт алидады, пересечение основных штрихов сетки наводят на низ правой вехи, берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают в журнал (2). Вычитая из отсчёта (2) отсчёт (1), получают значение угла (3), измеренное одним полуприёмом.

4) Переводят трубу через зенит. Повторяя действия, описанные в пункте 3, измеряют горизонтальный угол вторым полуприемом при положении зрительной трубы КП. По отсчетам (4) и (5) вычисляют значение угла (6), полученного из второго полуприема.

5) Сравнивают значения углов (3) и (6), полученные из двух полуприемов. Их разность не должна быть больше $2t$, т. е. 1’, где t = 30” – точность теодолита. Вычисляют среднее значение горизонтального угла (7) по формуле:

$$\frac{(3)-(6)}{2}=(7).$$

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}$$

Дата Исполнитель $\nu = КЛ - МО$

Точка стояния	Круг	Точки визирован.	Горизонтальный круг			Точки		Круг	Вертикальный круг			Длины линий измеренные
			Отсчёт ° '	Измеренный угол ° '	Средний угол ° '	Стояния	Визиров.		Отсчёт	Место нуля	Угол наклона	Горизонт. проложение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	КЛ	2	196°15' (1)	244°24' (3)	244°24,5' (7)	1	2	КЛ	-2°01' (8)	-0°0'30" (12)	-2° 00' 30" (13)	57,1 (14)
		6	80°39' (2)					КП	2°00' (10)			
	КП	2	16°17' (4)	244°25' (6)		1	6	КЛ	8°35' (9)	0°	8°35'	116,5 (15)
		6	260°42' (5)					КП	-8°35' (11)			
2	КЛ	3	146°55'	59°46'	59°46'	2	1	КЛ	-8°36'	0°	-8°36'	116,5 (16)
		1	206°41'					КП	8°36'			
	КП	3	326°59'	59°46'		2	3	КЛ	-2°20'	-0°2'	-2°18'	82,5
		1	26°45'					КП	2°18'			

6) Измерение вертикального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Зрительную трубу наводят на веху, установленную на смежной точке. Основной (средний) горизонтальный штрих сетки совмещают с отметкой высоты инструмента на вехе (шнурок). После чего берут отсчет по вертикальному кругу (8). Затем наводятся на веху, установленную второй точке, и записывают значения по вертикальному кругу (9).

7) Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют действия, описанные в пункте 6, при положении зрительной трубы КП. Берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в журнал (10), (11).

8) Вычисляют МО вертикального круга (12).

9) Вычисляют угол наклона (13) по формуле:

$$\nu = \text{КЛ} - \text{МО}.$$

Контроль:

- При измерении вертикальных углов на станции колебание МО для разных вертикальных углов не должно превышать $\pm 2'$.
- Значения углов наклона, измеренных в прямом и обратном направлениях, не должны отличаться более, чем на $\pm 3'$.

Запрещается! В полевом журнале стирать резинкой результаты измерений, писать цифру на цифре, переписывать полевой журнал. Ошибочные измерения зачеркиваются одной чертой, затем записи продолжаются дальше. Все записи должны вестись четко и аккуратно с использованием шрифтов (см. прил. 1, 2).

2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода

В процессе проложения тахеометрического хода в поле измеряют длины сторон хода. Для этого на смежные точки ставят нивелирную рейку (нулем вниз), наводят зрительную трубу на рейку, совмещая верхний дальномерный штрих сетки нитей с каким-нибудь целым делением рейки (обычно с отсчетом 1000). Подсчитывают длину отрезка “l” в см между верхним и нижним дальномерными штрихами. Доли сантиметровых делений оценивают на глаз.

Длина измеренной стороны определяется по формуле

$$S_{\text{изм}} = K \times l_{\text{см}},$$

где K – коэффициент нитяного дальномера (K = 100), l – длина отрезка в см между верхней и нижней дальномерными нитями.

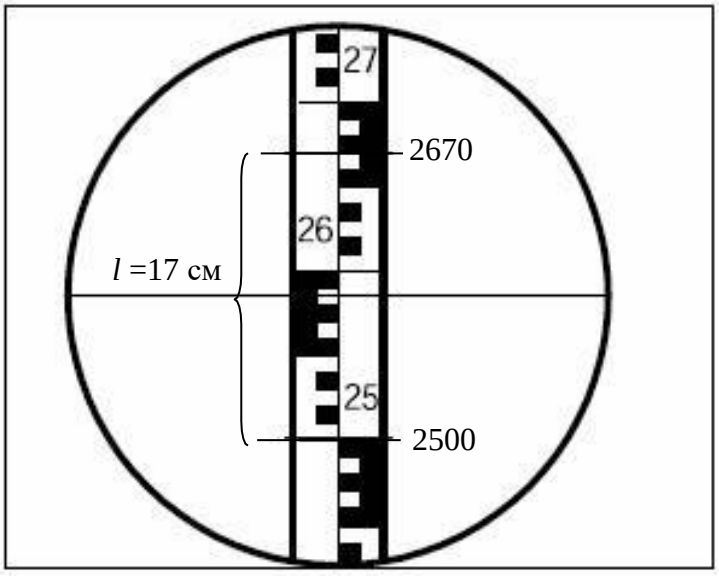


Рис. 2.2. Определение расстояний нитяным дальномером

Пример: на рис. 2.2 отчет по верхней нити 2670, отчет по нижней нити 2500, l = 2670 – 2500 = 170 мм = 17 см, $S_{изм}$ =17 см × 100 = 1700 см = 17,0 м.

На станции длину каждой стороны хода измеряют дважды по черной и по красной сторонам рейки, или по одной стороне, но по разным делениям рейки. Разность результатов измерений должна быть не более 0,3 м на 100 метров длины. Среднее значение длины стороны хода записывают в полевой журнал (14) с округлением до 0,1 м.

Длины сторон хода обязательно измеряют в обратном направлении. Разность между результатами измерений ”прямо” (15) и “обратно” (16) не должна превышать 1:200-1:400 (0,3-0,5 м на 100 м длины).

2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети

Привязку тахеометрического хода выполняют для определения дирекционного угла начальной стороны хода. Одна из вершин тахеометрического хода является пунктом опорной геодезической сети (рис. 3.1). С него есть видимость на два других геодезических пункта (пп101, пп102). Для привязки хода к опорной геодезической сети производят измерение примычных углов φ_1 и φ_2. Это угол между твердой стороной и первой стороной тахеометрического хода (рис. 3.1). В полевом журнале вычерчивают схему привязки, показывают примычные углы.

Каждый примычный угол φ_1 и φ_2 измеряют двумя приемами с перестановкой лимба между приемами примерно на 90˚. Для контроля измеряют угол между исходными сторонами (δ). Контроль производят по формуле:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Допустимое расхождение $\pm 3'$.

3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

После последних измерений производят проверку полевых журналов, правильность записей и вычислений измеренных и средних значений. По значениям измеренных горизонтальных углов и длин линий составляют схему съемочного обоснования и ее привязки (рис. 3.1). На схему выписывают измеренные значения углов и длин. Затем приступают к вычислениям. Вычисления линейных величин ведут с точностью до 0,1 м, а углов – до 30”. Из полевого журнала выписывают измеренные примычные углы φ_1 и φ_2.

3.1. Вычисление привязки

Дирекционный угол начальной стороны хода ($\alpha_{1\text{-}2}$) (рис. 3.1) вычисляют дважды, исходя из значений дирекционных углов исходных сторон опорной геодезической сети ($\alpha_{1\text{-}A}$, $\alpha_{1\text{-}B}$) и измеренных углов (φ_1, φ_2) по формулам:

$$\alpha_{1\text{-}2} = \alpha_{1\text{-}\,пп101} + \varphi_1;$$
$$\alpha_{1\text{-}2} = \alpha_{1\text{-}\,пп102} + \varphi_2.$$

Дирекционные углы исходных сторон вычисляют решая обратные геодезические задачи , по формулам:

$$r_{1\text{-}пп101} = \text{arctg}\frac{Y_{пп101} - Y_1}{X_{пп101} - X_1}, \quad r_{1\text{-}пп102} = \text{arctg}\frac{Y_{пп102} - Y_1}{X_{пп102} - X_1}.$$

Расхождение полученных значений $\alpha_{1\text{-}2}$ не должно превышать 2-3′.

После нахождения значения румба необходимо определить координатную четверть, содержащую направление. Координатную четверть определяют по знакам приращений координат (рис. 3.2).

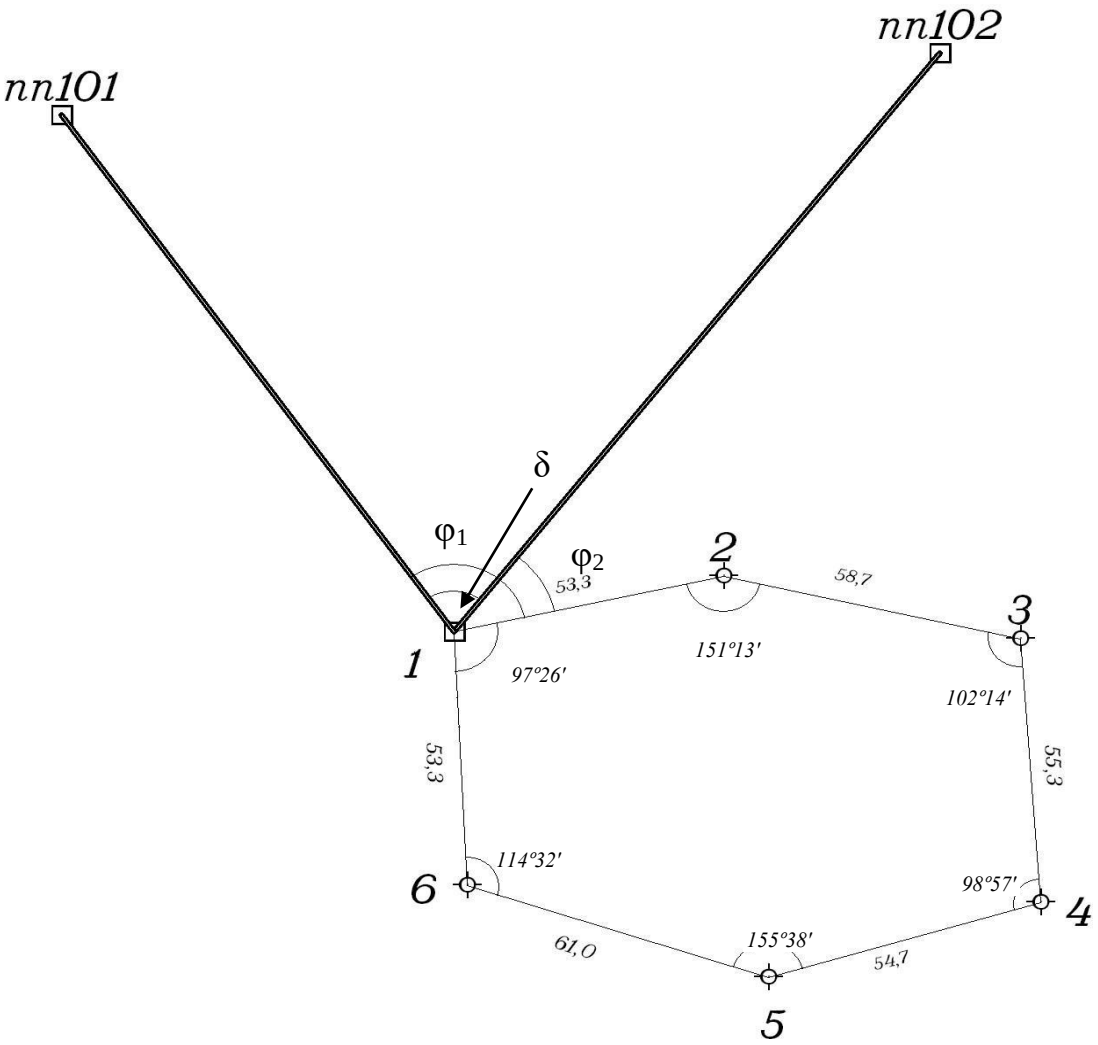


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

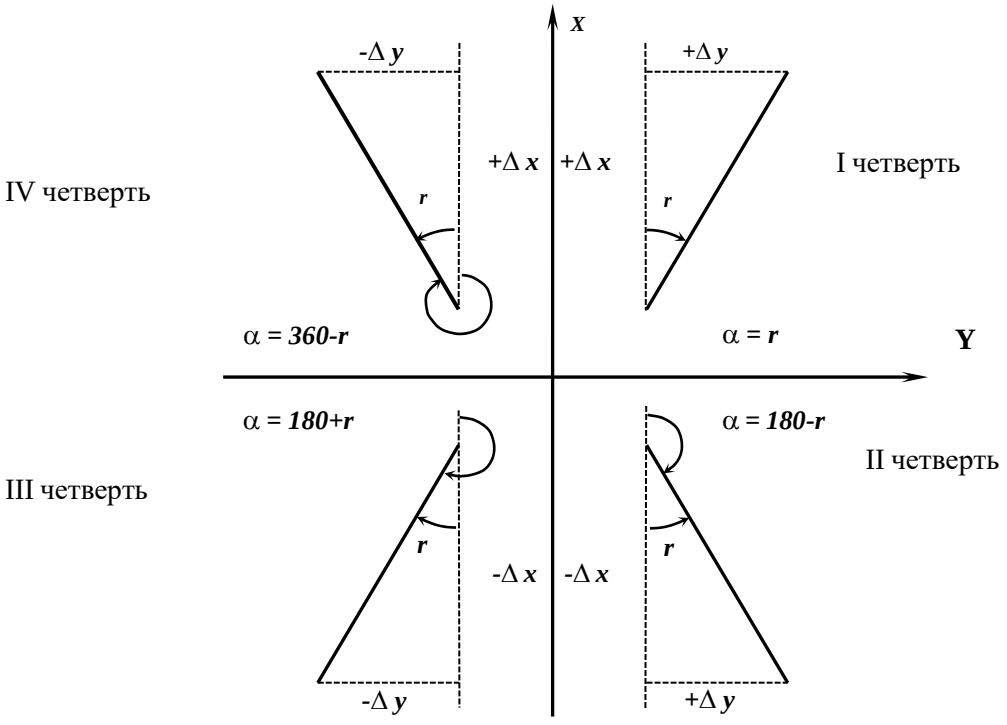


Рис. 3.2. Зависимости между дирекционными углами и румбами

Пример записи и вычислений дирекционных углов приведен ниже.

Таблица 2

Исходные данные

Название пункта	*X*, м	*У*, м	*H*, м
1	3348,05	2238,25	271,36
пп101	4099,71	1639,28	282,40
пп102	4001,87	2581,51	290,24

$$r_{1\text{-пп}101} = \text{arctg}\frac{Y_{\text{пп}101} - Y_1}{X_{\text{пп}101} - X_1} = \text{arctg}\frac{1639{,}28 - 2238{,}25}{4099{,}71 - 3348{,}05} = \text{arctg}\frac{-598{,}97}{751{,}66} =$$

$=38{,}54993965° = 38°33′00′$(IV ч.);

$$\alpha_{1\text{-пп}101} = 360° - 38°33′00′ = 321°27′.$$

$$r_{1\text{-пп}102} = \text{arctg}\frac{Y_{\text{пп}102} - Y_1}{X_{\text{пп}102} - X_1} = \text{arctg}\frac{2581{,}51 - 2238{,}25}{4001{,}87 - 3348{,}05} = \text{arctg}\frac{343{,}26}{653{,}82} =$$

$= 27{,}69992196° = 27°42′00′$ (I ч.);

$$\alpha_{1\text{-пп}102} = 27°42′00′.$$

$\varphi_1 = 333°18′00′$;

$$\alpha_{1\text{-}2} = 321°27′00′ + 333°18′00′ = 294°45′00′.$$

$\varphi_2 = 267°05′00′$;

$$\alpha_{1\text{-}2} = 27°42′00′ + 267°05′00′ = 294°47′00′.$$

Средний $\alpha_{1\text{-}2} = 294°46′00′$.

3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий

Горизонтальные проложения необходимо знать для вычисления координат точек тахеометрического хода.

Вычисление горизонтальных проложений выполняют в ведомости вычисления отметок съемочного обоснования (таблица 3).

Из журнала измерения улов и длин линий выписывают среднее значения длин линий (S), полученные по результатам измерений в прямом и обратном направлениях, в графу 4 табл. 3 и углы наклона (v), измеренные в прямом и обратном направлениях, в графы 2 и 3 табл. 3. По этим данным вычисляют горизонтальные проложения с точностью до 0,01 м по формуле:

$$D = S \times \cos^2 v,$$

где S – среднее значение измеренной длины линии (графа 4), v – угол наклона линии в прямом направлении (графа 2), D – горизонтальное проложение (графа 5).

3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования

Вычисление отметок производится с точностью до 0,01 м в ведомости вычисления отметок (таблица 3).

По измеренным расстояниям и углам наклона вычисляют превышения между точками хода в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$h = D \times \tan v.$$

Значения превышений с соответствующим знаком записывают в графы 6 и 7. Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, допускаются не более 4 см на 100 м. Если это условие выполнено, то в графе 8 вычисляют средние превышения, сохраняя перед ними знак превышения из прямого хода. Сумму положительных и отрицательных значений превышений записывают в графе 8 внизу. Далее подсчитывают невязку по превышениям. Она равна сумме превышений замкнутого хода:

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}}.$$

Допустимую высотную невязку вычисляют по формуле:

$$\text{доп. } f_h = \pm 0{,}2 \text{ м} \sqrt{\sum D(\text{км})},$$

где $-\sum D$ сумма горизонтальных проложений ходя (периметр в км).

Полученную невязку f_h распределяют между превышениями с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\sum D} \times D_i .$$

Таблица 3

Вычисления отметок точек съемочного обоснования

№№ точек	Вертикальные углы		Длины сторон, м		Превышение, м				Отметки точек, м	№№ точек
	Прямо ° '	Обратно ° '	Измеренные, *S*	Горизонтальное проложение, *D*	Прямо	Обратно	Среднее	Исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1									230,00	1
	-2°01'	+2°02'	83,0	82,90	-2,92	+2,95	-0,02 -2,94	-2,96		
2									227,04	2
	-5°24'	+5°25'	122,0	120,92	-11,43	11,46	-0,03 -11,45	-11,48		
3									215,56	3
4	+2°15'	-2°16'	98,0	97,85	+3,85	-3,88	-0,02 +3,87	+3,85		
									219,41	4
	+1°56'	-1°57'	120,0	119,86	+4,05	-4,09	-0,03 +4,07	+4,04		
5									223,45	5
	+4°30'	-4°29'	100,5	99,88	+7,86	-7,83	-0,02 +7,85	+7,83		
6									231,28	6
	-0°56'	+0°58'	76,5	76,48	-1,25	+1,29	-0,01 -1,27	-1,28		
1									230,00	1
				ΣD = 597,89 м		$\sum h_{ср}$ (+) = +15,79 $\sum h_{ср}$ (-) = -15,66		Σ = 0		
							f_h = +0,13	Доп. $f_h = \pm 0{,}2\text{м}\sqrt{\sum D(\text{км})}$		
								Доп. $f_h = \pm 0{,}2\text{м}\sqrt{0{,}6} = \pm 0{,}15$		

Вычислил Орлов Проверил Петров

Контроль: $\Sigma\delta = -f_h$

Величины поправок записывают в графе 8 над превышениями. В графу 9 записывают исправленные превышения.

Контроль: если исправленные превышения вычислены правильно, их алгебраическая сумма должна быть равна нулю.

По исправленным превышениям последовательно вычисляют отметки пунктов съемочного обоснования по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_n,$$

где H_{n+1} – высота последующего пункта (м), H_n – отметка предыдущего пункта (м), h_n – превышение между смежными пунктами (м).

Контролем вычисления отметок является получение отметки исходной точки в конце вычислений.

3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования

Вычисление координат производится в ведомости вычисления координат (таблица 4). В графу 1 ведомости выписывают номера вершин хода, в графу 2 – номера точек визирования. В графу 3 выписывают против соответствующих вершин средние значения измеренных горизонтальных углов. Значения горизонтальных проложений линий выписывают в графу 6 из таблицы 3.

3.4.1. Вычисление угловой невязки хода

Угловой невязкой f_β замкнутого тахеометрического хода называется разность между суммой измеренных горизонтальных углов $\Sigma\beta_{изм}$ и теоретической суммой внутренних углов плоского многоугольника $\Sigma\beta_{теор}$ т. е.

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор},$$

где $\Sigma\beta_{теор} = 180°\times(n - 2)$, n – число углов многоугольника.

Вычисленные значения $\Sigma\beta_{изм}$ и $\Sigma\beta_{теор}$ подписывают внизу графы 3.

Здесь же вычисляют величину допустимой угловой невязки по формуле:

$$f_{\beta доп} = 2 \times t \ (t = 0°0'30'' \text{ – точность инструмента}),$$
$$f_{\beta доп} = \pm 1'\sqrt{n}\,.$$

Таблица 4

Вычисление координат точек съемочного обоснования

Номера точек		Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° '	Горизонтальные проложения, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
						Вычисленные		Исправленные			
Стояния	Визиров	Измеренные ° '	Исправленные ° '			ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						+0,05	+0,08			**3348,05**	**2238,25**
	3			**294°46'**	82,90	+34,73	-75,27	+34,78	-75,19		
2	1	110°59'00"	110°59'			+0,07	+0,12			3382,83	2162,06
3	4			3°47'	120,92	+120,64	+7,98	+120,71	+8,10		
	2	123°09'00"	123°09'			+0,06	+0,10			3503,54	2171,16
4	5			60°38'	97,85	+48,01	+85,32	+48,07	+85,42		
	3	105°15'00"	105°15'			+0,07	+0,12			3551,61	2256,58
5	6			135°23'	119,86	-85,35	+84,21	-85,28	+84,33		
	4	117°58'00"	117°58'			+0,06	+0,10			3466,33	2340,91
6	1	-0°0'30"		197°25'	99,88	-95,32	-29,90	-95,26	-29,8		
	5	124°58'30"	124°58'			+0,05	+0,08			3371,07	2311,11
1	2	-0°0'30"		252°27'	76,48	-23,07	-72,94	-23,02	-72,86		
	6	137°41'30"	137°41'							**3348,05**	**2238,25**
				(294°46')	ΣD = 597,89						
			$\sum\beta_{исп}$ = 720°			fx = -0,36	fy = -0,6				
						fs = 0,85		0	0		

$\Sigma\beta_{изм}$ = 720°01'00"

$\Sigma\beta_{теор}$ = 720°00'00"

f_{β} = +1'

$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 2{,}4'$

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} = \frac{1}{703} \langle \frac{1}{300}$$

Вычислил Орлов

Проверил Петров

Если значение угловой невязки не превосходит допустимой величины, то ее распределяют поровну с обратным знаком между измеренными углами, с точностью до 30″, т. е. вычисляют поправки к измеренным горизонтальным углам по формулам:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Если полученное значение поправки меньше 30″, то угловую невязку вводят в наиболее слабое место тахеометрического хода (короткие стороны хода, горизонтальные углы ≤ 20° или ≥ 150°, точки съемочного обоснования, наиболее удаленные от исходных пунктов сети).

Контроль: $\Sigma\delta_\beta = -f_\beta$.

Поправки в измеренные углы подписывают над их значениями. Вычисляют исправленные горизонтальные углы

$$\beta_{исп} = \beta_{изм} + \delta_\beta.$$

Контроль: $\Sigma\beta_{исп} = 180°\times(n - 2)$.

3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода

Вычисление дирекционных углов сторон хода производят по дирекционному углу начальной стороны и исправленным горизонтальным углам. Начальный дирекционный угол стороны 1-2 выписывают из решения привязки (см. раздел 3.1). В нашем примере $\alpha_{1\text{-}2} = 294°46'$. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{лев} - 180° \text{ - для левых углов;}$$
$$\alpha_{n\text{-}1} = \alpha_n - \beta_{прав} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

где α_{n+1} – дирекционный угол последующей стороны хода, α_n – дирекционный угол предыдущей стороны хода.

Контроль: полученный дирекционный угол первой стороны хода в конце вычислений должен быть равен исходному. С этой целью по дирекционному углу последней стороны и горизонтальному углу при вершине 1, которые ранее в вычислениях не участвовал, получают дирекционный угол начальной стороны ($\alpha_{1\text{-}2} = 294°\ 46'$).

Вычисленные значения дирекционных углов сторон хода записывают в графу 5.

3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования

Приращение координат хода вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta X_i = D_i \times \cos\alpha_i,\ \Delta Y_i = D_i \times \sin\alpha_i,$$

где D_i – горизонтальное проложения линий; α_i – дирекционные углы этих линий.

Вычисления производят с точностью до 0,01 м.

Вычисленные приращения координат записывают в графах 7 и 8.

Для замкнутого хода алгебраическая сумма приращений по каждой оси координат должна быть равна нулю:

$$\sum\Delta X = 0,\ \sum\Delta Y = 0.$$

Внизу графы 7 и 8 находят значения невязок f_x и f_y (по осям абсцисс и ординат), по формулам:

$$f_x = \sum\Delta X\ ,\ f_y = \sum\Delta Y.$$

Невязки в приращениях координат обусловлены действием погрешностей измерения углов и сторон хода. Совместное влияние невязок приращений по осям координат характеризуется линейной невязкой в периметре:

$$f_s = \sqrt{fx^2 + fy^2}\,.$$

Допустимую линейную невязку вычисляют по формуле относительной ошибки:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \le \frac{1}{500},$$

где $\sum D$ – сумма горизонтальных проложений длин сторон хода (периметр).

Периметр ($\sum D$) подсчитывают в графе 6 и выписывают внизу. После проверки допустимости относительной линейной невязки $\frac{1}{\sum D \div f_s}$ распределяют невязки приращений координат f_x и f_y.

Невязки f_x и f_y распределяют с обратным знаком в каждое приращение координат пропорционально длинам сторон, т. е. вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\delta X_i = -\frac{f_x}{\sum D} \times D_i, \qquad \delta Y_i = -\frac{f_y}{\sum D} \times D_i,$$

и подписывают их над приращениями в графах 7 и 8.

В графах 9 и 10 записывают исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{ИСПР} = \Delta X_i + \delta X_i, \qquad \Delta Y_{ИСПР} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{ИСПР} = 0$, $\sum \Delta Y_{ИСПР} = 0$.

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{ИСПР}, \qquad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{ИСПР},$$

где X_n, Y_n – координаты предыдущего пункта, X_{n+1} ,Y_{n+1} – координаты последующего пункта.

Контроль: вычисленные координаты начальной точки хода должны быть равны исходным (таблица 4).

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Инструменты и принадлежности для выполнения работ: теодолит, одна вешка, одна рейка, полевой журнал для тахеометрической съемки, абрисы, два карандаша, тахеометрические таблицы.

Тахеометрическую съемку ситуации и рельефа местности выполняют с пунктов съемочного обоснования в масштабе 1:500. На каждой станции измеряют расстояние, горизонтальный и вертикальные углы до съемочных пикетов, т.е. определяют полярные координаты каждой снимаемой точки (съемочных пикетов).

Все записи результатов измерений ведут в журнале тахеометрической съемки (таблица 5). В процессе съемки составляют абрис (рис. 4.1).

Особо важное значение при съемке имеет правильный выбор съемочных пикетов. При съемке ситуации рейку устанавливают на характерных точках контуров (углы зданий, изгибы дорог, рек, границы угодий, столбы электролиний и т. д.). При съемке рельефа рейку устанавливают на характерных точках и линиях рельефа местности (вершина холма, дно котловины, водораздел, тальвег, перегибы скатов, урезы воды).

Съемочные пикеты должны равномерно покрывать всю территорию съемки. Расстояние от точек съемочного обоснования до съемочных пикетов должно быть не более 80 м.

4.1. Работа на станции

Работу на станции выполняют в следующем порядке:

- теодолит центрируют над точкой с точностью до 1 см с помощью отвеса и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;

- определяют МО вертикального круга на каждой станции, значение МО записывают в журнал тахеометрической съемки (таблица 5) для данной станции. Устанавливают визирную веху на следующую по ходу точку съемочного обоснования. Направление на эту точку принимают за начальное (например: станция 1, направление на точку 2), ориентируют лимб по начальному направлению. Для этого, вращая алидадой, устанавливают отсчет на горизонтальном круге 0°00’. Затем алидаду закрепляют, открепляют лимб, наводят теодолит на выставленную веху (на пункте 2). Далее лимб закрепляют до конца съемки на этой станции, а алидаду открепляют. Съемка ведется только при положении зрительной трубы круг «лево» (КЛ);

- рейкой измеряют высоту инструмента до 0,01 м, записывают ее значение в журнал и отмечают на рейке ярким шнурком (i = 1,30 м);

- рейку устанавливают на съемочный пикет;

- наводят теодолит на рейку, измеряют нитяным дальномером расстояние до рейки и записывают в журнал (1);

- наводят центр сетки нитей на высоту инструмента (шнурок), берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита и записывают в журнал (2), (3). Если на рейке отметки высоты инструмента не видно, то наводят центр сетки нитей на верх рейки и записывают на этом пикете высоту визирования (v = 3 м) в графу 8 таблицы 5.

4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки

В журнале указывают номер станции, начальное направление, МО, высоту инструмента i в метрах, отметку точки H_0 съемочного обоснования в метрах. В соответствующие графы журнала записывают результаты полевых измерений (расстояний, отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам). Затем вычисляют углы наклона на съемочные пикеты по формуле:

$$v = КЛ - МО.$$

Находят горизонтальное проложение D и превышение h’ между точкой съемочного обоснования и съемочным пикетом по углу наклона и расстоянию из тахеометрических таблиц или по формулам, которые приведены в тахеометрических таблицах:

$$D = S \times \cos^2 v;$$
$$h' = D \times tan\ v;$$
$$h = h' + i - \mathrm{v},$$

где D – горизонтальное проложение, S – измеренное нитяным дальномером расстояние, v – угол наклона, i – высота инструмента, v – высота визирования.

Знак превышения соответствует знаку угла наклона.

Отметку съемочного пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_0 + h,$$

и записывают в графу 11 (таблица 5).

Таблица 5

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180°}{2} \quad (Т\text{-}30)$$

Точка стояния *1* $H_0 = 230{,}0$ $i = 1{,}30$ КЛ = 354°35'

Дата 13.07.17. КП = 185°23'

Начальное направление *2* Исполнитель Петров v = КЛ-МО МО = - 0°1'

№№ пикетов	Расстояния по дальномеру, м	Отсчеты по кругам /КЛ/		Углы наклона ° '	Горизонтальн. проложения, м	h', м	Высота визиров v, м	i-v	Превышение $h = h' + i\text{-}v$	Отметки пикетов $H = H_0 + h$	Примечание
		Горизонтальн. ° '	Вертикальн. ° '								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		0°00									
1	38,0	23°00'	352°59'	-7°00'	37,44	-4,60	1,30	0	-4,60	225,40	рельеф, дорога
2	35,0	53°30'	355°06'	-4°53'	34,75	-2,97	1,30	0	-2,97	227,03	рельеф, дорога
3	56,0	81°00'	356°06'	-3°53'	55,74	-3,78	1,30	0	-3,78	226,22	дорога
4	86,1	100°00'	356°36'	-3°23'	85,80	-5,07	1,30	0	-5,07	224,93	дорога
5	52,3	112°41'	358°47'	-1°12'	52,28	-1,10	1,30	0	-1,10	228,90	рельеф, луг
6	72,0	116°02'	354°23'	-5°36'	71,31	-6,99	3,00	-1,70	-8,69	221,31	рельеф, луг
7	25,0	137°30'	352°34'	-7°25'	24,58	-3,20	1,30	0	-3,20	226,80	обрыв, 2м
8	46,5	141°00'	355°17'	-4°42'	46,19	-3,80	1,30	0	-3,80	226,20	обрыв, 2м
9	25,8	180°10'	349°39'	-10°20'	24,97	-4,55	1,30	0	-4,55	225,45	обрыв, 2м

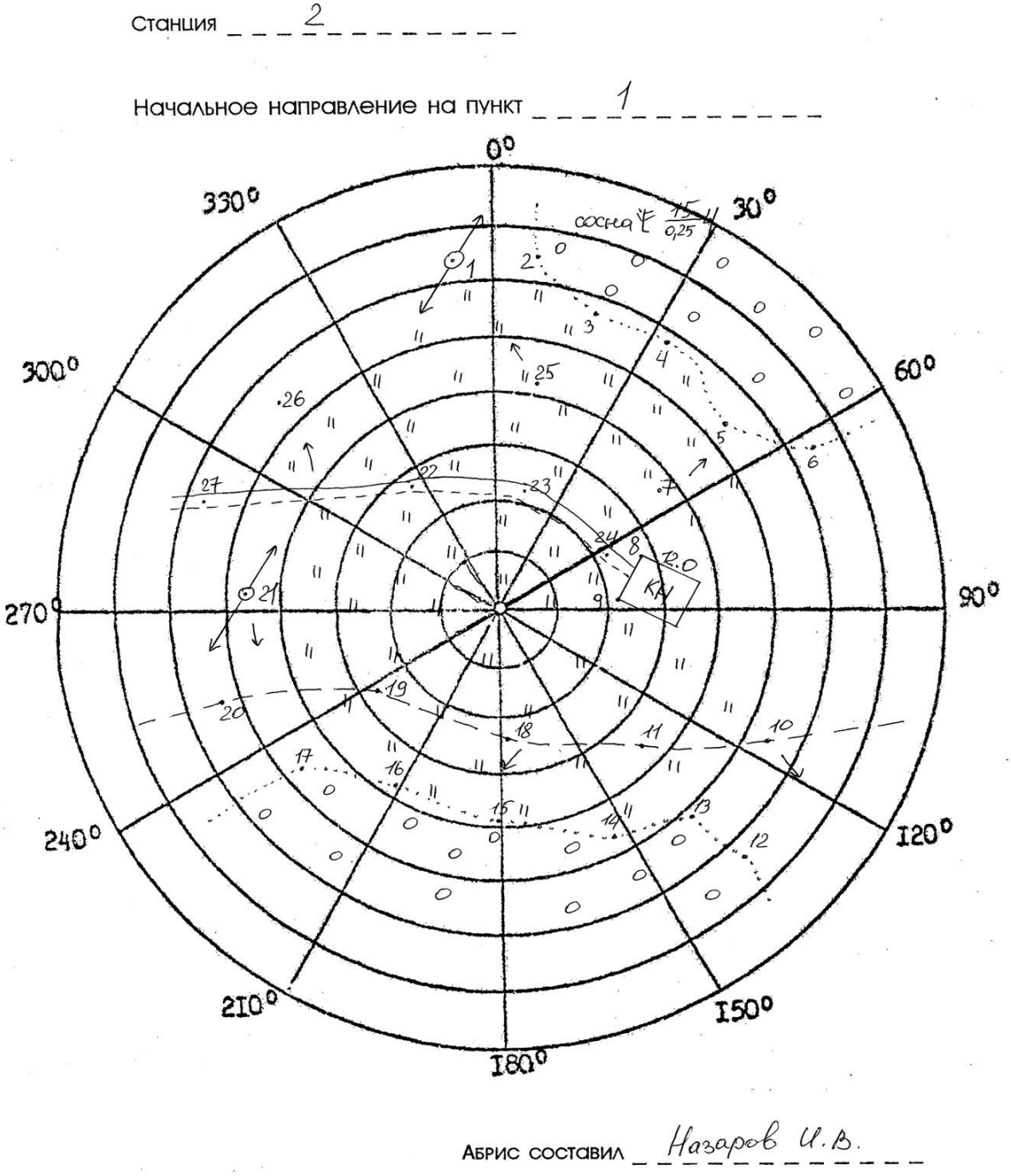
Вычислил

Проверил

4.3. Составление абриса

Абрис – это схематический чертеж участка местности, снимаемого с данной станции. Абрис составляют на каждой станции одновременно с заполнением журнала тахеометрической съемки (рис. 4.1).

При заполнении абриса центр окружности принимают за станцию, с которой выполняют съемку, один из радиусов за начальное направление (0°), расстояния между окружностями принимают равными 10 м. Каждый съемочный пикет намечают на абрисе точкой, рядом надписывают его порядковый номер.



Абрис составил Назаров И.В.

Рис. 4.1. Абрис тахеометрической съемки на п. 1

При съемке следят за тем, чтобы нумерация съемочных пикетов на абрисе соответствовала нумерации этих же пикетов в журнале тахеометрической съемки. На абрис наносят все снятые контуры ситуации, сопровождая их пояснительными надписями и условными знаками. На абрисе стрелками показывают направление скатов.

Составление абрисов является ответственной частью тахеометрической съемки, т.к. он в дальнейшем используется для создания топографического плана. Его надо вести аккуратно, все записи делают четко, отточенным карандашом, прямолинейные контуры вычерчивать по линейке. Четкое ведение абриса способствует качественному составлению топографического плана. Абрис сдается вместе с журналом тахеометрической съемки.

Закончив съемку на станции, по абрису проверяют, все ли элементы ситуации и рельефы засняты, нет ли пропусков, достаточно взято ли съемочных пикетов. Съемочные пикеты должны быть расположены не реже, чем через 3 см в масштабе плана, т. е. через 15 м на местности (в масштабе 1:500), их количество зависит от сложности ситуации и сложности рельефа. Кроме того, проверяют, не сбилась ли во время съемки ориентировка теодолита. Для этого в конце съемки снова визируют зрительную трубу по начальному направлению и проверяют неизменность отсчета по лимбу. Допустимое отклонение должно быть не более 3′. Сделав такой контроль, переходят на следующую станцию.

5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

При тахеометрической съемке топографический план создается камеральным путем. Размер рамки для планов масштаба 1:500 принят 50×50 см. План составляют в масштабе 1:500 и оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Составление плана выполняют в следующем порядке:

- вычерчивание координатной сетки;
-построение точек по координатам;
-нанесение ситуации и местности на план;
-оформление топографического плана.

5.1. Вычерчивание координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги А1, стороны сетки принимают равными 10×10 см. Координатную сетку получают путем ее переноса со стандартных сеток, изготовленных на картографической пленке, через световой стол.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должно превышать 0,2 – 0,3 мм.

5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам

Для построения пунктов съемочного обоснования по координатам в масштабе 1:500 сетку координат оцифровывают через 50 м. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. От него к северу надписывают абсциссы *X,* к востоку – ординаты *Y*. Координаты юго-западного угла плана выбирают так, чтобы тахеометрический ход разместился примерно в середине листа. Построение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате сетки располагается данная точка. Затем значение абсциссы откладывают по обеим сторонам квадрата и соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты *Y*. Полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом надписывают номер пункта планово-высотного хода и его отметку до 0,01 м (справа от пункта).

Построение пунктов съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем-измерителем откладывают на масштабной линейке и сравнивают с

расстоянием между соответствующими точками на плане. Допустимое расхождение этих величин не должно быть более ±0,5 мм.

5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план

Ситуацию наносят на план по данным журнала тахеометрической съемки и абрисов. Съемочные пикеты наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления, а горизонтальные проложения – циркулем-измерителем по линейке. Справа от полученной точки подписывают отметку съемочного пикета до 0,1 м, слева – ее номер. Руководствуясь абрисом и подписями, сделанными в примечаниях тахеометрического журнала, рисуют условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями. По отметкам точек проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Интерполирование горизонталей выполняют по тем направлениям, которые указаны в абрисе.

Окончив составление ситуации и рельефа на станции, приступают к нанесению съемочных пикетов следующей станции.

Составленный план представляют на просмотр преподавателю. После просмотра и проверки по указанию преподавателя план оформляют.

5.3. Оформление топографического плана

Порядок оформления следующий:

1) Пункты опорной геодезической сети, пункты съемочной сети, характерные высотные точки, ориентиры и местные предметы.

2) Гидрографическая сеть, урезы воды, подписи, относящиеся к гидрографии.

3) Населенные пункты.

4) Элементы линейной протяженности (границы контуров, дорожная сеть, электролинии, телефонные линии и др.).

5) Рельеф. При этом выделяют утолщенные горизонтали, расставляют бергштрихи, размещают надписи горизонталей, кратные 5 м, вычерчивают формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (обрывы, ямы, скалы и др.).

6) Почвенно-растительный покров (виды угодий, которые ранее подписывались, теперь вычерчивают условными знаками).

7) Рамка и зарамочное оформление.

Во избежание пропусков после оформления план тщательно корректируют. Без разрешения преподавателя не следует стирать с плана

съемочные пикеты. Все оформление выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Перечень сдаваемых материалов: журнал тахеометрической съемки, абрисы для каждой станции, топографический план.

6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ

Назначение нивелирования по оси трассы – определение отметок точек местности и построение профиля оси будущего инженерного сооружения.

Работы по нивелированию трассы состоят из следующих этапов:

- рекогносцировка трассы;
- разбивка пикетажа и поперечных профилей;
- нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям;
- камеральная обработка результатов нивелирования;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: нивелир Н-3 со штативом, две рейки, мерная лента, шпильки, колья или штыри для закрепления пикетов, молоток, нивелирный журнал, пикетажный журнал, карандаши.

6.1. Рекогносцировка трассы

Трассу выбирают с учетом следующих условий: число поворотов трассы должно быть минимальным, стороны трассы должны проходить на местности по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки закрепляют вершины углов поворота (ВУ).

6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей

Стороны трассы измеряют стальной лентой (шпагатом), отмечая на трассе штырями или колышками пикеты – точки, отстоящие одна от другой на 100 м. Для трасс, проходящих по участкам со сложным рельефом, пикеты могут разбиваться через 50 м.

Количество пикетов на бригаду – 12, количество поперечников – 2.

Если угол наклона местности больше 2°, то расстояние между пикетами увеличивают на величину поправки за наклон. Около каждого пикета забивают сторожок – кол или штырь с табличкой, на котором пишут номер пикета и номер бригады.

Расстояние до плюсовых точек, намечаемых на перегибах местности и пересечении трассы с дорогами и ЛЭП, измеряют от младшего пикета и отмечают сторожками, например ПК 5 + 65.0 (рис. 6.1).

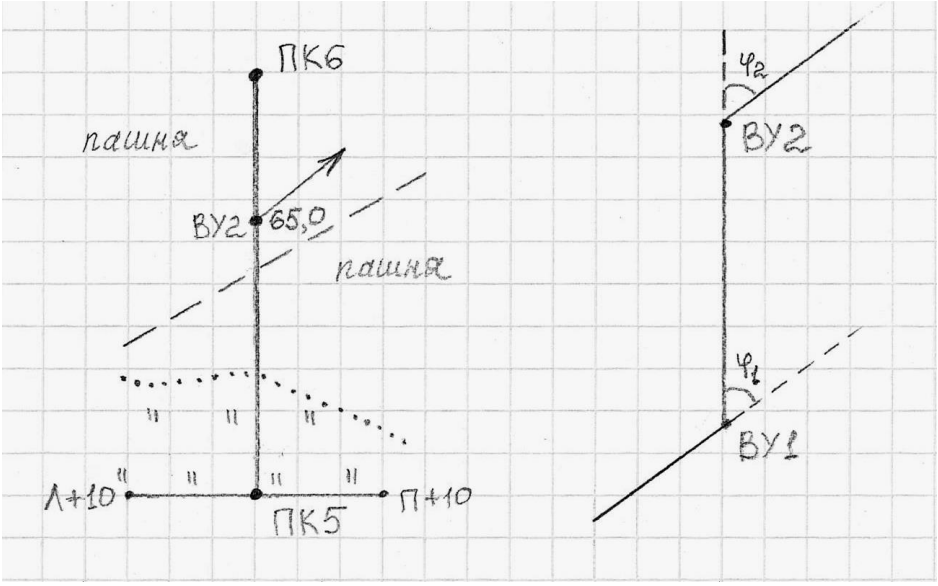


Рис. 6.1. Пикетажный журнал

Разбивают поперечные профили. Для этого перпендикулярно к оси трассы измеряют расстояние от оси трассы влево и вправо до точек перегиба местности. Концы поперечного профиля и точки перегиба отмечают сторожками, на которых надписывают расстояния от оси трассы с добавлением буквы Л (влево) или П (вправо) от оси трассы, например, Л + 10,0 или П + 5,0. Началом поперечного профиля может быть пикет или плюсовая точка. Его длину принимают по указанию преподавателя (10-20 м).

В процессе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал (рис. 6.1), в котором в масштабе 1:1000 показывают ось трассы, пикеты, плюсовые точки, поперечные профили, углы поворота, направление поворота трассы (стрелкой), на глаз зарисовывают контуры местности в полосе шириной по 20 м в обе стороны от оси трассы.

6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям

После выполнения поверок нивелира, результаты которых записывают на первой странице журнала, приступают к нивелированию по пикетажу. Нивелирование выполняют способом «из середины». Нивелирный ход привязывают к ближайшему реперу. На каждой станции хода две нивелирные точки являются связующими, с их помощью передают высоты по ходу. Остальные точки называются промежуточными. Как правило, связующими точками являются пикеты. Если превышение между пикетами больше длины рейки, то для передачи высот используют дополнительные связующие точки, называемые *Х* точками. *Х* точки закрепляют колышками или штырями. Между смежными пикетами может быть несколько точек *Х*, в зависимости от рельефа.

В качестве *X* точек можно использовать плюсовые точки. Примеры выбора станции и связующих точек показаны на рис. 6.2.

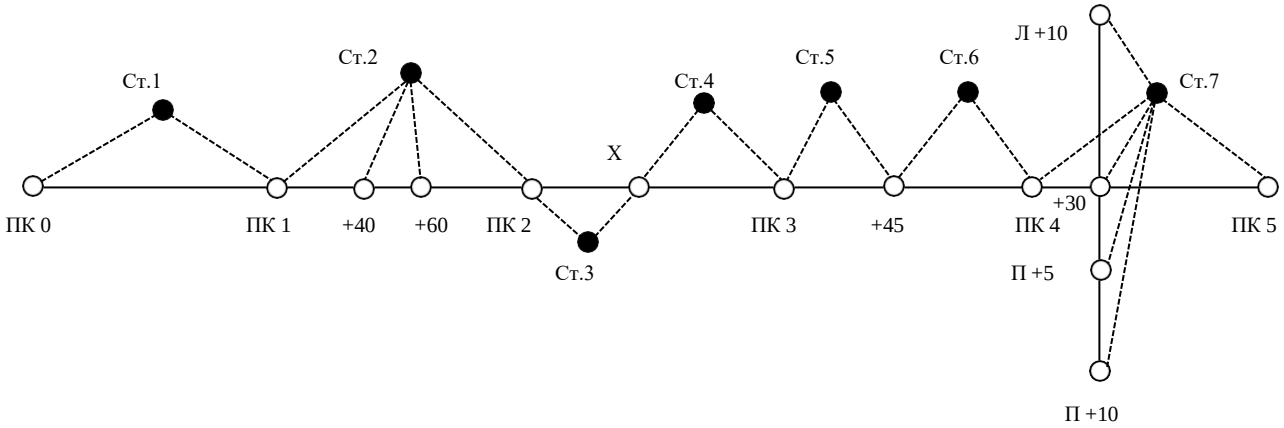


Рис. 6.2. Выбор станций при нивелировании трассы

6.4. Работа на станции при нивелировании

Все записи при нивелировании ведут в полевом журнале карандашом. Работу на станции производят в следующем порядке. Нивелир устанавливают примерно на равном расстоянии от связующих точек. Равенство расстояний определяют на глаз. На связующих точках на колышках устанавливают рейки.

Нивелир горизонтируют с помощью круглого уровня. Наводят трубу нивелира на заднюю рейку, совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по черной стороне рейки (1). Порядок записей и вычислений показан в таблице 6. Поворачивают рейку, проверяют точность совмещения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по красной стороне (2). Затем нивелир наводят на переднюю рейку, обязательно совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и снова берут отсчеты по черной и по красной сторонам рейки (3), (4).

При нивелировании все отсчеты и превышения записывают в миллиметрах.

Если отсчет по рейке больше 1 м, то рейку необходимо слегка покачивать вперед и назад. При этом в нивелир наблюдают и берут наименьший отсчет. Тут же на станции вычисляют превышения *h* по черной (5) и красной (6) сторонам реек по формуле:

$$h = З - П,$$

где З – отчет по задней рейке; П – отсчет по передней рейке.

Эти превышения не должны отличаться более чем на 5мм. При большем расхождении нивелирование связующих точек повторяют, несколько изменив высоту инструмента.

Если разность превышений, вычисленных на станции, не превосходит допуск, то вычисляют среднее превышение (7) до целых мм и записывают в графе 8 или 9.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Таблица 6

Прямой ход

Дата 27.07.02

Исполнитель *Орлов*

№№ станции	Номер пикетов и промежут. точек	Отсчет по рейке			Превышения		Среднее превышение		Горизонт инструмента	Отметки точек	Номера пикетов и пром. точек	Примечания
		задний	передний	промежут.	+	-	+	-				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0-1	1861(1)	1363(3)		498(5)							
		6646(2)	6146(4)		500(6)		+2 499(7)			127,115	0	
2	1-2	0430(1)	0656(3)			226(5)			128,046	127,616	1	
		5218(2)	5440(4)			222(6)		+2 224(7)				
	1+40,0			2530(8)						125,516	1+40,0	
	1+60,0			2340(9)						125,706	1+60,0	
3	2-х	2830	420		2410					127,394	2	
		7615	5202		2413		+2 2412					
4	х-3	2131	720		1411							
		6915	5509		1406		+2 1408					
5	3-3+45,0	2752	151		2601					131,218	3	
		7535	4942		2593		+1 2597			133,816	3+45,0	
∑		43933	30549		13832	448	6916	224				
		+13384			+13384		+6692					
					+6692							

Вычислил *Петров*

Проверил *Иванов*

Одновременно с нивелированием связующих точек нивелируют плюсовые точки и точки поперечного профиля. Для этого после вычисления среднего превышения на станции рейку с задней связующей точками и точки поперечного профиля, устанавливают ее на землю у сторожков нулем вниз, берут по одному отсчету только по черной стороне рейки и записывают отсчет в графу 5 (8), (9).

После этого задний реечник переходит на следующую связующую точку, а передний остается на предыдущей связующей точке, наблюдатель переходит и выбирает следующую станцию. Если в районе трассы есть только один репер, к которому будет привязываться трасса, то для контроля нивелирования студенты на практике прокладывают обратный нивелирный ход, начиная нивелирование с последнего пикета. В обратном ходе нивелируют только связующие точки. Если есть возможность привязать последний пикет к реперу, то обратный ход не прокладывают.

Все записи в журнале должны быть выполнены аккуратно, без подчисток и исправлений. Неправильные записи зачеркивают, а в примечаниях пишут причину зачеркивания.

В полевом журнале дают схему привязки (рис. 6.3) и делают полевую привязку. Для этого выполняют нивелирование от репера до ПКО в прямом и обратном направлениях, вычисляют среднее превышение $h_{ср}$.

Решают привязку, т. е. вычисляют отметку ПКО ($H_{пко}$) по формуле:

$$H_{ПКО} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{ср} = \frac{h_{пр} + h_{обр}}{2},$$

если привязка сделана по схеме (*а*).

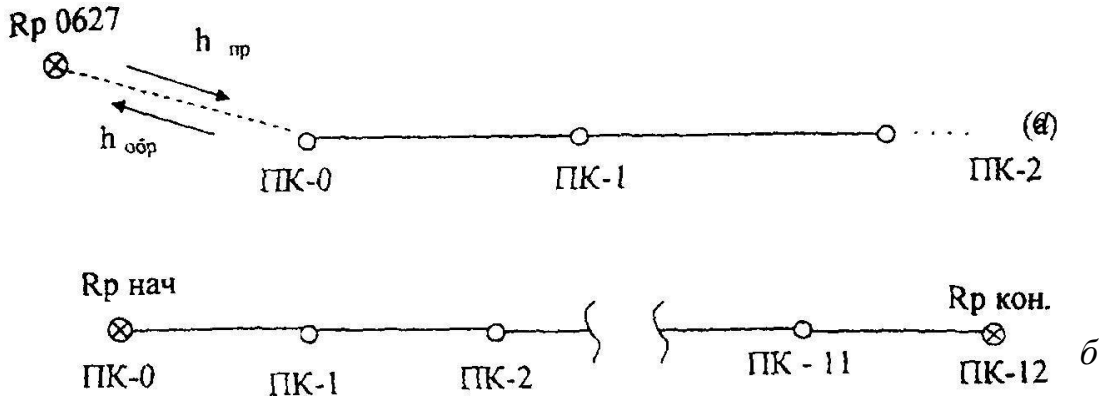


Рис. 6.3. Схемы привязки нивелирного хода:
а – висячий ход, *б* – разомкнутый ход

6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования

Камеральную обработку производят в таком порядке:
- обработка нивелирного журнала;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

6.5.1. Обработка нивелирного журнала

Для проверки правильности записей и вычислений в журнале производят постраничный контроль по формуле:

$$\sum З - \sum П = \sum h.$$

Для этого на каждой странице журнала находят: суммы отсчетов ∑3, ∑4 по графам 3, 4; суммы превышений ∑6, ∑7, ∑8, ∑9 по графам 6, 7, 8, 9 (таблица 6). Вычисляют величины:

$$\sum 3 - \sum 4; \quad \sum 6 + \sum 7; \quad \sum 8 + \sum 9.$$

Соблюдение равенств:

$$\sum 3 - \sum 4 = \sum 6 + \sum 7; \quad \frac{\sum 6 + \sum 7}{2} = \sum 8 + \sum 9,$$

показывает, что вычисления на данной странице сделаны верно. Аналогично производят контроль и на следующих страницах журнала. Суммируя величины (∑8 + ∑9) отдельно по прямому и обратным ходам, получают суммарное превышения $\sum h_{прям}$ – прямого и $\sum h_{обр}$ обратного ходов. Сумма величин $\sum h$ прямого и обратных ходов дает невязку f_h:

$$f_h = \sum h_{прям} + \sum h_{обр}.$$

Если ход пройден точками с известными отметками $H_{НАЧ}$ и $H_{КОН}$ (рис. 6.3, *б*), невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср} - (H_{КОН} - H_{НАЧ}).$$

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле:

$$f_{h доп} = \pm\sqrt{L(км)}, \text{ мм},$$

где L – длина хода (в километрах) от начального до конечного пикета. Вычисляют невязку в полевом журнале, на чистой странице.

Если полученная невязка больше допустимой, то нивелирный ход переделывают. Если полученная невязка допустима, то в случае (*а*) половину ее распределяют с обратным знаком поровну в превышения прямого хода, округляя при этом поправки до целых километров. Во втором случае (*б*), вся невязка распределяется поровну с обратным знаком на превышения между связующими точками. Поправки в превышениях δ_h вычисляют по формуле:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n},$$

где n – число превышений.

Записывают поправки над средними превышениями в полевом журнале. Исправленные превышения определяют по формуле:

$$h_1 = h_{ср} + \delta_{h1}.$$

Из привязки хода к реперу вычисляют отметку нулевого пикета $H_{ПКО}$ (в нашем примере $H_{ПКО}$ = 127,115 м). Записывают ее в графе (II) напротив нулевого пикета (0).

Зная эту отметку и исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки связующих точек по всему ходу:

$$H_1 = H_0 + h_1,\ H_2 = H_1 + h_2 \ldots$$

Получив отметку последнего пикета $H_К$, проверяют правильность вычислений по формуле:

$$H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - \frac{f_h}{2}\ (а) \text{ или } H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - f_h\ (б).$$

Вычисления в журнале заканчивают нахождением отметок промежуточных точек. Их вычисляют через горизонт инструмента ГИ. Горизонтом инструмента называют отметку визирного луча нивелира на данной станции. ГИ вычисляют по формуле:

$$ГИ = Н + a,$$

где Н – отметка связующей точки на данной станции; a – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

Пример: Для станции 2 в таблице 6:

$$ГИ = H_1 + a_1,$$

$H_{ПК1}$ = 127,616 м, a_1 = 0430 мм – отсчет на ПК1,

ГИ = 128,046 м (записывают в графу 10 напротив станции 2).

Отметки промежуточных точек $Н_{ПРОМ}$ находят вычитанием промежуточных отсчетов по рейке «*с*» из горизонта инструмента:

$$H_{ПРОМ} = ГИ - c.$$

На этой же станции находим:

$H_{ПК1+40.0} = 128{,}046 - 2{,}530 = 125{,}516$ м,

$H_{ПК1+60.0} = 128{,}046 - 2{,}340 = 125{,}706$ м.

6.5.2. Построение профиля трассы

По вычисленным отметкам пикетов, плюсовых точек и точек поперечного профиля на координатной бумаге строят продольный и поперечный профили местности по трассе. Масштабы построения:

- для продольного профиля: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200;
- для поперечного профиля: горизонтальный 1: 200, вертикальный 1:200.

Последовательность построения профиля приведена ниже.

Первоначально вычерчивают сетку профиля. Название граф и размеры в миллиметрах показаны на рис. 6.4.

В графе «Расстояния» отмечают положения пикетов и плюсовых точек, выписывают расстояния между плюсовыми точками и пикетами. *X* точки не строят. Ниже этой графы выписывают номера пикетов.

Пользуясь пикетажным журналом, заполняют графу «План трассы», в которой показывают:

а) ось в виде прямой линии красного цвета;

б) ситуацию (по результатам съемки полосы местности) соответствующими условными знаками.

В графу «Фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки всех пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и надписывают отметку условного горизонта, которая должна быт на 5-8 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

В системе прямоугольных координат, где линия условного горизонта – ось расстояний, а вертикальная линия, проходящая через нулевой пикет – ось отметок, строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Над точками продольного профиля, которые служили началом поперечных профилей, строят сетки поперечных профилей (рис. 6.4).

Заполняют графы «Расстояния» и «Фактические отметки» так же, как это делалось при построении продольного профили. Под сеткой надписывают пикетажные обозначения точек поперечного профиля.

Выбрав условный горизонт, строят положение точек поперечного профиля. Соединив полученные точки, получают поперечный профиль местности.

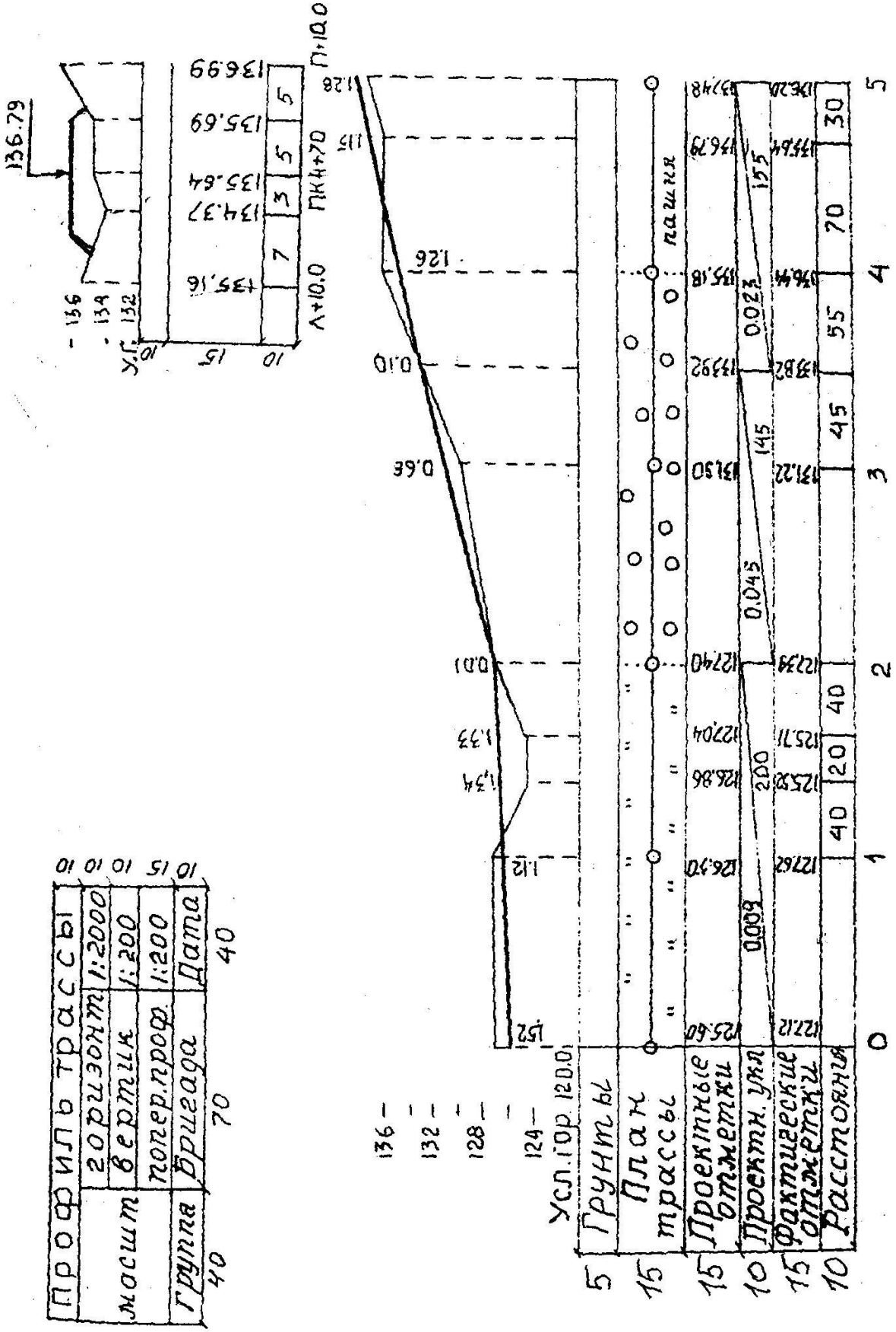


Рис. 6.4. Профиль трассы

Профиль местности – графический документ, позволяющий решать ряд инженерных задач.

6.5.3. Проектирование по профилю

На практике по продольному профилю студенты проводят проектную линию, которая будет являться профилем оси будущего инженерного сооружения (дороги, канала и т. д.). Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

- уклоны участков проектной линии не должны превышать допустимых значений (предельный уклон задается преподавателем);
- объем земляных работ должны быть минимальным;
- объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковы, т. е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;
- шаг проектирования принимают от 100 до 600 м;
- измерение уклона проектной линии можно производить на пикетах или плюсовых точках.

Проектная отметка ПКО задается преподавателям или принимается равной фактической отметке этого пикета.

На рис. 6.4 проектная отметка ПКО H_0 = 125,60 м участков проектной линии с разными уклонами намечено три: длиной 200, 145 и 155 м; измерение уклона проектной линии предусмотрено в двух точках: на ПК2 и на плюсовой точке ПК3+45,0 расчет и вычерчивание проектной линии производится в следующем порядке:

По профилю определяют приближенно (с точностью 0,1 мм в вертикальном масштабе профиля) проектные отметки точек перелома и конца проектной линии:

$$H_2 = 127{,}4\text{м}; \quad H_{3+45.0} = 133{,}8\text{ м}; \quad H_5 = 137{,}4\text{ м}.$$

Вычисляют превышения по участкам проектной линии:

$$h_1 = H_2 - H_0 = +1{,}8\text{ м};$$
$$h_2 = H_{3\text{-}45.0} - H_2 = +6{,}4\text{ м};$$
$$h_3 = H_5 - H_{3+45.0} = +3{,}6\text{ м}.$$

вычисляют уклоны i – отношения превышений h к горизонтальным проложениям участков проектной линии d:

$$i = \frac{h}{d}..$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0{,}009;$$

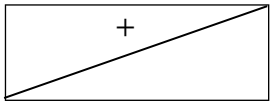
$$i_2 = \frac{6,4}{145} = +0,045;$$

$$i_3 = \frac{3,6}{155} = +0,023.$$

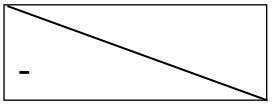
Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

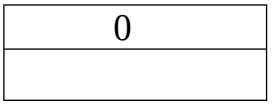
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (*а*), спуском (*б*) или горизонтальные (*с*) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(*а*)



(*б*)



(*с*)

По значениям округленных уклонов вычисляют и выписывают в соответствующую графу продольного профиля проектные отметки концов участков проектной линии по формуле:

$$H_{n\text{-}1} = H_n + i \times d.$$

Для нашего примера:

$$H_2 = 125,60 + 0,009 \times 200 = 125,60 + 1,80 = 127.40 \text{ м};$$

$$H_{3\text{-}45} = 127,40 + 0,45 \times 145 = 127,40 + 6,52 = 133,92 \text{ м};$$

$$H_5 = 133,92 + 0,023 \times 155 = 133,92 + 3,56 = 137,46 \text{ м}.$$

На профиле уточняют по вычисленным отметкам положение точек перелома и конца проектной линии, соединяют полученные отрезки линиями и получают проектный профиль оси будущего инженерного сооружения.

Вычисляют и выписывают проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек трассы по той же формуле (здесь «*d*» – это расстояние между пикетами, или расстояние от пикета до плюсовой точки). $H_1 = H_0 + i \times 100 = 126,50$ м, $H_{1\text{-}40} = H_1 + i \times 40 = 126,86$ м. Контролем вычислений служат выписанные проектные отметки конца участков проектной линии.

Вычисляют рабочие отметки как разности проектных и фактических отметок соответствующих точек профиля. Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше, а отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

В заключении по вычисленной отметке точки оси поперечного профиля наносят положение проектной линии на поперечном профиле. Над проектной линией выписывают ее отметку. Проектную линию наносят горизонтально, по 10м 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 кювета – 0,6 м. Над продольным профилем вычерчивают штамп.

Перечень сдаваемых материалов: отчет по нивелированию (раздел в общем отчете по практике), пикетажный журнал, журнал нивелирования, профиль местности по оси трассы.

7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

На геодезической практике студенты выполняют следующие инженерно-геодезические задачи:

- вынос в натуру точки с заданными координатами;
- вынос на местность точки с заданной отметкой;
- вынос в натуру линии с заданным уклоном.

Проектные данные для выполнения этих задач (отметки, длины линий, уклон, координаты) задает преподаватель.

Подготовительные работы для решения инженерно-геодезических задач выполняются по топографическому плану масштаба 1:500, составленному студентами по результатам тахеометрической съемки.

Вынос проекта в натуру (геодезические разбивочные работы) осуществляются от имеющихся на участке пунктов геодезической сети с использованием следующих геодезических приборов: теодолита Т-30, нивелира Н-3 или Н-10, мерной ленты, рулетки.

7.1. Элементы геодезических разбивочных работ

Разбивочные работы можно представить как совокупность отдельных простых операций. Рассмотрим основные из них.

7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла

Над вершиной угла *O* устанавливают теодолит и ориентируют его лимб вдоль заданного направления *OA*. Вращением алидады откладывают проектный угол β и по направлению визирной оси трубы забивают колышек C_1. Для исключения влияния коллимационной ошибки проводят трубу через зенит и откладывают величину угла β при другом положении вертикального круга, забивают колышек в точке C_2. Расстояние C_1-C_2 делят пополам, полученный угол *AOC* и будет проектным углом. После построения проектного угла производят контрольные измерения этого угла (см. рис. 7.1).

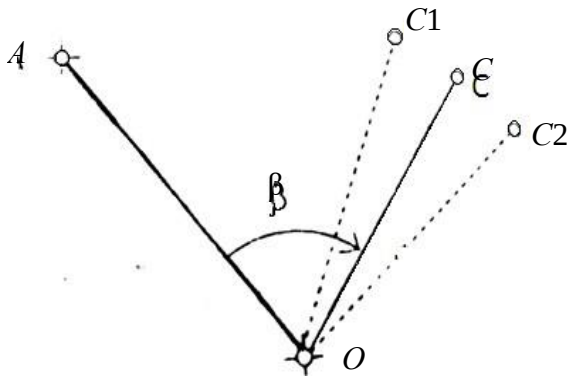


Рис. 7.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния

Для выноса проектного расстояния по заданному направлению мерной лентой откладывают наклонную длину, конец линии закрепляют колышком. Для контроля длину линии измеряют второй раз – обратно. Наклонное проектное расстояние находят по формуле:

$$L = \sqrt{D^2 + h^2} \ ,$$

где D – горизонтальное проложение линии, м; h – превышение между точками концами линии, м.

D и h определяют по топографическому плану.

7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом)

На топографическом плане запроектирована буровая скважина (C), которую необходимо вынести в натуру от ближайших пунктов геодезической сети (в примере пункты 1 и 2 на рис. 7.2).

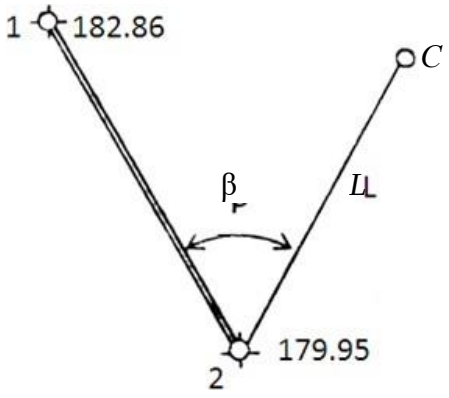


Рис. 7.2. Схема выноса в натуру запроектированной точки

Прямоугольные координаты и отметки пунктов геодезической сети 1 и 2 выписывают из ведомостей вычисления координат и высот точек съемочного обоснования, а координаты и отметку точки *C* студенты определяют графически с топографического плана (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные

	X	*Y*	*H*
1	3833,62	2950,42	182,86
2	3771,20	2838,80	179,95
C	3764,42	2858,20	184,50

Для переноса запроектированной точки в натуру применим способ полярных координат.

Вначале выполняют геодезическую подготовку проекта. Для этого необходимо вычислить разбивочные элементы, т. е. полярный угол β и полярное расстояние *L* по формулам:

$$\beta = \alpha_{2\text{-}C} - \alpha_{2\text{-}1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \text{arctg}\frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \text{arctg}\frac{Y_1 - Y_2}{X1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}, \quad D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \quad h = H_C - H_2,$$

где X_1, X_2, Y_1, Y_2 – прямоугольные координаты исходных пунктов; X_C, Y_C – прямоугольные координаты запроектированной точки *C*; H_2, H_C – отметки точек 2 и *C*; $D_{2\text{-}C}$ – горизонтальное проложение линии 2 – *C*; *L* – наклонное проектное

расстояние от пункта 2 до точки *C*; $\alpha_{2\text{-}C}$, $\alpha_{2\text{-}1}$ – дирекционные углы линий 2-*C* и 2-1.

В нашем примере:

$$r(\alpha_{2-1}) = \text{arctg}\frac{2950{,}42 - 2838{,}80}{3833{,}62 - 3771{,}20} = \text{arctg}\frac{+111{,}62}{+62{,}42} = 1{,}78821 \ (1-\text{ячетверть}),$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \alpha_{2-1} = 60°47'07'.$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \text{arctg}\frac{2858{,}20 - 2838{,}80}{3764{,}42 - 3771{,}20} = \text{arctg}\frac{+19{,}40}{-6{,}78} = 2{,}86136 \ (2-\text{ячетверть}),$$

$$r_{2-C} = 70°44'10'.$$

$$\alpha_{2-C} = 180° - 70°44'10' = 109°15'50',$$

$$\beta = 109°15'50' - 60°47'07' = 48°28'43',$$

$$D_{2-C} = \sqrt{19{,}40^2 + 6{,}78^2} = 20{,}55, \text{ м},$$

h = 184,50 м – 179,95 м = 4,55 м,

$$L = \sqrt{20{,}55^2 + 4{,}55^2} = 21{,}05, \text{ м}.$$

Затем составляют разбивочный чертеж в масштабе топографического плана, на котором запроектирован объект (рис. 7.3).

На разбивочный чертеж наносят: пункты геодезической сети (1, 2); величины углов и линий, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектированной точки.

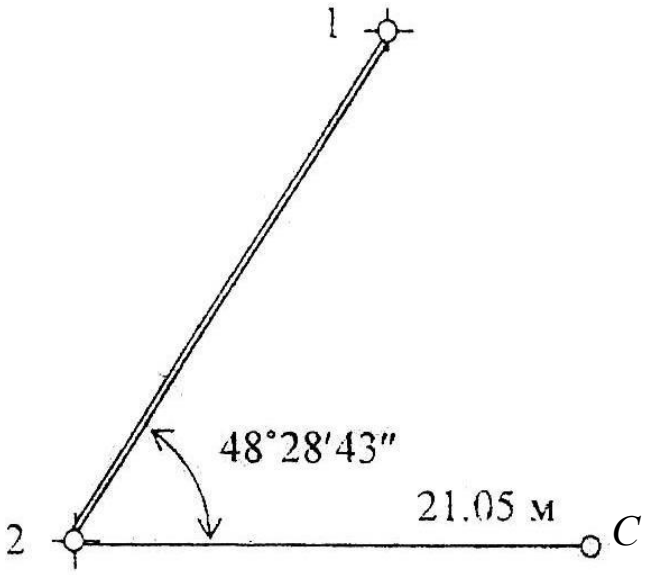


Рис. 7.3. Разбивочный чертеж

На местности в точке 2 устанавливают теодолит и способами изложенными выше (7.1.1, 7.1.2), отмеряют величины, указанные на разбивочном чертеже. Для контроля можно вычислить полярные координаты точки *C* от пункта 1.

7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0 = 49,347 м необходимо вынести на местность точку В с проектной отметкой $H_{пр}$ = 48,000 м. Сначала точку В выносят и закрепляют на местности в соответствии с ее плановым положением.

Для выноса проектной отметки в точке В между исходной точкой А и проектной точкой В устанавливают нивелир (рис. 7.4).

Установив рейку на т. А, берут по ней отсчет *a* (пусть *a* = 0,572 м).

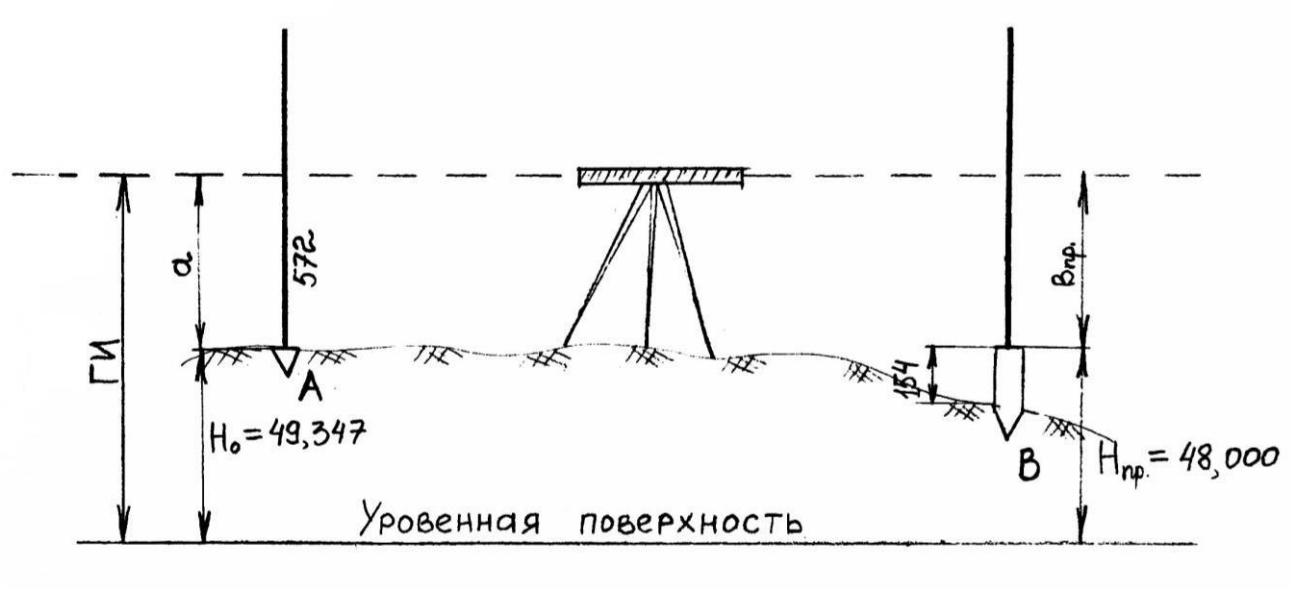


Рис. 7.4. Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$ГИ = H_0 + a = 49{,}347 + 0{,}572 = 49{,}946 \text{ м}.$$

Вычисляют проектный отсчет по рейке $в_{пр}$, соответствующий проектной отметке точки В.

$$в_{пр} = ГИ - H_{пр} = 49{,}946 \text{ м} - 48{,}000 \text{ м} = 1946 \text{ мм}.$$

Затем, наблюдая в трубу нивелира по рейке установленной в точке В, забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, установленной пятой на колышке, был равен вычисленному значению $в_{пр}$ = 1946 мм.

Допустим, отсчет по рейке в т. В равен 2100 мм, тогда 2100 – 1946 = 154 мм, это величина, на которую надо приподнять колышек, чтобы получить проектную отметку, соответствующую верху колышка.

7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0 = 50,20 м (рис. 7.5, *а*) требуется разбить линию длинной D = 30 м с уклоном i = 0,040.

Проектное направление линии выносят на местность, закрепляют точками, расположенными через 10 м (1, 2, В).

Вычисляют проектные отметки точек 1, 2, В по формуле:

$$H_{\text{пр}} = H_0 + i \times d,$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки, закрепленной на линии АВ; i – проектный уклон; d – расстояние от исходной точки А до определенной точки.

$$H_{\text{пр1}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 10 = 50{,}20 + 0{,}04 = 50{,}24 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр2}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 20 = 50{,}20 + 0{,}08 = 50{,}28 \text{ м};$$

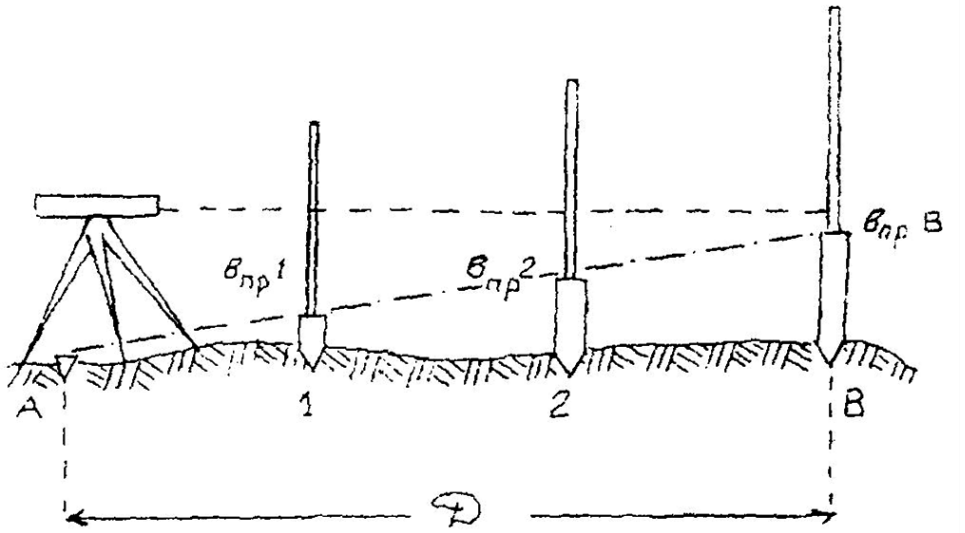
$$H_{\text{прВ}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 30 = 50{,}20 + 0{,}12 = 50{,}32 \text{ м}.$$

Вычисленные проектные отметки точек 1, 2, В выносят в натуру изложенным выше способом. На рис. 7.5, *а* $в_{\text{пр}}1$, $в_{\text{пр}}2$, $в_{\text{пр}}$ В – проектные отсчеты по рейке в точках 1, 2, В.

При другом способе разбивки проектного уклона подъемными винтами нивелира наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке на вынесенной проектной точке В не станет равен высоте инструмента. В результате линия визирования будет параллельна линии заданного уклона. Промежуточные точки линии определяют установкой рейки в точках 1 и 2 и получением на них того же отсчета, что и на точке В (рис. 7.5, *б*).

Материалы, прилагаемые к отчету в главе «Инженерно-геодезические задачи».

а



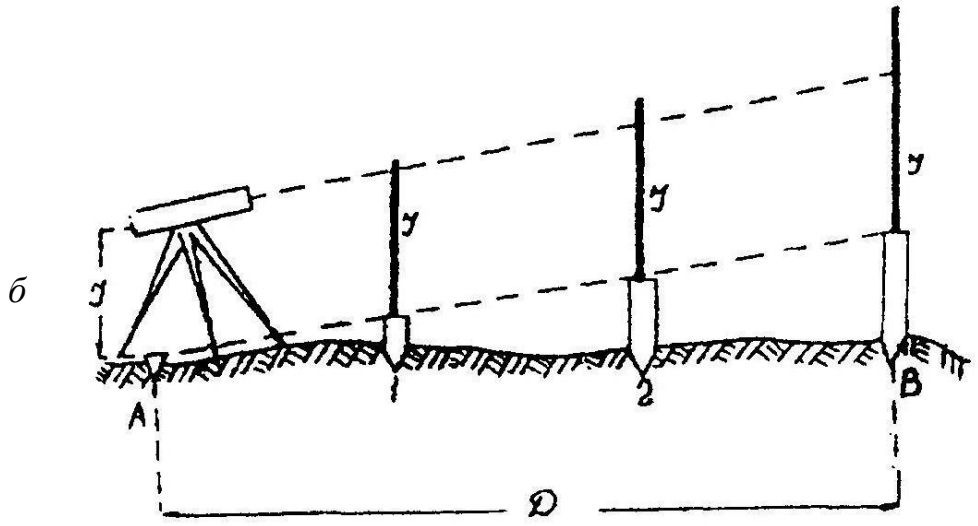


Рис. 7.5. Построение заданного уклона

В отчете по геодезической практике в главе «Инженерно-геодезические задачи» дается описание решения задачи, все вычисления по определению разбивочных элементов и разбивочные чертежи с указанием углов и длин, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектных точек; на топографическом плане бригады указывают проектные точки.

8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

По итогам геодезической практики студенты пишут бригадный отчет. Отчет оформляется на листах А-4. В отчете отражаются следующие вопросы:

- описание участка работ: местоположения, рельеф, растительность, гидрография, дорожная сеть, наличие населенных пунктов, промышленных предприятий и т. п.;

- виды геодезических работ, поверки приборов, камеральная обработка результатов полевых измерений, результаты и допуски;

- виды работ, выполненные отдельными студентами.

Содержание отчета:

1. Общие сведения.
2. Физико-географическая характеристика района работ.
3. Рекогносцировка местности и закладка центров.
4. Поверки теодолита.
5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний.
6. Вычисление координат и отметок съемочного обоснования.
7. Тахеометрическая съемка.
8. Поверки нивелира.
9. Геометрическое нивелирование.
10. Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы.
11. Решение инженерно-геодезических задач.
12. Вычерчивание топографического плана.

К отчету прилагаются:

1. Схема съемочного обоснования и привязки в произвольном масштабе (на схему выписывают средние значения измеренных углов и длин).
2. Журналы измерения углов и длин сторон.
3. Ведомости вычисления отметок точек съемочного обоснования.
4. Ведомость вычисления координат точек съемочного обоснования.
5. Журнал тахеометрической съемки.
6. Абрисы.
7. Топографический план масштаба 1:500.
8. Пикетажный журнал.
9. Журнал нивелирования.
10. Профиль местности по оси трассы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения.

ГКИНП-02-033-79. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Клепко В. Л., Назаров И. В. Геодезия: курс лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 148 с.

СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Стандартный шрифт

Стандартный шрифт (по ГОСТу 2.304-81 – чертежный шрифт) пишется от руки с наклоном 1:3. Применяется для ведения записей в журнале и оформления документации.



СХЕМА Профиль План

147°25′ 638,9 70,241 139°57′

Студент Преподаватель

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Вычислительный шрифт

Вычислительный шрифт имеет прямое начертание. Он применяется при полевых и вычислительных работах. Шрифт легко запоминается и читается, прост в исполнении.



Пирамида. Сигнал. Азимутный пункт. Широта и долгота. Наблюдение горизонтальных углов. Исправленные углы.

4152 43175 9.175 371 3.323 715 4252.62 3189.14
2245 11657 7963.57 152 343.5 1.569 145 2356.16
250° 41' 24° 32' 293° 38' 45" 225° 49' 31° 53' 47" 15° 24'

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

С. Г. Паняк, Т. С. Бобина

УЧЕБНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие
для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело»

Екатеринбург
2020

УДК
ББК
Б

Р е ц е н з е н т : А. Б. Макаров, доцент кафедры геологии, поисков и разведки полезных ископаемых УГГУ

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Паняк С. Г., Бобина Т.С.

Учебная геологическая практика: Учебное пособие к первой учебной геологической практике по курсу «Геология» в окрестностях г. Екатеринбурга. Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. 95 с.

Настоящее пособие состоит из трех частей. Первая часть содержит методику проведения учебной практики и правила техники безопасности. Во второй – описываются геологические процессы, формирующие основные структуры земной коры и различные формы рельефа поверхности. В третьей части приводится описание опорных геологических маршрутов – основных объектов полевых исследований.

Данное пособие предназначено для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело». Однако может быть использовано студентами других специальностей, походящих учебную геологическую практику в окрестностях г. Екатеринбурга. Пособие может быть полезным также для любителей камня, интересующихся природой и красотой родного края.

УДК
ББК

© Паняк С. Г., Бобина Т.С., 2020
© Уральский государственный горный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ .. 6
1.1. Организация практики, цели и задачи 6
1.2. Содержание практики 7
1.3. Правила техники безопасности 13
2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ 19
2.1. Эндогенные процессы и их продукты 19
2.1.1. Магматизм и его продукты 19
2.1.2. Метаморфизм и его продукты 25
2.1.3. Тектоника 38
2.2. Экзогенные процессы 47
2.2.1. Литогенез 47
3. ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ 60
3.1. По Уктусскому массиву 60
3.2. Елизаветинское месторождение 65
3.3. Шабровское рудное поле 69
3.4. Шиловское месторождение 76
3.5. Березовское рудное поле 80
3.6. Гора Хрустальная 83
3.7. Билимбаевское месторождение 88
3.8. Суффозионные процессы вдоль линий метро 92
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА 94
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА 94

ВВЕДЕНИЕ

Учебная геологическая практика после первого курса является неотъемлемой и важнейшей частью высшего образования, способствует формированию у студентов практических профессиональных навыков. На практике студенты учатся наблюдать, документировать и обобщать геологические факты, что способствует закреплению пройденного материала по теоретическому курсу «Геология», «Динамическая геология». Кроме того, учебная практика играет важную роль в подготовке студентов к последующему изучению других специальных дисциплин, а также в трудовом воспитании, развитии чувства коллективизма, организаторских способностей.

При выборе места проведения практики и основных маршрутов выпускающая кафедра исходила из того, что наиболее удачным районом практики по динамической геологии является такой, где на относительно небольшой территории располагаются разнообразные геологические объекты. Их специфика определяется: 1 – сложным геологическим строением; 2 – продуктами различных процессов – магматизма, метаморфизма, тектоники; 3 – большим количеством разнообразных месторождений полезных ископаемых; 4 – выходами подземных вод; 5 – проявлениями опасных геологических и антропогенных процессов, включая жизнедеятельность человека. Таким районом с большим разнообразием процессов и их продуктов являются, прежде всего, окрестности г. Екатеринбурга.

Сам город Екатеринбург строился как город-крепость, для которого была необходима разведка новых полезных ископаемых. Многие из них эксплуатируются до сих пор. Район Екатеринбургского геологического полигона географически размещается в пределах лесной зоны, а в орографическом отношении охватывает зону главного водораздела и пологого восточного эродированного восточного склона Среднего Урала, и, частично, краевую зону Зауралья. Рельеф этого района грядовый, неравномерно всхолмленный, с общим понижением на восток, максимальная абсолютная отметка 545 м, относительные превышения 70-250 м.

Гидрографическая сеть представлена системой рр. Исети, Пышмы, Чусовой и их притоков, принадлежащих бассейнам рек Тобола и Камы. На реках Исети и Чусовой искусственно созданы крупные водоемы – оз. Исетское, Нижне-Исетский и Верх-Исетский пруды, Верхне-Макаровское и Волчихинское водохранилища. На площади имеются крупные естественные водоемы – озера Аятское, Таватуй, Щитовское, Балтым, Шарташ. Значительные площади, особенно в западной части района, заняты болотами. Территория Екатеринбургского геологического полигона являются частью одного из старейших горнорудных районов Урала, где и в настоящее время эксплуатируются месторождения коренного золота (Березовское, Крылатовское), россыпного золота (Чусовская группа), титаномагнетита (Первоуральск), благородного змеевика (Шабровская группа), мрамора (Мраморское, Шабровское), кирпичных глин и строительного камня. Район

густо населен и экономически развит, хорошо развиты пути сообщения: железные, шоссейные и улучшенные грунтовые дороги, благодаря чему большая часть района доступна для проведения геологических исследований. Многочисленные грунтовые дороги пригодны для проезда в сухое время года. Обнаженность района неравномерная и в целом удовлетворительная.

В настоящем пособии описаны геологические маршруты в окрестностях города Екатеринбурга, где можно увидеть результаты процессов, происходивших в далеком прошлом и зафиксированных в каменной книге. Маршруты открывают многообразие геологических процессов и их продуктов: хрупкие и пластические деформации, различные формы рельефа, магматические, метаморфические и осадочные породы, минералогические редкости, а также проявления оползней, карста, подтоплений и других опасных явлений.

Особый интерес для представителей студентов специальности «Прогнозирование и предупреждение опасных природных явлений» представляют отдельные формы эрозионного рельефа (речные террасы, долины, овраги), проявления тектоники (складки, разрывные нарушения), причудливые скальные городища, возникшие в результате выветривания и геологической деятельности ветра. Многие из этих геологических образований являются памятниками природы. К сожалению, человек нередко вносит изменения в природу, которые часто приводят к необратимым последствиям. Это необходимо иметь в виду при проведении маршрутов, чтобы не изуродовать скальные выходы при взятии образцов, иногда лучше зафиксировать объект на фотопленку, чем выколачивать его из скалы. Интересные объекты можно также зарисовать в пикетажную книжку, сохраняя их для будущих поколений.

Климат района континентальный. Среднегодовое количество осадков 450-550 мм, высота снежного покрова 0,4-0,6 м, глубина промерзания грунтов 0,5-2,0 м. Большая часть района покрыта хвойными, смешанными и лиственными лесами (сосна, лиственница, кедр, береза, осина).

1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

1.1. Организация практики, цели и задачи

Учебная геологическая практика после первого курса проводится в течение двух недель, состоит из нескольких этапов и заканчивается написанием отчета, который составляется составом бригады.

***Цель практики*:** Знакомство с результатами естественных геологических процессов в окрестностях г. Екатеринбурга путем их полевого наблюдения и документации. Овладение профессиональными навыками описания естественных и искусственных обнажений закрепляет теоретические знания, полученные в процессе изучения курсов «Геология» и «Динамическая геология».

***Задачи практики**:*

— знакомство с методиками полевых геологических, геоморфологических, и гидрогеологических наблюдений;

— обучение студентов методики работы с горным компасом;

— знакомство с методикой документации полевых объектов: естественных обнажений, опорных разрезов, горных выработок, особенностей рельефа местности и т. д.;

— обучение приемам камеральной обработки полевых материалов, оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

— знакомство с некоторыми промышленными предприятиями и их влиянием на среду обитания.

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

— иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, потенциально несущих угрозу катастроф;

— различать экзогенные процессы, которые в последнее время все больше стимулируются антропогенными факторами, связанными с деятельностью человека;

— уметь делать предварительную оценку возможных потенциальных катастроф, связанных с теми или иными экзогенными, эндогенными и антропогенными процессами в районе практики.

После завершения практики студенты должны уметь:

— различать между собой магматические, метаморфические и осадочные породы;

— наблюдать и документировать обнажения горных пород;

— уметь вести абрис маршрута;

— вести дневник наблюдений (пикетажную книжку);

— отбирать образцы пород и вести их каталог;

— замерять элементы залегания слоистости, трещиноватости, сланцеватости;

— работать с горным компасом, составлять с его помощью фрагментарные схемы и планы, разрезы;

— анализировать геологические структуры, возрастные взаимоотношения различных геологических образований, как в обнажениях, так и на картах.

Таким образом, в результате освоения задач практики студенты должны получить:

— общекультурные компетенции ОК-6,7,8,10,11;

— профессиональные компетенции ПК-1,2,3,4,8,17,18.

1.2. Содержание практики

Геологическая практика проводится сотрудниками кафедры Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях. Как и любые другие полевые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап

П о д г о т о в и т е л ь н ы й э т а п продолжается один день, в течении которого со студентами проводятся лекции о целях и задачах практики, формируются учебные бригады из 4-5 человек, выбирается бригадир, готовится и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешочки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, складной нож, ручка, карандаш, линейка, медицинская аптечка), а также документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки). Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада, полевой дневник должен иметь каждый студент для самостоятельного ведения записей и зарисовок обнажений.

Для успешного проведения учебной геологической практики необходимо осуществить ряд мероприятий, направленных на строгое выполнение правил техники безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр студентов, которые будут проходить практику, сделать предохранительные прививки. Эти мероприятия осуществляются до экзаменационной сессии в течение учебного семестра. Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов с правилами безопасности и трудовой дисциплины. Студенты, сдавшие зачет по технике безопасности, расписываются в соответствующей ведомости, удостоверяя, тем самым, что они знакомы с правилами безопасности и дисциплины на учебной практике. Особое внимание в правилах техники безопасности уделяется следующим разделам:

- организация полевого лагеря;
- ведение маршрута;
- работа в горной местности;
- работа в карстовых областях;
- переправа через водные преграды;
- использование автотранспорта;
- пртивоэнцефалитная подготовка;
- обеспечение питьевой водой;
- оказание до врачебной помощи;
- правила передвижения группами по городским улицам и автомобильным дорогам;
- правила поведения в общественном транспорте.

В подготовительный период студентам читаются лекции о геологическом строении окрестностей г. Екатеринбурга, истории его геологического развития, а также знакомят с коллекцией образцов данного района.

Полевой период

В полевой период проводятся полевые маршруты на хорошо вскрыытых природных обнажениях, а также на участках с проявлениями антропогенного влияния на устойчивость промышленных и хозяйственных объектов.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических наблюдений, показывают следствия их проявлений на рельефе местности.

Выполнение маршрутного задания зависит, прежде всего, от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригады перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за один из участков работы, на следующий день они отвечают за другой и т. д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов, в связи, с чем эту работу следует проводить до периода составления отчета.

Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса практики. Количество их и содержание определяются целями и задачами, планом обучения и программой геологической практики с учетом специфики специальности.

Практически во всех случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи

отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района, выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород.

Необходимо особо подчеркнуть, что геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, описание результатов тектонических, геоморфологических и других процессов, включая опасные. Записи проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Т.Н.). По характеру изучаемых явлений «Т.Н.» можно условно разделить на три вида. На одних проводится изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных и поверхностных вод, выветривания и т. д.); на других - изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях; и, наконец, на третьих – (наиболее частый случай) исследуются и те и другие вопросы одновременно. Остановка на «Т.Н.» даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы была возможность изучать наибольшее число объектов и явлений.

При остановке на «Т.Н.» прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (с использованием компаса, по солнцу, или другому способу) и определить нахождение точки на карте и местности, т. е. дать ее адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии и т. д. или методом глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной точки на карту под соответствующим номером (нумерация точек наблюдения должна быть сквозной). Сегодня следует осваивать переходить на новейшие методики ориентации на местности – ГЛОНАС и GPS.

Изучая на точке наблюдения геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления – геоморфологию, гидрографию, тектонику и т. д. Переходя к конкретному описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине, а также тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажение в русле рек, стенка карьера, элювиальный развал и т. д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание дается либо в общем виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачки снизу вверх.

В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика их отличительных генетических свойств: текстура, структура, минеральный состав, тектонические дислокации и т. д. В описании указываются элементы залегания пород, их слоистости, сланцеватости, крыльев складок, плоскостей сместителей и т. д. Отмечаются места отбора образцов и их нумерация. На

левой стороне пикетажной книжки приводятся зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании породы рекомендуется следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, следует внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты, магматические тела, метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. При этом руководитель контролирует и направляет работу отдельных студентов и всей группы для того, чтобы прояснилась общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда студенты овладеют соответствующими навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своем полевом дневнике на данной «Т.Н.». Остальные студенты делают свои замечания и дополнения и, наконец, преподаватель обобщает все сказанное и формулирует итоги для общей записи.

Ниже приведены лишь наиболее важные методические положения из этой области.

Основные правила ведения первичной документации

Формы первичной документации включают:

1 – дневники, полевые книжки;

2 – журналы документации горных выработок;

3 – журналы образцов, проб и т. д.;

4 – этикетки;

5 – зарисовки обнажений, горных выработок;

6 – фотографии естественных и искусственных обнажений.

В процессе документации исполнитель обязан придерживаться следующих правил:

1 – все записи ведутся максимально разборчиво;

2 – записи должны выполняться по одинаковой схеме;

3 – записи должны вестись карандашом или чернилами, которые не расплываются во влажных условиях;

4 – записные книжки или дневники должны иметь сквозную нумерацию листов.

Ниже приведены основные правила ведения дневников (полевых книжек).

Дневник (полевая книжка) – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых,

геоморфологических и т. п.). Он изготовляется в виде книжки в твёрдом переплёте, покрытом дерматином или другим материалом, предохраняющим его от сырости, механических и иных повреждений. На случай потери рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительного и почвенного покрова.

На третьей странице обложки помещается карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 х 15-18 см (для кармана одежды) до 13-15 х 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие – как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие её чтение.

Рекомендуемый объём дневника – 100–130 листов. Дневник должен изготовляться из писчей бумаги, 6-10 листов миллиметровки и нескольких листов кальки.

Титульный лист дневника должен содержать название организаций, экспедиций (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исследователя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдения и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На обороте титульного листа помещается оглавление дневника.

На первой странице дневнике помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы (определение истиной мощности и глубины залегания наклонных пластов, поправки к углам падения при пересечениях, не перпендикулярных к простиранию пластов и др.) и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведётся запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т. п. указываются день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную точку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками (в примерах выделены полужирным шрифтом), номера образцов и проб и т. п. подчёркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерения элементов залегания, радиоактивности, содержания химических элементов и т. п. выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выноситься также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т. п.) или участков (расположении е геологических

тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок и т. п.). Здесь же излагаются предположения и соображения исследования, возникающие в процессе наблюдения, но требующие подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяжённость маршрута в километрах.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником партии (отряда, участка).

Камеральный этап

К а м е р а л ь н ы й э т а п проводится последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на обработку полевых материалов, составление отчета и его защиту.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов отобранных проб;
- оформление рисунков к отчету;
- изготовление и описание разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий и вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчета;
- защита отчета.

Главная цель написания отчета – овладение анализом и обобщением геологических наблюдений и умение грамотно изложить результаты такого обобщения. При этом вырабатываются навыки правильного оформления отчетов, подбора и изготовления графических приложений, составление списка литературы и т. д. Поскольку цель настоящей практики состоит в закреплении теоретических знаний по курсу «Динамическая геология», то вопросам динамики эндогенных и экзогенных процессов, деформаций пород, формам рельефа, гидрогеологическим особенностям района работ необходимо уделить максимальное внимание.

Повышенные требования к методике наблюдения природных объектов и их документации особенно важны для будущих специалистов в области защиты в чрезвычайных ситуациях, поскольку они обязаны не только фиксировать природные и техногенные процессы, но научиться их прогнозировать.

1.3. Правила техники безопасности

Введение

Настоящая инструкция по технике безопасности предназначена для студентов, проходящих учебную геологическую практику в окрестностях г. Екатеринбурга. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Молодые люди, юноши и девушки, решив посвятить свою жизнь трудной профессии должны отчетливо представлять свою будущую специальность. Полевые исследования выполняются в различных природных и климатических условиях. Они требуют от человека физической выносливости, самообладания, умения в сложных условиях, в любой обстановке не теряться. Поэтому подготавливать свой организм, воспитывать в себе необходимые качества и навыки студент должен с первого курса. Участие в экскурсиях, геологических и туристических походах помогает закрепить и приобретать навыки полевой жизни. В этом случае студент на самостоятельной работе будет физически вынослив и морально подготовлен. Очень важным является то, что для успешного выполнения программы геологической практики необходимо знание и умение соблюдать на практике правила личной гигиены и правила безопасности ведения работ.

В данной инструкции приводятся основные положения Правил безопасности при полевых работах.

1. Общие правила безопасности

Геологическая практика должна проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с настоящей Инструкцией.

Перед геологической практикой все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители практики перед ее началом обязаны провести специальный инструктаж всех студентов об условиях практики, правилам безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый студент расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования студентов по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проводить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению опасности; при невозможности устранения опасности – прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других, не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии.

2. Требования безопасности работы в маршрутах

Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспеченность ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание старосте о порядке проведения маршрута, о правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, то выходить в маршруты запрещается. Если затяжной дождь, густой туман застают группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

2.1. Порядок передвижения в маршрутах

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При отставании кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи, старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

При ухудшении метеорологической обстановки (снегопад, гроза, густой туман и т.п.), появлении признаков пожара, при агрессивном поведении хищных зверей следует прекратить маршрут и принять меры, обеспечивающие безопасность работающих.

В маршрутах каждому студенту рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При передвижении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим в соответствии с разделом 4 «Инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве». Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается. Употребление сырой воды для питья допускается только с разрешения санитарно-противоэпидемической службы.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбираться по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

В маршруте каждый студент должен иметь нож, индивидуальный перевязочный пакет и запасную коробку спичек в непромокаемом чехле.

Перевозить и переносить острые колющие инструменты (топоры, пилы, ножи и пр.) следует в предохранительных чехлах или в обертке.

2.2. Маршруты в сложных условиях, в горных местностях

При движении и работе на скалах сбрасывать камни и отваливать неустойчивые глыбы без надобности запрещается.

При передвижении по узким тропам и карнизам выступы камней, корни деревьев и т. п. следует обходить очень осторожно, т. к. при резких поворотах можно зацепиться рюкзаком, потерять равновесие и сорваться с обрыва. В таких условиях ремни рюкзаков должны быть ослаблены, связывать их на груди запрещается.

При работе на обрывистых и крутых (более 30^{o}) склонах при отсутствии необходимой опоры следует организовать взаимную страховку работающих.

При движении по осыпям и скалам всегда следует иметь в виду возможность срыва сверху камней и каменных лавин. В таких местах, особенно с карнизными скальными развалами, в узких ущельях со слабоустойчивыми стенками и нависшими каменными глыбами, срыв камней может быть вызван звуком. Поэтому крики без надобности в подобных условиях запрещаются.

Выходить на скальные карнизы, на края обрывов и крутых склонов без соответствующей страховки запрещается.

Подниматься и спускаться по крутым склонам и осыпям следует длинными зигзагами («серпантином»). Подъем вверх «в лоб» и спуск прямо во избежание травмирования камнями идущих ниже не рекомендуется. В случае вынужденного движения таким способом необходимо держаться на максимально близком расстоянии друг от друга.

Подъем и спуск по крутым склонам должны производиться с обязательной взаимопомощью.

При подъеме на гору в залесенной местности, а также при передвижении в густых кустарниках расстояние между людьми должно быть не менее 3 м во избежание травмирования ветками идущего следом.

Подъем и спуск по крутым склонам в местах, где водятся ядовитые паукообразные и змеи, должны проводиться особенно осторожно во избежание внезапного укуса.

2.3. Маршруты в сложных условиях: в речных долинах и оврагах

При работе в речных долинах и оврагах с крутыми обрывистыми склонами передвижение и осмотр обнажений (во избежание опасности обвала, оплыва, падения камней и деревьев) должны производиться очень осторожно.

В случае внезапных грозовых ливней работа в овраге должна быть немедленно прекращена.

Запрещается движение вблизи кромки берегового обрыва.

При передвижении по долинам рек, особенно в местах впадения притоков со спокойным течением, илистые и заболоченные участки следует по возможности обходить или преодолевать их с помощью охранных средств (веревки, шесты, настилы).

2.4. Маршруты в сложных условиях; в лесных районах

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

Запрещается:

а) работать в зоне возможного падения сухостойных деревьев;

б) передвигаться по участкам леса с сухостойными деревьями во время сильного ветра;

в) ударять по сухостойным деревьям инструментом, рукой и т. п.;

г) укрываться во время грозы под высокими и отдельно стоящими деревьями.

2.5. Маршруты в сложных условиях: карст

При движении по закарстованным площадям следует обходить блюдцеобразные и воронкообразные впадины.

Запрещается:

а) производить обследование вновь обнаруженных карстовых пустот;

б) разводить костры перед входом в пещеру.

2.6. Опробование

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более пробоотборщиков на одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5м.

3. Требования безопасности в аварийных ситуациях

3.1. Если произошел несчастный случай или студент почувствовал недомогание, то следует:

— прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих;

— сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

3.2. При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более, чем на 1.0 - 1.5 часа.

3.3. При возникновении пожара немедленно сообщить о нем преподавателю и в пожарную часть, известить руководителя практики, обезопасить людей и приступить к тушению очага возгорания с помощью первичных средств пожаротушения.

3.4. При обнаружении опасных ситуаций (оголенный электрический провод), оградить опасную зону и сообщить руководителю.

4. Требования безопасности по окончании практической работы

4.1. Привести в порядок снаряжение и другие принадлежности.

4.2. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

4.3. Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

4.4. Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ

Облик Земли в ходе ее развития непрерывно изменяется в результате разнообразных геологических процессов. Многие из них протекают настолько медленно, что человек за всю свою жизнь не может обнаружить каких-либо существенных изменений. Но когда процессы действуют в течение длительных отрезков геологического времени, исчисляемых миллионами лет, они приводят к крупным преобразованиям лика Земли. Другие процессы, например извержения вулканов, землетрясения, протекают быстро, и их проявления можно наблюдать непосредственно. Созидающие и разрушающие геологические процессы вызываются различными источниками энергии.

Одни из них связаны с силами, действующими внутри Земли, и называются процессами внутренней динамики или ***э н д о г е н н ы м и*** (от греческого «эндо» – внутри). Другие проявляются на поверхности Земли и в верхних частях земной коры и связаны с воздействием внешних по отношению к земной коре факторов. Эти процессы называются ***э к з о г е н н ы м и*** (от греческого «экзо» – внешний). В результате взаимодействия внешних и внутренних процессов формируется рельеф Земли (горы, равнины, ущелья, речные террасы).

2.1. Эндогенные процессы и их продукты

К эндогенным относят процессы, протекающие преимущественно внутри Земли, однако главным их признаком являются источники энергии, за счет которых они развиваются. Главным источником внутренней энергии считают гравитационный, второстепенными – радиоактивный и ротационный. К эндогенным процессам, например, относят формирование эффузивных пород, хотя застывание лавовых потоков происходит на дневной поверхности. К эндогенным относят магматические процессы, метаморфические преобразования пород, а также процессы движения литосферных плит (тектонику).

2.1.1. Магматизм и его продукты

Под магматизмом понимают совокупность геологических процессов, связанных с деятельностью магмы и ее производными. Магма представляет собой высокотемпературный расплав (800-1500 градусов Цельсия), возникающий в астеносфере. В силу определенных физико-химических процессов расплав может оставаться на месте его рождения или подниматься по подводящим каналам на дневную поверхность.

В случае если магматический расплав достигает поверхности, после его остывания образуются так называемые *эффузивные породы* (от «эффузио» –

излияние). Сама магма при достижении поверхности называется лавой. Всю совокупность процессов, связанных с магматической деятельностью и протекающих на дневной поверхности, называют вулканизмом или эффузивным магматизмом.

Различия в химическом составе эффузивных и интрузивных пород незначительны. Значимые различия ощущаются лишь в содержании газов, которые при снижении давления в приповерхностных условиях из лавовых потоков быстро удаляются. В верхних частях таких потоков их остатки иногда сохраняются в виде газовых пузырьков.

Химический состав магматических пород определяют около 10-ти основных (породообразующих) компонентов. Однако ведущую роль в составе магмы играет компонент кремнезем – SiO_2, его количество, определяет минеральный состав пород, а также их классификацию. В магматических породах содержание кремнезема колеблется в пределах 35-75 %. Все породообразующие минералы магматических пород являются силикатами, т. е. соединениями разных химических элементов с кремнеземом. Такие соединения с кремнеземом образуют: Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, MnO, H_2O.

Кроме главных (породообразующих) компонентов магматические породы могут содержать другие химические элементы, называемые редкими, их содержание обычно не превышает 1 %.

Все многообразие магматических горных пород представляет собой комбинацию одного или нескольких упомянутых выше химических компонентов, образующих один из семи породообразующих минералов (силикатов): оливин, пироксен, роговая обманка, слюда (темноцветные минералы), а также плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кварц (светлоокрашенные минералы). Если горная порода состоит из одного минерала, то она называется ***мономинеральной***, если из нескольких – ***полиминеральной***.

Классификация магматических пород основана на их химическом, а значит минеральном составе. Все магматические породы разделяются по содержанию кремнезема (SiO_2) на 4 класса:

- кислые – более 63 %,
- средние – 52-63 %,
- основные – 45-52 %,
- ультраосновные – менее 45 %.

Максимальное количество кремнезема содержится, естественно, в кварце (100 %), минимальное – в оливине (40 %).

Минеральный состав магматических пород является отражением их химического состава. Например, кислые породы состоят из минералов с наибольшим содержанием SiO_2, а ультраосновные – с наименьшим. Исходя из этих соображений, минеральный состав различных классов магматических пород будет следующим:

К и с л ы е – кварц, полевые шпаты (кислые плагиоклазы, калиевые полевые шпаты), биотит.

С р е д н и е – полевые шпаты (средние плагиоклазы), роговая обманка.

О с н о в н ы е – полевые шпаты (основные плагиоклазы), пироксен.

У л ь т р а о с н о в н ы е – оливин, пироксен, редко роговая обманка.

Так как в природе не бывает дискретных (четко ограниченных) составов по химизму и минеральному составу, то выделяют промежуточные породы:

- гранодиорит (между гранитом и диоритом),
- граносиенит (между гранитом и сиенитом),
- габбро-диорит (между габбро и диоритом).

Выделение их визуально основано на совместном присутствии в породе двух темноцветных минералов. Например, у гранодиорита и граносиенита одновременно присутствуют роговая обманка и биотит, а у габбро-диорита – пироксен и роговая обманка.

Необходимо также знать еще некоторые правила:

1. В кислых породах в обязательном порядке присутствует кварц, с переходом к породам среднего состава его содержание постепенно приближается к нулю, а темноцветный минерал слюда сменяется роговой обманкой.

2. В средних породах темноцветом выступает роговая обманка, которая доминирует и в диоритах и в сиенитах. Различие между диоритом и сиенитом в соотношении полевых шпатов: в диоритах доминирует плагиоклаз, а в сиенитах – два полевых шпата (плагиоклаз и калишпат).

3. В основных породах темноцветом является пироксен, который при приближении состава породы к среднему может частично замещаться роговой обманкой. При смещении состава в сторону ультраосновных пород темноцветы могут быть представлены, кроме пироксена, оливином.

4. В состав ультраосновных пород не входят светлые минералы. В них доминирует, как правило, оливин и пироксен.

Если минеральный состав определить сложно вследствие очень мелкого размера зерен, класс породы определяется по ее цвету: кислые породы обладают светлой окраской, средние – серой, основные – темной (черной), иногда со светлыми пятнами, ультраосновные – только черной.

Таким образом, магматическая порода определяется в следующей последовательности: сначала по структурно-текстурным особенностям определяется генезис (условия образования), т. е. принадлежность к глубинным, плутоническим (интрузивным) или поверхностным, вулканическим (эффузивным) образованиям. Затем по минеральному составу устанавливается ее наименование (см. табл.1).

Трудности возникают с диагностикой магматических пород при изучении вулканических пород, когда в них выкристаллизованными могут быть: один, два или три минерала. Иногда таких минералов нет вообще, например, в обсидиане (вулканическом стекле). В некоторых случаях окончательная

диагностика возможна только с использованием микроскопических или химических исследований, что не входит в круг наших задач.

Среди плутонических пород следует выделять разновидность жильных или гипабиссальных образований, которые формируются в полуглубинных или малоглубинных условиях и выполняют трещины в земной коре. По условиям формирования (температура, давление, скорость остывания) они занимают промежуточное положение между глубинными интрузиями (плутонами), и поверхностными покровами (эффузивами). Для них наиболее часто употребляются комбинированные названия: гранит-порфир, сиенит-порфир.

Таблица 1

Классификация магматических горных пород

Тип породы по содержанию SiO_2		**Интрузивные породы**	**Эффузивные породы**	**Породообразующие минералы**
Кислые (более 65 %)		Гранит	Риолит, липарит	Кварц, калишпат, кислый плагиоклаз, биотит
Средние (65-53%)	Щелочной ряд	Сиенит	Трахит	Калишпат, средние плагиоклазы, роговая обманка
	Нормальный ряд	Диорит	Андезит	Средние плагиоклазы, роговая обманка
Основные (53-44 %)		Габбро	Базальт	Основные плагиоклазы, пироксен
Ультраосновные (менее 44 %)		Пироксенит	Редко пикриты, коматииты	Пироксен
		Перидотит		Пироксен, оливин
		Дунит, оливинит		Оливин

Текстуры и структуры пород

Текстуры магматических пород разделяются по степени и характеру заполнения пространства минеральным веществом. Различают следующие текстуры:

м а с с и в н а я – обусловлена компактным, плотным и однородным сложением составляющих породу минералов;

п о р и с т а я – определяется наличием округлых или неправильной формы пустот размером 1-10 мм;

н о з д р е в а т а я – определяется наличием округлых или неправильной формы пустот размером более 10 мм;

м и к р о п о р и с т а я – определяется наличием округлых или неправильной формы, невидимых для невооруженного глаза, пустот размером менее 0,1 мм;

м и н д а л е к а м е н н а я – образуется при заполнении пустот вторичными минералами (кальцитом, опалом, халцедоном, хлоритом). От пористой текстуры миндалекаменная отличается лишь тем, что мы имеем дело с заполненными пустотами.

Структуры магматических пород обусловлены степенью кристалличности, а также наличием или отсутствием вулканического стекла. Выделяют следующие структуры:

п о л н о к р и с т а л л и ч е с к а я - порода полностью сложена кристаллическими зернами;

п о р ф и р о в а я – порода сложена крупными и мелкими зернами и вулканическим стеклом (крупные кристаллы называют *п о р ф и р о в ы м и в к р а п л е н н и к а м и* , а мелкие в совокупности с нераскристаллизованным стеклом – *о с н о в н о й м а с с о й*);

с к р ы т о к р и с т а л л и ч е с к а я (афировая)– обусловлена наличием в породе очень мелких, различимых только под микроскопом, кристаллов и вулканического стекла;

с т е к л о в а т а я – возникает, когда вулканическая лава застывает в водной среде, не успевая раскристаллизоваться.

Основные разновидности магматических пород

Кислые породы

Г р а н и т – плутоническая или интрузивная порода с массивной текстурой и полнокристаллической, от мелко- до крупнокристаллической, структурой. Минеральный состав: кварц, калиевый полевой шпат, кислые плагиоклазы, биотит. Наличие кварца в породе является главным признаком кислых пород. Зерна кварца характеризуются жирным стеклянным блеском, дымчато-серым цветом, отсутствием спайности.

Р и о л и т (липарит) – эффузивный аналог гранита. Имеет мелкопористую текстуру и порфировую структуру: на фоне светлой скрытокристаллической основной массы выделяются мелкие вкрапленники кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза. Темноцветные минералы встречаются редко, представлены биотитом, реже игольчатыми кристаллами роговой обманки.

О б с и д и а н – застывшее вулканическое стекло. Текстура массивная, иногда флюидальная (со следами течения), структура стекловатая. Чаще всего встречаются обсидианы кислого состава, но имеются также стекла основного и среднего состава. Цвет у них различный: серый, бурый, черный. Образуются при быстром застывании излившейся на поверхность магмы.

П е м з а – «вспененное» стекло; текстура пористая, структура стекловатая. Образуется при быстром затвердевании бурно вскипающей богатой газами и парами лавы. По химическому составу пемзы обычно кислого состава, редко отмечаются разновидности среднего и основного состава.

Средние породы

В этом классе выделяются два ряда – щелочной и нормальный. Породы щелочного ряда характеризуются наличием большого количества калиевого полевого шпата, который доминирует над плагиоклазом. В породах нормального ряда резко доминирует плагиоклаз.

Щелочной ряд

С и е н и т – плутоническая или интрузивная порода; текстура массивная, структура полнокристаллическая. Состоит из калиевого полевого шпата, плагиоклазов (кислых и средних) и роговой обманки, количество которой колеблется от 10 до 20 %.

Т р а х и т – эффузивный аналог сиенита. Текстура тонкопористая, обуславливающая шероховатость породы на ощупь; структура мелкопорфировая, во вкрапленниках желто-розовые калиевые полевые шпаты и один или несколько темноцветных минералов (чешуйчатый биотит и игольчатая роговая обманка). В трахитах часто наблюдаются текстуры течения, т. е. взаимопараллельное расположение игольчатых минералов.

Нормальный ряд

Д и о р и т – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая. Минеральный состав: средний плагиоклаз, (60-65 %) и роговая обманка (30-35 %). Плагиоклаз образует белые или зеленовато-серые зерна неправильной формы; роговая обманка – в виде черных, удлиненной формы кристаллов.

А н д е з и т – эффузивный аналог диорита. Текстура пористая, структура скрытокристаллическая, поэтому минеральный состав не определяется визуально. Класс породы устанавливается по ее цвету – андезит имеет цвет от светло-серого до серого. Иногда структура породы мелкопорфировая, тогда во вкрапленниках содержатся мелкие прямоугольные кристаллы среднего плагиоклаза серого цвета.

Основные породы

Г а б б р о – плутоническая (интрузивная порода). Текстура массивная, структура полнокристаллическая, часто крупно- или гигантозернистая. Состоит из белых или зеленовато-серых основных плагиоклазов и черного пироксена. На Урале пироксен часто замещается роговой обманкой, такое габбро называют уралитизированным.

Б а з а л ь т – эффузивный аналог габбро. Текстура крупнопористая, структура скрытокристаллическая, поэтому минеральный состав не определяется. Класс породы устанавливается по черному цвету. Иногда в

базальте наблюдаются мелкие порфировые вкрапленники основного плагиоклаза, пироксена, иногда оливина. При сравнении андезита и базальта, у последнего поры обычно более крупные и более темная черная окраска.

Ультраосновные породы

П и р о к с е н и т – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая, крупнозернистая. Состоит из изометрических кристаллов пироксена черного цвета, часто с зеленым или бурым оттенком.

П е р и д о т и т – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая, неравномерно-зернистая. Состоит из крупных изометричных кристаллов пироксена и мелких зерен оливина, распределенных между зерен пироксена.

Д у н и т (оливинит) – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая, мелкозернистая. Состоит из мелких зерен темно-зеленого оливина. При выветривании оливин становится бурым, поэтому дуниты с поверхности имеют бурую корочку.

Вулканических (эффузивных) аналогов ультраосновных пород обычно нет.

2.1.2. Метаморфизм и его продукты

М е т а м о р ф и з м - процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды. Он реализуется преимущественно путем перекристаллизации пород без существенного плавления под воздействием меняющихся температур, давлений, газовой (флюидной) среды. Преобразуя свой минеральный состав, порода, таким образом, приспосабливается к изменившимся термодинамическим (Т-Р) условиям.

Название термина происходит от греческого слова метаморфосис – преобразование. Метаморфическим преобразованием могут подвергаться изначально осадочные, магматические и (повторно) метаморфические породы. При этом исходные породы, как правило, после таких преобразований полностью теряют свой первоначальный облик.

Факторами метаморфизма, т. е. непосредственными причинами преобразования пород, являются: давление (Р), температура (Т), а также растворы и газы (флюиды), пронизывающие толщи горных пород.

Д а в л е н и е при метаморфических преобразованиях может быть обусловлено рядом причин: давлением нагрузки вышележащих толщ (литостатическим - Рл), динамическим давлением тектонического движения (стрессовым - Рс), давлением движущейся магмы (Рм), а также давлением поровых (гидротермальных и флюидных) растворов (Рф). Главным среди

отмеченных причин следует считать тектоническое или стрессовое давление, способное достигать десятков тысяч атмосфер и распространяться на огромные пространства. При проявлении тектонического или стрессового давления роль нагрузки вышележащих пород может оказаться незаметной, а проявление магматического и порового давления флюидов на таком фоне может повлиять на характер минеральных преобразований лишь локально, в местах их проявления.

Температуры метаморфических преобразований могут быть обусловлены несколькими причинами и достигать уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 800-1200 °С. Всегда существует температурный фон, обусловленный глубиной погружения пород, т. е. геотермическим градиентом (Тг), составляющим обычно около 30°/1 км. Однако основные тепловые превращения в породе осуществляются за счет тектонических подвижек (Тс), и сопровождающих такие движения аномальных глубинных тепловых потоков (Тф). На контакте с магматическими породами преобразование осуществляется за счет прогрева пород очагом остывающей магмы (Тм).

Гидротермальные растворы и флюиды, которые способны привносить или выносить различные химические компоненты, влиять на характер минералообразования, создавать специфическую окислительную или восстановительную (Eh), а также кислую либо щелочную (pH) среды. Глубинные флюиды насыщены, прежде всего, парами воды и углекислоты, а также более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и др.

Типы метаморфизма

В зависимости от сочетания упомянутых выше факторов выделяются те или иные типы метаморфизма. Наиболее простая схема типов метаморфизма, выделяющихся в зависимости от термодинамических (P, T) параметров, показана на рис. 2, а геологические условия их проявления – на рис.1.

Можно говорить о термальном типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамо-термальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 3).

Термальный тип проявляется обычно в обрамлении магматических тел, на контакте с ними, поэтому он обычно называется контактовым. Температура магматических тел может колебаться в интервале 800-1200 °С, а вмещающие породы, разогретые первоначально за счет геотермического градиента, могут быть относительно «холодным». Ширина зоны (ореол) контактового метаморфизма зависит, главным образом,

от объема магматического очага и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом, то прогретой может быть лишь узкая полоса в несколько метров.

Весьма существенную роль при контактовом метаморфизме играет химический состав магмы и вмещающих пород, а точнее, контрастность состава между ними. В случае резкого контраста между многокомпонентной магмой и вмещающими породами на их контакте, в соответствии с законами Фика, протекают диффузионные процессы взаимного проникновения, меняющие как состав внешней оболочки магматического тела, так и состав вмещающих пород. Такой процесс перекристаллизации пород, протекающий с существенным изменением их химического состава, называется м е т а с о м а т о з о м .

Обычно метасоматоз сопровождается интенсивной гидротермальной и флюидной проработкой, способствующей привносу и выносу химических компонентов. Типичными представителями таких контактово-метасоматических процессов (на границе между силикатными магмами и известняками) являются с к а р н ы (см. описание ниже). С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются р о г о в и к и – прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма без проявления метасоматоза (см. описание ниже).

Д и н а м и ч е с к и й м е т а м о р ф и з м , который чаще называют д и с л о к а ц и о н н ы м , протекает в относительно «холодных» условиях под воздействием тектонических движений по разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород, их истирание. Обломки различной величины при последующих процессах, сопровождающихся проникновением в ослабленные зоны флюидов и гидротермальных растворов, могут подвергаться частичной или полной перекристаллизации и цементации с образованием структур катаклаза.

Среди новообразованных минералов – индикаторов высоких давлений – выделяют: кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз и другие. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Контактовый и дислокационный типы метаморфизма развиваются в ограниченных пространствах, локально. Первый тип проявляется в виде полосы вокруг магматических тел, а второй такой же полосой сопровождает тектонические трещины. Поэтому тот и другой типы объединяются названием л о к а л ь н ы й (рис. 3).

В противоположность локальному выделяют р е г и о н а л ь н ы й м е т а м о р ф и з м , проявление которого охватывает большие пространства (регионы). Он протекает в широком интервале температур и давлений, поэтому его можно называть д и н а м о т е р м а л ь н ы м . Породы

регионального метаморфизма, естественно, имеют наиболее широкое распространение. Одновременное проявление температур и давлений создает условия для новообразования широкого диапазона пород, которые можно разделить на фации – совокупности (семейства) пород, формирование которых протекало в близких термодинамических (Р-Т) условиях. Эта близость устанавливается по т. н. индекс-минералам с известными параметрами устойчивости в тех или иных Р-Т условиях. Известен, например, ряд слюд, устойчивость которых возрастает от 200-300 ^{o}С для серицита, до 300-400 ^{o}С для мусковита и 500 ^{o}С и более для биотита. Известны температуры устойчивости и для других минералов.

Название фации определяется по типичной породе. По мере возрастания Р-Т условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – *зеленосланцевую* фацию; 2 – *эпидот-амфиболитовую* фацию; 3 **–** *амфиболитовую* фацию и 4 – *гранулитовую* фацию. В области термодинамических условий гранулитовой (иногда амфиболитовой) фации в породе может отмечаться частичное плавление, такое преобразование называют **ультраметаморфизмом**. Это переходная зона от метаморфизма к магматизму.

Особенности минерального состава

Широкий диапазон термодинамических условий проявления метаморфизма обусловил большое разнообразие минерального состава пород. Кроме того, этот набор минералов зависит от состава исходных пород. Сам механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения одних минералов (неустойчивых при новых Р-Т условиях) другими, более устойчивыми. При этом важную роль играют поровые флюиды как катализаторы реакций замещения.

Кроме упоминавшихся минералов, входящих в состав магматических пород, выделяется группа минералов, характерных преимущественно для метаморфических пород.

Тальк – низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород. Мягкий, с жирным блеском.

Хлорит – низкотемпературный чешуйчатый минерал часто с зеленоватым оттенком. Образуется при гидротермальной проработке основных пород.

Серпентин – возникает как продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород. Не обладает четко выраженной формой (иногда образует волокнистые агрегаты у хризотил-асбеста), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

Серицит – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды – мусковита. Присутствие в породе серицита обусловливает ее шелковистый блеск.

А к т и н о л и т – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

Г л а у к о ф а н – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

С т а в р о л и т – кристаллы в виде коротких ромбического сечения призм; характерные двойники, напоминающие прямой или косой (угол 60 ^{o}) крест. Цвет коричневый, красно-бурый до черного. Легко узнается по цвету и двойниковым формам.

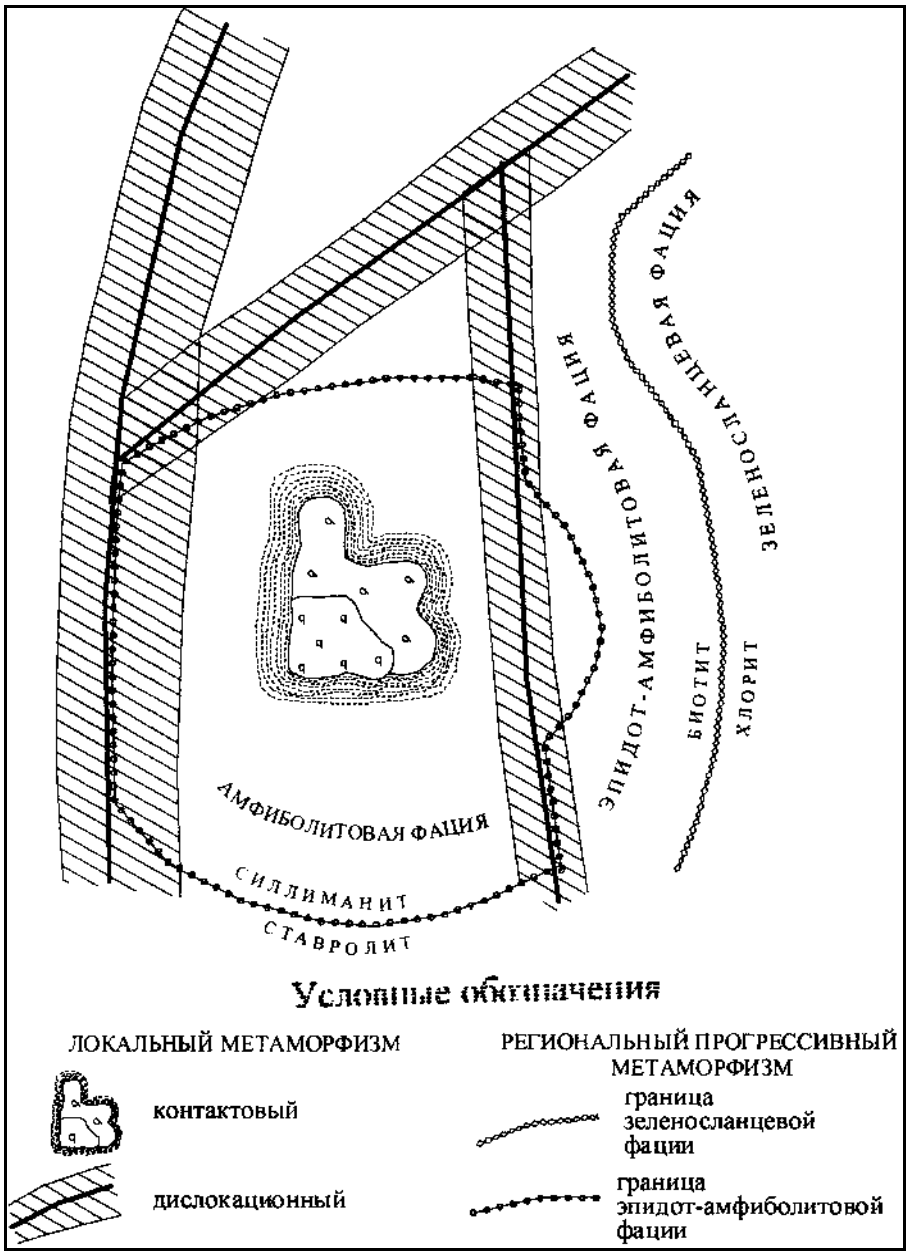


Рис. 1. Схематическая карта метаморфизма

К и а н и т – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

Э п и д о т – образует призматические кристаллы; лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

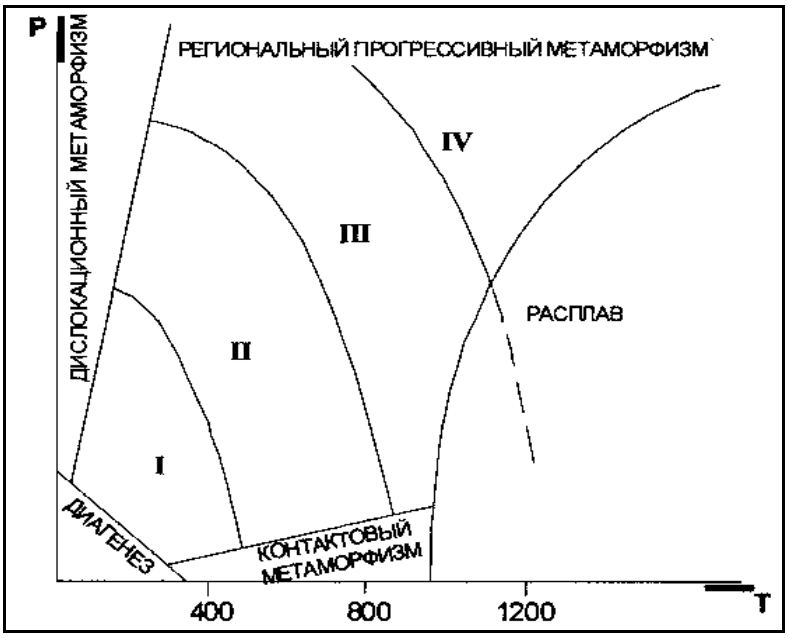


Рис. 2. Типы и фации метаморфизма
1 – зеленосланцевая; 2 – эпидот-амфиболитовая; 3 – амфиболитовая; 4 – гранулитовая

Г р а н а т – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

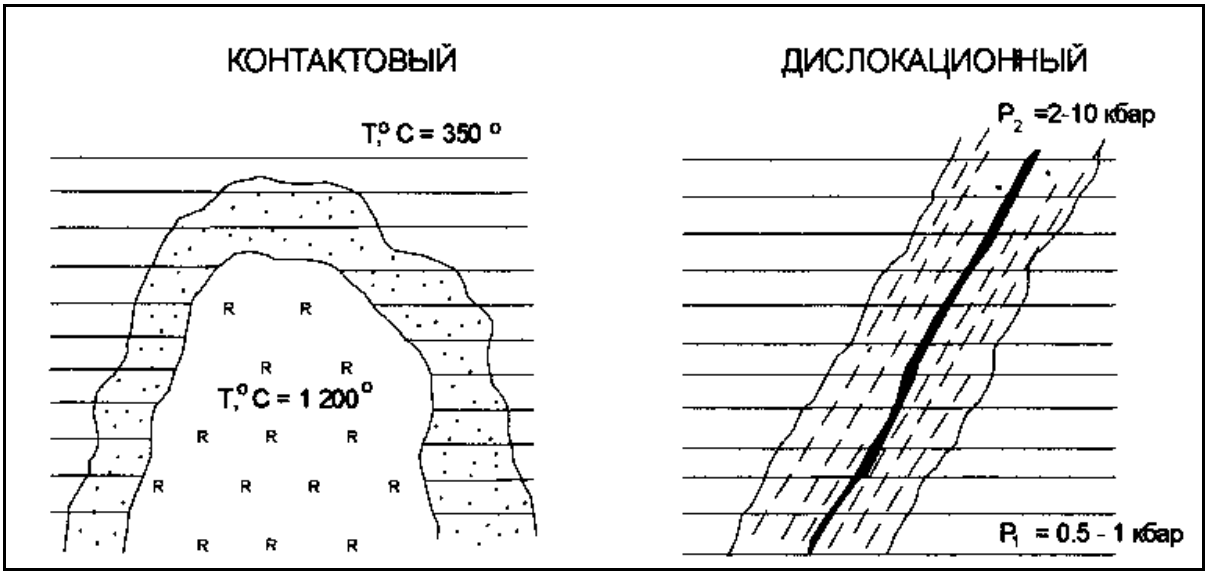


Рис. 3. Локальный метаморфизм

Текстуры и структуры

Текстуры и структуры метаморфических пород зависят от специфических физических условий их образования. Эти условия отличаются от термодинамических параметров кристаллизации магматических пород, для которых действует в полной мере известный закон Паскаля, обеспечивающий при любом направленном тектонических движений одинаковое давление во все стороны. Этим условием обеспечивается повсеместная массивная текстура глубинных магматических пород. Слюды в гранитах, например, благодаря действию закона Паскаля, не ориентированы в одном направлении.

Метаморфические процессы не достигают условий плавления, поэтому они изменяются в твердом или пластичном состоянии, когда закон Паскаля работает лишь частично или не проявляется вовсе. Для регионального метаморфизма, например, ориентированное давление влияет на форму возникающих минералов, а также на их параллельную или субпараллельную ориентировку. Поэтому у низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма отмечаются, как правило, сланцеватые текстуры с параллельным и субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов.

С повышением температуры, в условиях амфиболитовой фации, когда вещество начинает проявлять пластические свойства, а значит частично проявляется закон Паскаля, четкая ориентировка удлиненных, уплощенных минералов постепенно исчезает, т. к. давление становится, до определенной степени, всесторонним. Такая текстура со слабо выраженной ориентировкой минералов называется гнейсовой, по названию главного и типичного представителя пород амфиболитовой фации – гнейса.

Максимальное проявление закона Паскаля достигается в условиях гранулитовой фации, поэтому ее продукты не несут следов ориентировки минералов, а текстура называется массивной как у глубинных магматических пород.

Так как региональный метаморфизм протекает в условиях тектонического давления, то сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью. Тогда текстура называется плойчатой. Нередко метаморфические процессы высокотемпературных фаций сопровождаются расслоением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава. Образуются темно-окрашенные (с амфиболом, слюдами) и светлоокрашенные (с кварцем, полевым шпатами) слои. В этом случае говорят о полосчатой текстуре пород.

Более широкий диапазон текстур характерен для продуктов локального (контактового и дислокационного) метаморфизма. Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, наиболее часто отмечается массивная текстура.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно

ведь, что в условиях полной анизотропии среды, когда относительно «холодная» твердая порода подвергается тектоническому направленному сжатию, легче кристаллизоваться и расти чешуйчатым минералам, которые относительно легко могут наращивать свой размер вкрест, перпендикулярно вектору давления.

В то же время в условиях изотропной среды гранулитовой фации, когда давление становится всесторонним, возникают благоприятные условия для кристаллизации изометричных, объемных минералов.

Так как для метаморфических процессов отмечается тесная обусловленность внешними факторами формы минералов, эта особенность заложена в понятие с т р у к т у р ы (в противоположность магматическим и осадочным породам, где в понятие структуры вкладывается не форма, а размер минералов, зерен и т. д.). Форма минералов, а значит и структура породы, совместно с ее текстурными особенностями позволяют восстанавливать Р-Т условия образования продуктов метаморфизма.

Конкретные названия структур определяются несколькими латинскими названиями упомянутых форм минералов: *л е п и д о с* – ч е ш у й к а; *н е м а т о с* – н и т ь, и г о л к а; *г р а н о с* – з е р н о. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется ***б л а с т е з о м*** (от греческого б л а с т о с – р о с т о к).

В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидогранобластовая, нематогранобластовая и т. д.

Г р а н о б л а с т о в а я структура чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы – кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

Л е п и д о б л а с т о в а я характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

Н е м а т о б л а с т о в а я в чистом виде встречается редко (амфиболы, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Однако, как уже отмечалось, в природе чаще встречаются комбинированные структуры, когда в наличии имеется несколько минералов разной формы, например, лепидонематогранобластовая структура. В этом случае название структуры формируется по определенному правилу. В начале такого наименования ставится структура, определяющая форму наименее распространенного минерала, а в конце – наиболее распространенного.

Иногда в породе отмечаются разнозернистые агрегаты, когда один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных. В этом случае можно говорить о **п о р ф и р о б л а с т о в о й** структуре.

Значительно меньшую информацию об условиях образования несут структуры контактового метаморфизма, продукты которого чаще всего обладают **к р и с т а л л о б л а с т о в ы м и** структурами.

Среди пород регионального метаморфизма имеется два характерных исключения. В зависимости от Р-Т условий различные формы минералов возникают лишь в том случае, если в исходном химическом составе имелись в наличии необходимые породообразующие компоненты, позволяющие строить все многообразие решеток минералов (чешуйчатых, игольчатых, зернистых). Среди осадочных пород известны два мономинеральные, а значит простые по составу, образования – известняки ($CaCO_3$, $MgCO_3$) и кварцевые пески (SiO_2). При метаморфизме эти простые по составу породы не способны формировать игольчатые, чешуйчатые и другие, кроме зернистых, формы. Поэтому известняки при метаморфизме переходят в мономинеральную (с одним кальцитом) породу – мрамор с возможным укрупнением зерна по мере роста температуры. Аналогично ведут себя кварцевые пески, которые способны образовать только зернистый агрегат кварцита. Так как отмеченные породы не способны реагировать на давление изменением формы зерен, то для них, обычно, трудно восстановить тип метаморфизма – региональный или контактовый.

Основные разновидности метаморфических пород

Продукты регионального метаморфизма

Продукты регионального метаморфизма отличаются большим разнообразием. Это обусловлено, во-первых, разнообразием исходного состава горных пород (*эдукта*), во-вторых, зависимостью минерального состава пород от термодинамических условий (породы одного химического состава в условиях разных фаций имеют различный минеральный состав). Некоторым исключением выглядят две упомянутые выше породы: мрамор и кварцит, краткое описание которых приведено ниже.

М р а м о р – карбонатная порода, образующаяся при метаморфизме известняков и доломитов и сложенная преимущественно кальцитом. Мраморы высокой степени метаморфизма лишь немногим отличаются от мраморов низкой степени. При увеличении температуры может возрастать крупность минеральных зерен. В остальном породы идентичны, хотя их генезис может быть весьма разнообразным.

Чистые разности мраморов имеют белый цвет, различные минеральные примеси окрашивают их в розовые (гематит), желтые (лимонит), серые (органическое вещество), зеленые (хлорит, эпидот) оттенки. Текстура массивная, реже полосчатая; структура гранобластовая.

Кварцит – горная порода, состоящая существенно из кварца. Образуется при метаморфизме кварцевых песчаников и некоторых кислых магматических пород (кварцевых порфиров). Так как кварц слабо реагирует на изменение термодинамических условий, фациальный уровень того или иного кварцита (если нет других минеральных примесей) определить очень трудно.

Кварциты низких и высоких степеней метаморфизма, в силу упомянутых причин, очень похожи. Цвет чистых кварцитов белый, в зависимости от примесей может обладать розовым, черным, желтым, зеленым оттенками. Текстура массивная; структура гранобластовая.

Внешне кварцит очень похож на мрамор, но отличается от него следующими свойствами: твердостью (кварцит царапает стекло, мрамор - нет), спайностью зерен (у кальцита совершенная спайность в трех направлениях, у кварца отсутствует), реакцией с соляной кислотой (мрамор «вскипает» в кислоте, кварцит не реагирует).

Полиминеральные породы изменяют свой минеральный состав в зависимости от фациальных условий, поэтому эти породы будут рассмотрены в рамках минеральных фаций.

Фация зеленых сланцев

Филлит образуется в самой низкотемпературной области фации зеленых сланцев. Исходной породой филлитов обычно являются аргиллиты (глинистые сланцы). Глинистые минералы в результате метаморфизма преобразуются в кварц, серицит, иногда хлорит, альбит (полевой шпат), часто с примесью графита. Так как зерна очень мелкие визуально минеральный состав не устанавливается, а внешне это темная, почти черная (за счет примеси графита) сланцеватая порода с шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости, обусловленным присутствием серицита.

Часть исходного минерального состава может оставаться не перекристаллизованной. Текстура сланцеватая, структура чаще всего гранолепидобластовая. Гранулярность породы нередко обусловлена сохранившимся зернистым кварцем.

Кварц – серицитовый сланец является продуктом зеленосланцевой фации прогрессивного регионального метаморфизма и образуется либо по аргиллитам (глинистым сланцам), либо по аркозовым песчаникам, или кислым магматическим породам. Основными минералами являются кварц, серицит, альбит (полевой шпат). В зависимости от исходного состава пород могут присутствовать хлорит, эпидот или карбонаты. Размер зерен еще очень невелик (до 0,5 мм), поэтому отдельные минералы определяются с трудом. Цвет породы светло-серый, иногда с зеленоватым оттенком (за счет хлорита и эпидота); на плоскостях спайности – шелковистый блеск, обусловленный присутствием серицита. Текстура сланцевая, иногда плойчатая; структура гранолепидобластовая.

Хлоритовый (зеленый) сланец – продукт зеленосланцевой фации прогрессивного регионального метаморфизма основных магматических

пород. Это сланцеватые зеленые породы, цветом своим обязаны обилию одного или более зеленых минералов (хлорита, эпидота и актинолита), из других минералов практически всегда отмечается альбит (полевой шпат) и кварц. Структура породы гранолепидобластовая.

Тальковый сланец образуется за счет низкотемпературного гидротермального метаморфизма ультраосновных магматических пород (перидотитов и серпентинитов). Основным минералом породы является тальк (не менее 75 %, обычно 90 %), может присутствовать хлорит, актинолит, серпентин, карбонаты. Текстура сланцеватая, структура лепидобластовая.

Эпидот-амфиболитовая фация

Слюдяной (кристаллический) сланец – продукт регионального метаморфизма эпидот-амфиболитовой фации. Исходными породами кристаллических сланцев могут быть осадочные (аргиллиты и песчаники) и кислые магматические породы. Основными минералами этих сланцев являются биотит, мусковит, кварц, полевые шпаты. При этом в сланцах преобладают слюды (биотит и мусковит), поэтому для них характерна грубая рассланцованность. Помимо этих минералов в кристаллических сланцах, как правило, присутствуют порфиробласты граната, кианита, ставролита и других минералов. Текстура сланцеватая; структура порфиробластовая, лепидогранобластовая, гранолепидобластовая.

Амфиболитовая фация

Гнейс – продукт дальнейшего метаморфизма слюдяных кристаллических сланцев, т. е. исходными породами гнейсов являются осадочные и кислые породы. Главные минералы гнейсов – кварц, полевые шпаты, слюды (биотит, мусковит) и роговая обманка; может присутствовать гранат, кианит и др. Наиболее характерным отличием гнейсов от кристаллических сланцев является гнейсовая (полосчатая) текстура – чередование светлых кварц-полевошпатовых и темных биотит-роговообманковых прослоев – без отчетливой ориентировки удлиненных и чешуйчатых зерен. Такая расслоенность является результатом «метаморфической дифференциации» прогретых до высокой пластичности пород, при которой обычно не образуется сланцеватых структур. Структура лепидогранобластовая.

Амфиболит – типичная порода амфиболитовой фации регионального метаморфизма, производная от основных магматических пород. Сложена преимущественно роговой обманкой и плагиоклазом. В ней могут присутствовать в небольших количествах гранат, биотит и кварц. Текстура визуально массивная, но под микроскопом часто заметна ориентировка призм роговой обманки. Нередко наблюдается полосчатая «гнейсовая» текстура. Структура нематогранобластовая или гранонематобластовая.

Гранулитовая фация

Гранулиты представляют собой среднезернистую до крупнозернистой породу по облику, состоящую в основном из калиевого полевого шпата, натриевого плагиоклаза и пироксена, а также кварца, граната и других минералов. Гранулиты похожи на гнейсы, но поскольку у них обычно нет слюды, эти породы имеют массивную текстуру. Структура породы преимущественно гранобластовая.

Продукты дислокационного метаморфизма

При дислокационном метаморфизме основным фактором является одностороннее (стрессовое) давление, которое возникает при тектонических подвижках (взбросах, сдвигах, надвигах и т. д.).

Тектонические брекчии – сильно раздробленные породы, состоящие из угловатых обломков различных размеров, сцементированных тем же, но мелко раздробленным, материалом. Разновидностью тектонической брекчии может считаться яшма – кремнистая пестро окрашенная порода, продукт тектонического дробления осадочных, вулканогенно-осадочных кремнеземсодержащих образований.

Катаклазит – сильно раздробленная, перетертая горная порода, состоящая из деформированных, изогнутых, раздробленных зерен минералов.

Милонит – еще более тонкоперетертая горная порода. От катаклазита отличается большей степенью раздробленности минеральных зерен и наличием линзовидно-полосчатой, сланцеватой текстуры, которая возникает вследствие неоднократных разнонаправленных перемещений блоков породы. В результате образуются линзы грубо раздробленного материала, сцементированные тонко раздробленной полосчатой, частично перекристаллизованной массой.

При более высоких температурах в зонах дислокационного метаморфизма происходит перекристаллизация и новообразование минералов, устойчивых при высоких давлениях – кианита, пиропа, омфацита (пироксена). Примером таких пород может служить эклогит.

Эклогит – продукт метаморфизма высоких температур и очень высоких давлений. Исходными породами эклогитов являются основные магматические породы. Состоят преимущественно из пироксена (омфацита) и граната (пиропа). Иногда отмечается кианит и полевые шпаты. Омфацит темно-зеленого цвета, призматической формы. Гранат в эклогите представлен пиропом, который образует крупные порфиробласты красно-коричневого цвета. Текстура массивная, иногда слабо сланцеватая, структура гранонематобластовая.

Кроме того, хорошо известно, что алмазы образуются в «трубках взрыва», в кимберлитах при высоких давлениях. Минералами-спутниками алмазов служат те же омфацит и красный пироп.

Продукты контактового метаморфизма и метасоматизма

В случае если контактовый метаморфизм протекает в зоне сочленения разогретой силикатной магмы с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, здесь происходит лишь прогрев пород без существенного перемещения химических компонентов. В таких условиях, при отсутствии контраста химических составов обеих пород, образуется, например, роговик.

Р о г о в и к – плотная порода, обычно с высоким содержанием кремнезема, Следствием такого состава является присутствие у неё раковистого излома. Текстура массивная, структура гранобластовая (роговиковая). В состав роговика могут входить различные минералы: кварц, слюды, полевые шпаты, гранат и др. Но вследствие тонкозернистой (роговиковой) структуры эти минералы обычно не определяются.

При наличии градиента концентрации (контраста) химического состава на границе магма – вмещающие породы, такой контактовый метаморфизма обычно сопровождается *метасоматизмом* – существенной миграцией химических компонентов, что, в конечном счете, приводит к значительному изменению состава как магмы (в эндоконтакте), так и во вмещающих породах (в экзоконтакте). Так образуются скарны.

С к а р н – контактово-метасоматическая порода, образующаяся на контакте мраморов или известняков и кислых (до средних) магматических пород. В зоне контакта под действием высоких температур магматического очага на начальной стадии образуются роговики, которые при дальнейшей их проработке высокотемпературными растворами преобразуются в метасоматическую породу – скарн.

Растворы имеют высокую минерализацию и пропитывают эндо- и экзоконтакты интрузии. В мраморы и известняки из интрузии обычно мигрируют элементы Fe, Mg, Si, Al и др., а в известняках растворы обогащаются Ca и CO_2. В результате взаимодействия этих растворов происходит образование новых минералов – граната (андрадита), кальцита, реже везувиана, эпидота, роговой обманки и актинолита. Очень часто скарны бывают рудными, т. е. содержат большое количество магнетита, сульфидов, иногда золота. Все крупнейшие на Урале месторождения железа, разрабатываемые еще Демидовым, на базе которых выросли такие города, как Н.Тагил, Екатеринбург, Магнитогорск, являются скарново-магнетитовыми.

В целом для скарнов характерны следующие признаки: разнообразие и непостоянство минерального состава; резкое изменение размеров зерен даже в пределах одного штуфа; обязательное присутствие граната и кальцита; частое наличие рудных минералов (магнетита и др.). Текстура у них массивная, структура гранобластовая.

Метасоматизм, или метасоматоз, протекает без проявления ощутимого стрессового, тектонического давления. Поэтому объем исходных и конечных продуктов всегда сохраняется неизмененным. В некоторых случаях метасоматические породы образуются благодаря «пропариванию» пород

проникающими с глубин горячими растворами (серпентиниты, лиственити, березиты).

Серпентиниты – гидротермально изменённые ультраосновные породы (дуниты, перидотиты). Серпентинизация может быть как автометаморфической, т. е. вызванной гидротермами самой интрузии, так и аллометаморфической, связанной с воздействием на ультраосновные породы гидротерм других, более молодых интрузий. Сущность процесса серпентинизации заключается в замещении первично безводных Fe-Mg-силикатов (оливина и пироксена) водным силикатом Mg (серпентином) и вторичным окислом железа (магнетитом). Цвет породы тёмно-зелёный, пятнистый, текстура массивная, структура лепидогранобластовая.

Листвениты – конечный продукт единого процесса гидротермального преобразования ультраосновных пород, состоящего из 3-х стадий – серпентинизации, карбонатизации и лиственитизации. Гидротермы, вызвавшие серпентинизацию ультраосновных пород, с понижением температуры обогащаются углекислотой (CO_2), что вызывает интенсивную карбонатизацию серпентинитов с образованием талька и карбоната Mg. На следующем этапе, когда весь серпентин заместился тальком и карбонатом, начинается карбонатизация талька. Освобождающаяся при этом кремнекислота (SiO_2) образует кварц. В результате появляется кварц-карбонатная порода – лиственит. Обычно она имеет зелёный цвет за счёт примеси фуксита – зелёной хромовой слюды. Характерны также примесь золотоносного пирита, поэтому лиственит используются как поисковый признак на золото. Текстура массивная, структура гранолепидобластовая.

Березиты – гидротермально изменённые кислые магматические породы, в которых полевые шпаты под воздействием гидротерм были замещены серицитом. Состоят из кварца и серицита часто с примесью золотоносного пирита. Цвет серый, текстура массивная, структура гранолепидобластовая.

2.1.3. Тектоника

Конвективные движения в пластичной астеносферной оболочке приводят в постоянное движение внешнюю хрупкую оболочку земли – литосферу. Ее движения осуществляются, главным образом, по двум направлениям: вертикальному и горизонтальному. И те, и другие приводят к нарушению первоначального залегания пластов литосферы, формируют ее внутреннюю структуру. Всесторонним изучением таких движений литосферы занимается наука геотектоника. В сфере ее изучения как сами процессы движения, их характер, причины, так и последствия – деформации литосферы. Как правило, именно после изучения и анализа деформаций восстанавливают характер процесса движения.

Классификация тектонических явлений

Согласно современной классификации профессора МГУ В. Е. Хаина, тектонические движения делятся на два типа: вертикальные и горизонтальные. Давно и хорошо изучены вертикальные движения литосферы, которые имеют множество аргументированных доказательств. Здесь выделяют колебательные (эпейрогенические) и горообразующие (или орогенические) движения.

Колебательными, или эпейрогеническими, называют медленные радиальные движения литосферы вверх-вниз, которые обычно не приводят к существенным деформациям ее пластов. При орогенических (горообразовательных) движениях напряжения передаются тангенциально, по касательной к поверхности Земли, и в результате такого горизонтального сталкивания литосферных плит (коллизии) формируются складчатые пояса - геосинклиналии. Некоторые исследователи увязывают отмеченные два типа движений генетически, как имеющие единую, общую природу.

В середине XX века в геологии доминировали представления об исключительно вертикальных движениях литосферы. С ними связывались также складчатые и разрывные нарушения, т. е. формирование геосинклинальных структур. Их физико-химическая природа очевидна: движение вниз (прогибание) обеспечивает сила гравитации, а подъем вверх – тепловое расширение, подъем нагретого на глубинах тепло-массопотока.

За последние годы доминирующей стала концепция (теория) горизонтальных движений литосферных пластин, формирующих зоны растяжения (рифтинга) и зоны сжатия (геосинклиналии). Механизм и причины таких горизонтальных движений до конца не выяснены, однако обычно увязываются с так называемыми «вихревыми» движениями в подстилающем их слое – астеносфере. В настоящее время горизонтальные и вертикальные движения литосферы не являются взаимно исключающими друг друга.

С началом космической эры, когда начали внедрять лазерные методы инструментальных наблюдений, масштабы вертикальных и горизонтальных движений были надежно обоснованы. Речь идет обычно о движениях, достигающих первых сантиметров в год. Максимальный горизонтальный дрейф сегодня испытывает Австралийский континент, который перемещается к северо-западу со скоростью 16 см в год.

Вертикальные движения

В недалеком прошлом в качестве свидетельств современных вертикальных движений привлекались, например, погруженные в прибрежные акватории древние города, а точнее - их остатки. Сегодня таким примером может служить Венеция, фундамент домов которой погружен в воду. Быстро поднимается Скандинавия, погружается северо-запад Европы, где Голландия, Бельгия спасают от наступающего моря свои северные территории при помощи

высотных дамб. Масштабы вертикальных перемещений сопоставимы с горизонтальными и достигают первых сантиметров в год.

Надежным индикатором современных вертикальных движений могут служить речные террасы. На Урале, например, реки бассейна Оби имеют четыре горизонтальные площадки, возвышающиеся над поймой. Обычно такие площадки (террасы) имеют высоту несколько метров (обычно 3-5 м). Они в свое время были поймой, однако, вследствие эпейрогенических движений, на фоне которых амплитуда восходящих движений была каждый раз больше, чем нисходящих, такие горизонтальные площадки оказывались приподнятыми. Русло реки каждый раз врезалось все глубже, а новая пойма все ниже. За последний миллион лет геологической истории на восточном склоне Урала по наличию речных террас устанавливается четыре колебательных движения с общей тенденцией к поднятию.

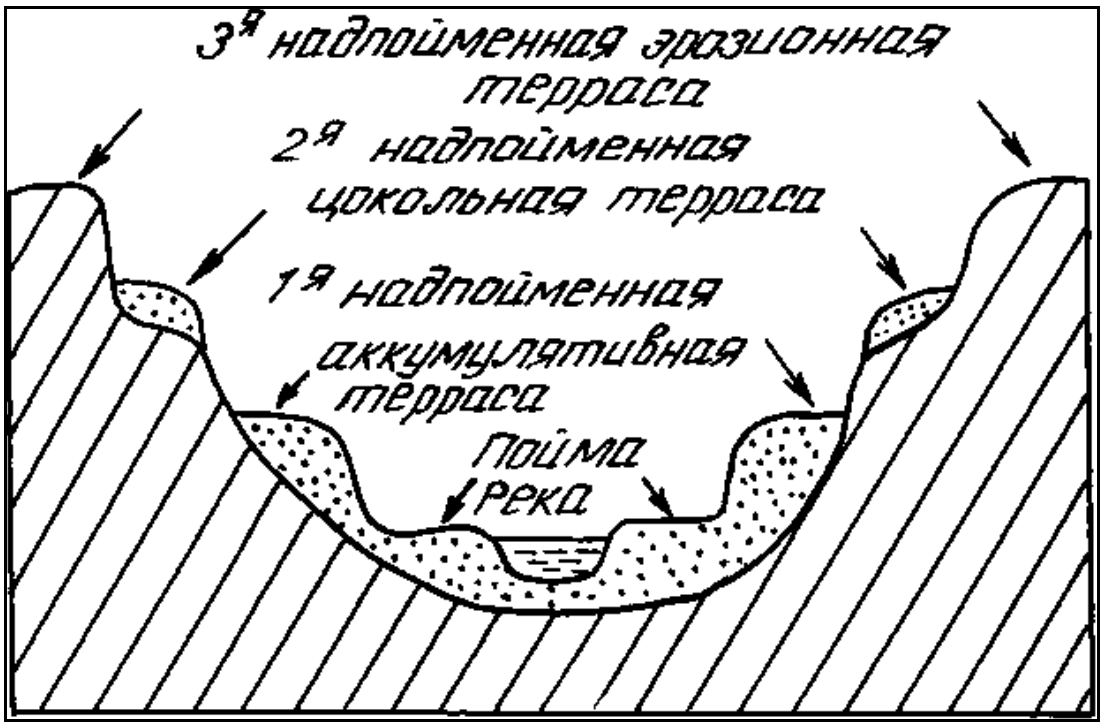


Рис.4. Схематический разрез речных террас

Характер движения и их масштабы фиксируются разрезом террас (рис. 4). Цокольные террасы, сложенные исключительно скальными, коренными породами, могут рассматриваться как свидетели подъема территории без предшествующего опускания, а аккумулятивные террасы, сложенные речными наносами, свидетельствуют о предшествующем опускании территории и т. д.

Классическими геологическими доказательствами вертикальных тектонических движений являются разрезы осадочных терригенных толщ. Быстрая смена вверх по разрезу грубообломочных пород (конгломератов) более мелкообломочными (гравелитами), а затем песчаниками и, наконец, глинистыми породами может рассматриваться как доказательство погружения дна моря, отступания береговой линии. Такой разрез называется

трансгрессивным (трансгрессия – наступление моря). Обратное чередование слоев, когда вверх по разрезу размер зерен становится все более крупным, может служить доказательством обратного тектонического процесса – поднятием морского дна. Такой разрез называется регрессивным. Аргументом в пользу такого толкования разреза может служить распределение осадков в современных морях: чем дальше от береговой линии – тем мельче осадочный материал. Волноприбойные движения строго сортируют привносимый с континента материал, крупный галечник остается в зоне пляжа, а мелкий глинистый материал выносится в глубинные и удаленные от берега зоны моря.

Горизонтальные движения

Убедительные доказательства горизонтальных перемещений литосферных плит (пластин) получены лишь в последние десятилетия, хотя о расколе Пангеи (бывшего единого континента) говорили давно. До недавнего времени трудно было объяснить механизм такого перемещения, его причины и источники энергии. Известная с начала века теория «дрейфа континентов» Вегенера была вскоре опровергнута физико-математическими расчетами советских геофизиков, что надолго затормозило развитие исследований в этой области. Лишь в последние десятилетия теория горизонтальных перемещений литосферных пластин была аргументированно обоснована.

Серьезный сдвиг в восстановлении теории горизонтального дрейфа был получен с открытием астеносферы – слоя размягчения в верхней мантии. Ведь до сих пор главным контраргументом против возможного горизонтального смещения одного слоя верхней оболочки Земли по отношению к другому была математически доказанная невозможность процесса, способного оторвать отдельные слои по горизонтальным плоскостям с последующим движением по ним. Открытие астеносферы сняло это главное возражение геофизиков. Механизм горизонтального скольжения как своеобразного «транспортера» литосферных плит был установлен. Началась интенсивная разработка теории горизонтальных перемещений, известной в последующем как «новая глобальная тектоника», теория мобилизма, плейт-тектоника.

Первые аргументы в пользу горизонтальных перемещений верхней оболочки Земли привел в начале 20-го века немецкий геофизик Вегенер в своей книге «Дрейф континентов». Этот ученый полагал, что континентальные блоки коры перемещаются по океаническим. Как в последствии оказалось, это было невозможно. Возражение было снято лишь во второй половине века, когда была открыта астеносфера. Это открытие стало глобальной вехой в развитии геологических представлений вообще и стало основным аргументом в пользу горизонтальных перемещений литосферных плит в послевегенеровское время. Сегодня можно уверенно говорить о том, что двигаются не только континенты (континентальные блоки), но и блоки океанической коры, захватывая часть верхней мантии.

Тектонические деформации (дислокации)

Естественным следствием тектонических движений являются деформации слоев литосферы, которые нарушают их первоначальные залегания. Складчатые, или пликативные деформации, обычно развиваются на фоне горизонтальных сжатий и проявляются без разрыва сплошности пластов. При этом может наблюдаться их уплотнение, утончение или утолщение, хотя следует отметить, что на практике складчатые деформации обычно всегда сопровождаются сетью тонкой трещиноватости, называемой кливажом. Трещины кливажа могут иметь различную ориентировку, а их образование связывается с неравномерным движением вещества при формировании складок. При изгибе пласта внешние слои растягиваются, а внутренние сжимаются.

По форме складки делятся на ***антиклинальные*** – выпуклые вверх и ***синклинальные*** – вогнутые вниз, однако в природе, на отдельных обнажениях, нередко видна лишь часть складки, когда пласты наклонены в одну сторону. Такой фрагмент складки называется моноклиналью.

В относительно спокойных тектонических областях, без проявления интенсивных горизонтальных сжатий, антиклинальные складки могут иметь вид купола – слабо выпуклой складки, изометричной в плане. Если эта изометричность в плане нарушена, но отношение длины складки к ее ширине не превышает 2:1, такие деформации называют брахискладками, в данном случае – ***брахиантиклиналью***. Аналогичные синклинальные структуры называют мульдой или чашей, а в некоторых случаях – ***брахисинклиналью***. Более напряженные складки называют линейными, изоклинальными.

Наиболее часто употребляют классификации складок по морфологическому (форме складок) или генетическому (по происхождению) принципу. Кратко коснемся лишь морфологии складок и, прежде всего, геометрических элементов отдельной складки.

У каждой складки выделяют ряд элементов: замок, крылья, ядро, шарнир, ось, осевая плоскость (рис. 5).

Замок складки – место перегиба пласта; **крылья** – боковые, расходящиеся части складки, которые сочленяются в замке; **ядро складки** – внутренняя часть складки, осевая плоскость делит складку на две симметричные части и проходит через **шарнир** – линию, соединяющую все точки максимального перегиба пласта.

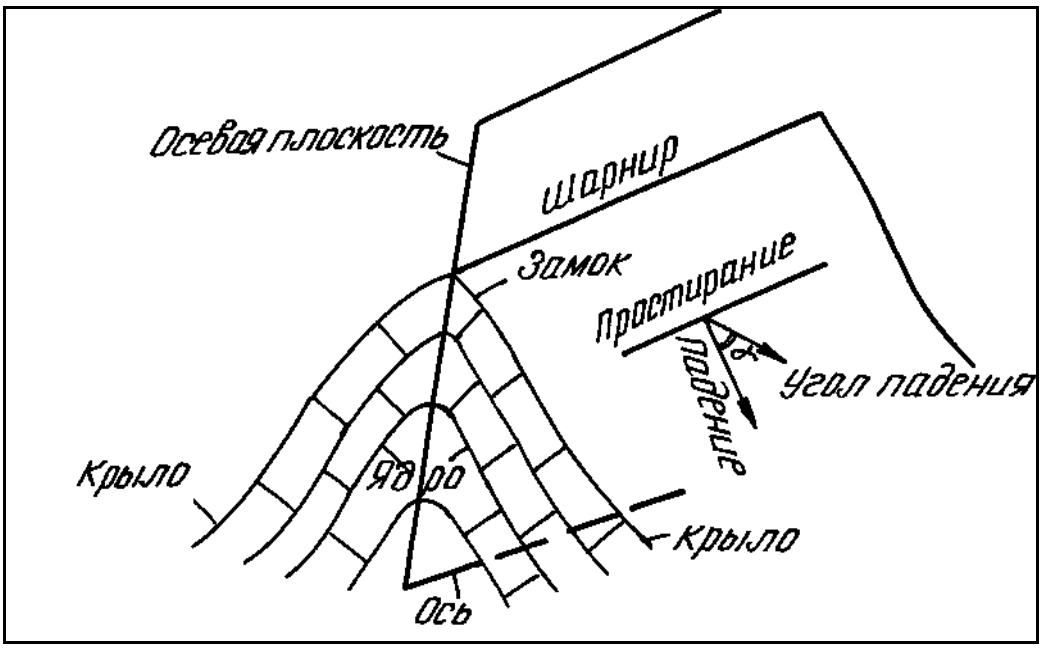


Рис. 5. Элементы складок

Если складка горизонтальна, то шарнир складки совпадает с ее осью, которая представляет собой линию пересечения осевой плоскости с горизонтальной плоскостью. Если складка наклонена, то шарнир, как материальная линия перегиба пласта, тоже наклоняется, или ундулирует. Ось же складки как воображаемая линия пересечения осевой плоскости с горизонтальной остается неизменной, т. е. всегда лежит в горизонтальной плоскости.

По морфологии и положению осевой плоскости складки делятся на *прямые* (а), *наклонные* (б), *опрокинутые* (в), *лежачие* (г), *ныряющие* (д).

В прямых складках осевая поверхность вертикальна, крылья наклонены в разные стороны, а их наклон одинаковый. В *наклонных (косых)* – осевая плоскость наклонна, а крылья падают под разными углами в разные стороны. Опрокинутые складки обладают наклонной осевой плоскостью, а их крылья падают в одну сторону. У *лежачих* складок осевая плоскость совпадает с горизонтальной, а у *опрокинутых* «ныряет» под углом к горизонтальной плоскости (рис. 6).

По форме замка выделяются следующие морфологические типы складок (рис. 6): *нормальные* или *гребневидные* (а), *изоклинальные* (б) – с приблизительно параллельными крыльями и узким замком, *веерообразные* (в) – напоминающие веер с широким замком, *сундучные* (г) – с широким замком и круто наклонными крыльями.

Кроме отмеченных типов складок выделяют более сложные модификации, которые образуются при наложении нескольких этапов деформаций. В этом случае более сложные гармоники складок, естественно, характерны для более древних пластов, залегающих на более глубоких горизонтах.

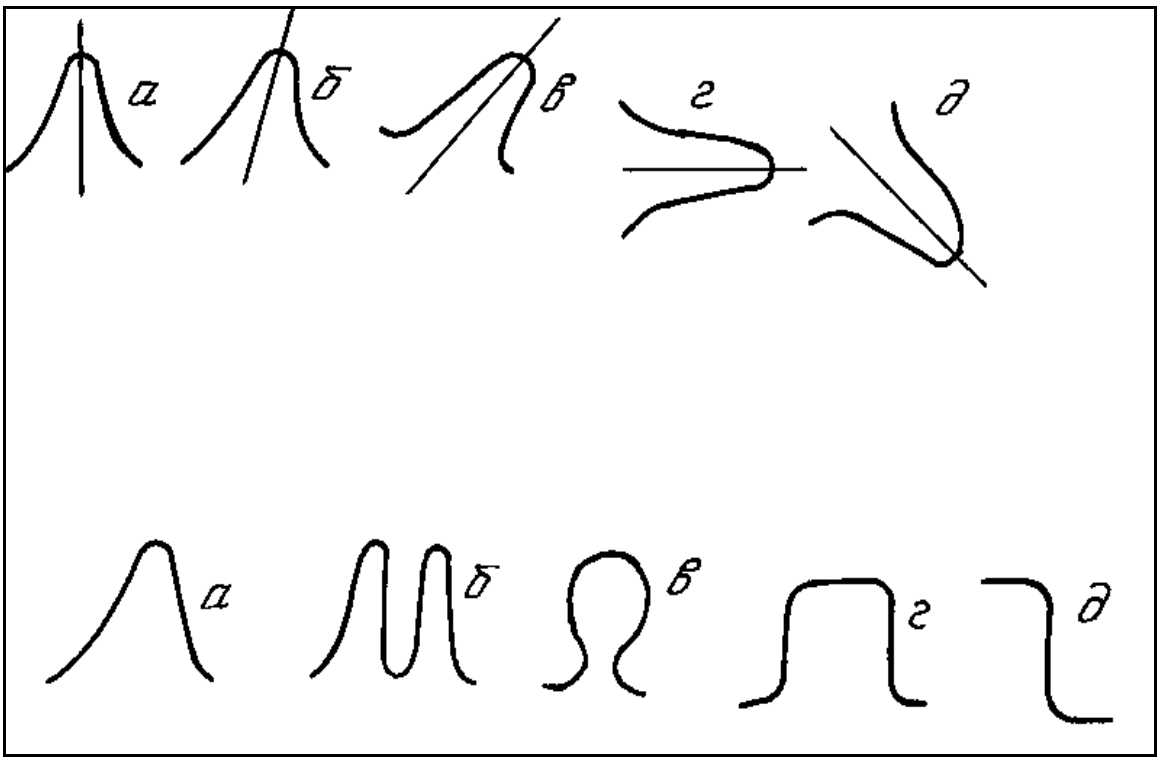


Рис. 6. Типы складок: вверху – по положению осевых плоскостей
(а – прямая, б – косая, наклонная, в – опрокинутая, г – лежачая, д – ныряющая); внизу – по морфологии (а – нормальная, гребневидная, б – изоклинальная, в – веерообразная, г – сундучная, д – флексура)

Разрывные (дизъюнктивные) нарушения формируются при достижении предела текучести пласта, когда происходит разрыв его сплошности. Поэтому хрупкие деформации обычно следуют за пластичными, а вместе они обычно сопровождают друг друга.

Трещины, разрывы сплошности геологических тел, бывают самого различного происхождения. В глубинных частях коры микротрещиноватость нетектонического происхождения обычно связывают с контракционными процессами в обрамлении магматических массивов, а также с диагенезом осадочных пород. Микротрещины обычно имеют петрогенетическую природу. На дневной поверхности трещиноватость обусловлена, прежде всего, экзогенными процессами, обусловленными энергией Солнца.

Рассмотрим главный тип разрывных нарушений в земной коре, обусловленный тектоническими причинами. В условиях больших динамических напряжений дизъюнктивные нарушения приводят к смещению пластов по т.н. плоскости сместителя, или по сместителю. В таких разрывах перемещение отдельных блоков единого в прошлом пласта может происходить как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Геометрия таких перемещений иллюстрируется рисунком элементов ***сброса*** – разрывного нарушения в условиях растяжения, когда сместитель (плоскость сместителя) наклонен в сторону опущенного блока (рис. 7).

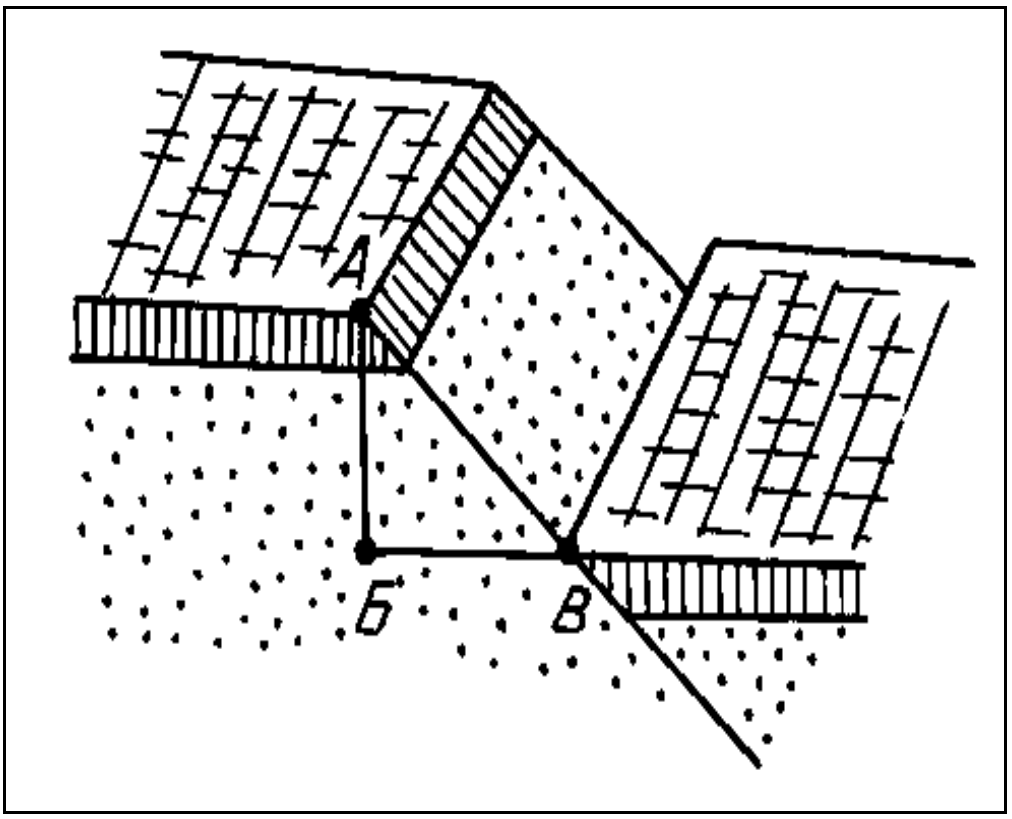


Рис. 7. Элементы сброса

А-Б – вертикальная амплитуда сброса, Б-В – горизонтальная амплитуда сброса, А-В – амплитуда истинного смещения

Аналогичные элементы выделяются у ***взброса*** – разрывного нарушения, развивающегося в условиях сжатия, когда сместитель наклонен в сторону поднятого блока (под него). Похожая на взброс структура, у которой сместитель образует острый угол (<30 °) по отношению к горизонтальной плоскости, называется надвигом. Видимое смещение пластов в горизонтальной плоскости (на карте) называют сдвигами. В природе такие смещения происходят как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях и тогда они называются сбросо-сдвигами, взбросо-сдвигами и т.д. (рис. 8).

Нередко в природе наблюдаются более сложные комбинации упомянутых структур: ступенчатые сбросы, грабены, горсты, сложные грабены и др.

Несколько особо следует упомянуть ***глубинные разломы*** – разрывные нарушения литосферного порядка. О них трудно говорить как о трещине, чаще это довольно мощная (до первых десятков километров в ширину) зона дробления, деструкции литосферы, корни которой нередко достигают мантии. Это особые зоны проницаемости литосферы, по которым происходит дренаж глубинной энергии в виде тепло-массопотоков, определяющих геологический режим целого региона. Такие разрывные нарушения планетарного порядка можно называть разломами первого порядка.

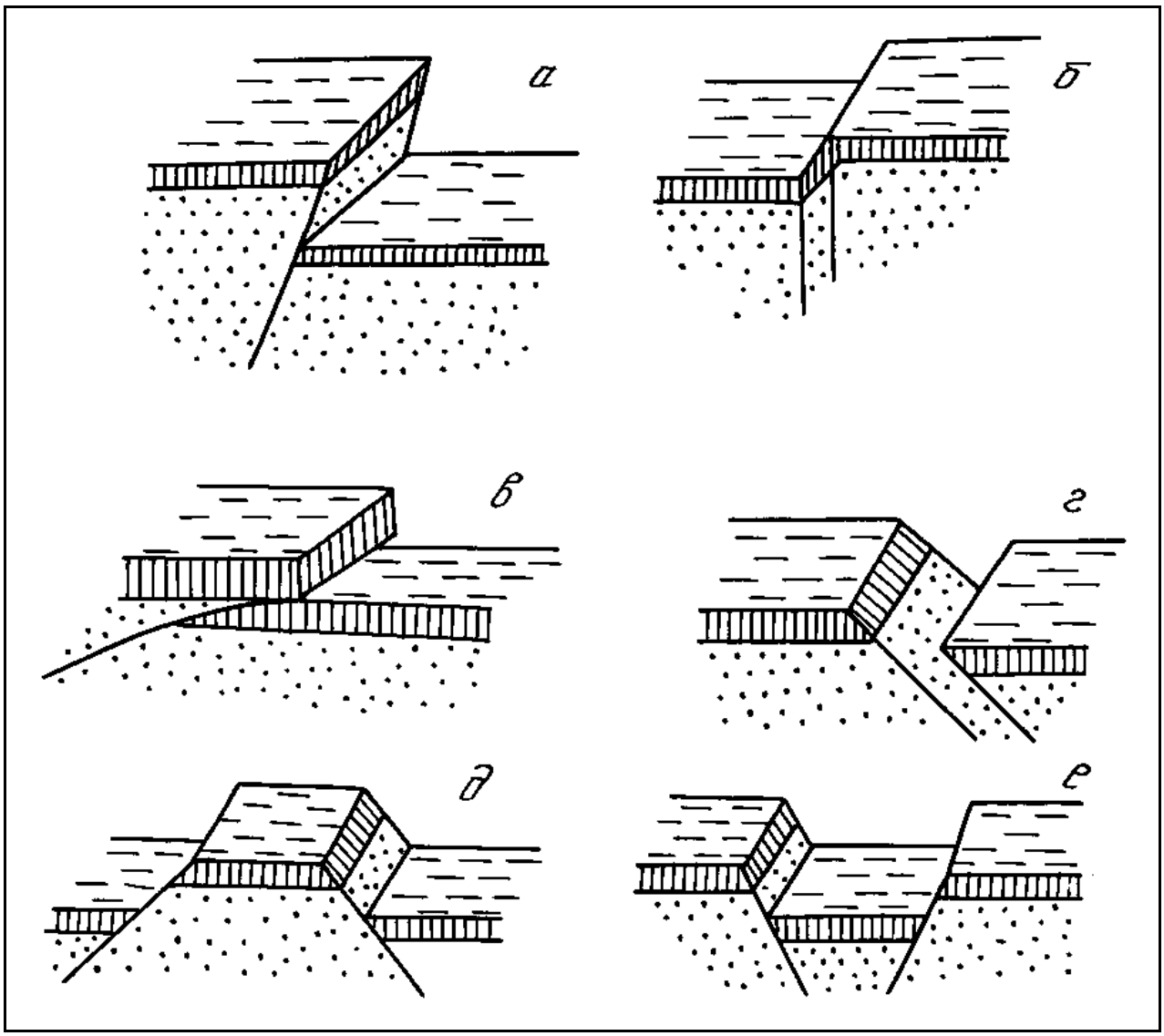


Рис. 8. Основные виды разрывных тектонических нарушений:
а – взброс, б – сдвиг, в – надвиг, г – сбросо-сдвиг, д – горст, е – грабен

К таковым можно отнести, прежде всего, планетарную систему СОХ (срединно-океанических хребтов), зоны Заварицкого-Беньофа, разлом Красного моря, в США – известный разлом Сан-Андреас и др. Нередко такие глубинные разломы на поверхности трассируются ультраосновными массивами, представляющими вещество мантии.

2.2. Экзогенные процессы

К экзогенным процессам относят такие превращения внешней оболочки Земли, которые протекают при участии солнечной энергии. Сюда относят геологическую деятельность ветра, постоянных и временных водотоков, озер и болот, морей, ледников, подземных вод, выветривания. Все они преобразуют лишь тонкую внешнюю оболочку коры.

Несколько отдельно стоят процессы, связанные с гравитационным воздействием на Землю Луны. Они вызывают в пределах морских акваторий приливы и отливы. При реализации этих природных явлений отмечается ряд последовательных стадий (разрушение горных пород, их перенос и транспортировка, сортировка и аккумуляция, осаждение и диагенез), конечным продуктом которых являются осадочные горные породы.

2.2.1. Литогенез

Под литогенезом понимают совокупность экзогенных процессов, позволяющих, в конечном счете, формировать осадочные породы. Сюда относят процессы разрушения горных пород, слагающих континентальную кору, последующую транспортировку и осаждение продуктов разрушения в морских бассейнах, а также процессы формирования и седиментации органогенных и хемогенных образований в пределах морских и океанических акваторий.

Осадочные горные породы представляют собой скопления минерального или органического вещества, образующегося на дне водоёмов или на поверхности суши как результат действия экзогенных процессов. Они покрывают около 75 % поверхности континентов. При этом многие из осадочных горных пород являются полезными ископаемыми: три четверти ежегодно добываемого сырья имеет осадочное происхождение. Это уголь, нефть, газ, вода, железные и марганцевые руды, бокситы, гипсы и ангидриты, соли, фосфориты, цементное сырьё, известняки, пески и глины.

Образуются осадочные горные породы, преимущественно, за счет разрушения и последующего переноса в водные бассейны всех типов пород: магматических, метаморфических и осадочных. Кроме того, они могут формироваться за счет жизнедеятельности и отмирания живых организмов, а также в процессе химических реакций осаждения из водных растворов.

Механизмы формирования осадочных пород, их вещественный и химический состав, в отличие от магматических и метаморфических разновидностей, намного более сложные и разнообразные. Выделяют терригенные («рожденные на суше»), органогенные (образованные за счет жизнедеятельности и отмирания живых организмов) и хемогенные (за счет химических реакций осаждения) разновидности. Широкий диапазон химического и вещественного состава объясняется тонким разделением продуктов разрушения первичных пород и переходом в раствор их составных

частей. Минералогический состав осадочных пород характеризуется широчайшим диапазоном минералов, устойчивых в экзогенных условиях: кварц, халцедон, опал, минералы группы каолинита, силикаты и оксиды железа, марганца, алюминия. Кроме того, осадочные породы могут содержать обломки других пород, скелетные остатки организмов, или продукты их жизнедеятельности (например, зубы акул, коралловые постройки и т. д.), а также состоять из солей.

Такое многообразие пород, обусловленное различиями условий их образования, стало причиной широкого диапазона их текстур и структур. Этим же обстоятельством обусловлены трудности, связанные с классификацией, разночтениями в определении некоторых разновидностей пород.

Современное осадкообразование

Большая часть описываемых пород образуется за счёт осаждения вещества, представляющего собой, в основном, продукты вывётривания, разрушения более древних пород суши. Отсюда их название – ***терригенные*** (образованные на континенте). Скопления таких продуктов, образующихся в современных условиях, называют осадками. Образование осадочного материала осуществляется в различных физико-географических условиях: на поверхности суши и в водных бассейнах в результате различных геологических процессов и явлений, ведущим из которых является выветривание – механическое дробление и химическое разложение пород различного состава и генезиса.

Механическое дробление происходит на поверхности Земли и осуществляется под воздействием внешних климатических факторов (перепада температур днём и ночью, который приводит к формированию сети трещин в породах), а также ветра, речных вод, временных водотоков, морских течений и т. д. Химическое разложение происходит, главным образом, под действием природных вод, заметное влияние при этом оказывают также свободный кислород и углекислый газ. Интенсивность и скорость химического разложения зависит от климатических условий, их величина резко возрастает с приближением к экватору, по мере увеличения температуры. Осадочный материал, образующийся на поверхности суши, перемещается водой, ветром и льдом по её поверхности в водные бассейны. Основным фактором-регулятором распределения обломочного материала, является гидродинамика бассейна, связанная с расстоянием от суши и его глубиной. По мере увеличения глубин и расстояния от суши происходит осаждение всё более и более мелких частиц, так как крупные частицы имеют большую скорость осаждения, чем мелкие.

В прибрежной зоне с активной динамикой вод наблюдается механическая дифференциация вещества – накопление валунов и гальки на пляже и на глубинах в несколько метров, ниже – песка, а ещё ниже (глубины более 60-80 м) – глинистых пород. В прибрежной зоне и на мелководье (глубины до 100 м) в результате жизнедеятельности моллюсков, иглокожих, известковых водорослей и других организмов образуются карбонатные осадки:

ракушняки, пески с ракушками, пески из раковинного детрита (мелких обломков), алевриты и илы, биогермы – постройки водорослей и т.п.

В процессе переноса и осаждения материала происходит осадочная дифференциация, в результате которой под влиянием механических, химических, биологических и физико-химических процессов происходит сортировка или избирательное выделение в твёрдую фазу растворённых и газообразных веществ с последующим переходом отделившихся однородных продуктов в осадок. Образовавшиеся из таких осадков горные породы отличаются простым химическим составом, высокой концентрацией отдельных компонентов или большой однородностью частиц по размеру. Многие осадочные породы благодаря дифференциации представляют собой ценные полезные ископаемые (кварцевые пески, железные руды, каменная соль и др.).

В общем балансе осадочных пород значительно меньший объём занимают органогенные образования, которые представляют собой продукты жизнедеятельности или отмирания живых организмов. Сюда относятся, прежде всего, известняки – продукты отмирания организмов, извлекающих обычно из среды обитания $CaCO_3$, а также опоки, имеющие состав SiO_2, nH_2O, и угли, представляющие собой различные углеродистые соединения.

Ещё реже в разрезе осадочных пород отмечаются ***хемогенные*** образования, которые формируются в процессе химических реакций осаждения из пересыщенных вод (рассолов). Типичными представителями являются соли.

Процессы образования и изменения

Образование осадочных пород (литогенез) представляет собой совокупность ряда последовательных стадий (рис.9):

1. Выветривание (физическое разрушение, дробление пород и последующее химическое разложение до состояния глин), которое приводит к разрушению верхней части всей континентальной коры.
2. Перенос преимущественно речными потоками, а также ветром, ледниками, временными водотоками в сторону водных бассейнов. Продукты выветривания при этом продолжают истираться, измельчаться.
3. Отложение или седиментация рыхлых осадков в водных бассейнах с проявлением процессов дифференциации.

Диагенез включает процессы уплотнения осадка, его цементацию и дегидратацию (удаление воды) вследствие постепенного погружения на большие глубины, увеличения лито- и гидростатической нагрузки, а также повышения температур (до 200-300 ^{o}C) за счёт геотермического градиента. Вследствие диагенеза рыхлый, мокрый песок превращается в сцементированный песчаник, глина – в алевролит, галечник – в конгломерат и т.д.

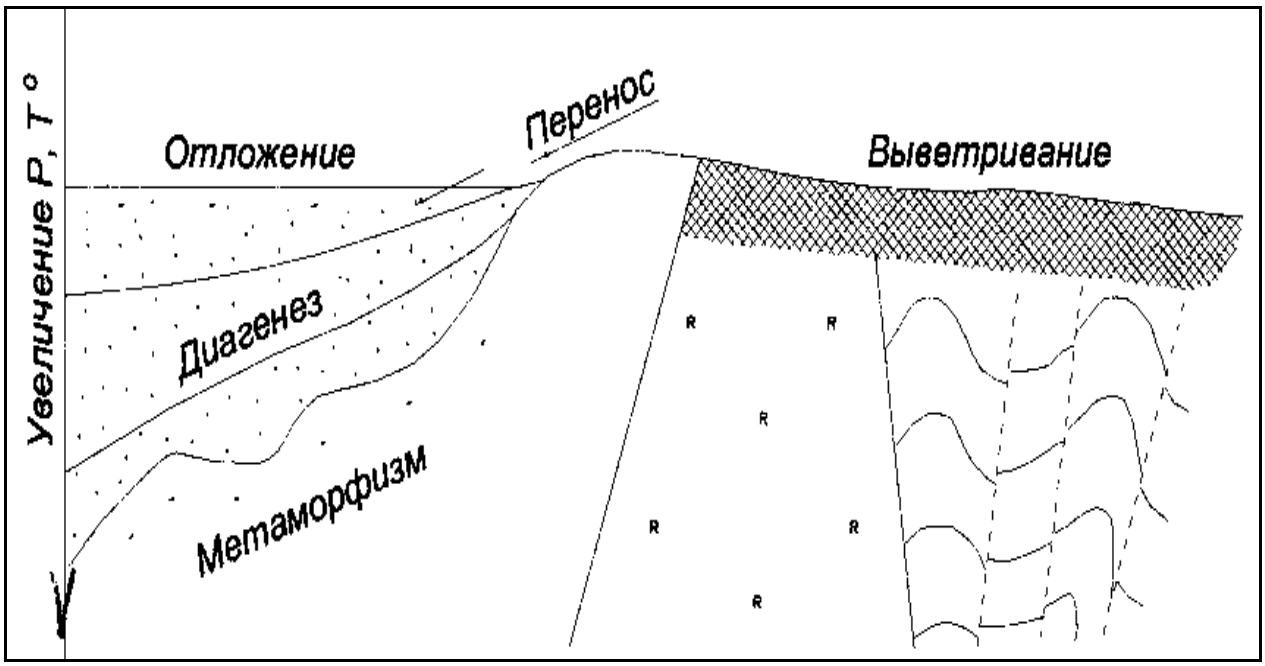


Рис. 9. Соотношение этапов образования и существования осадочных горных пород

Вся упомянутая выше совокупность рыхлых продуктов, вынесенных с территории суши, называется терригенными (рождёнными на континентах, в дословном понимании) породами. Нередко образуются смешанные продукты, когда с терригенными осадками смешиваются с останками органики. Тогда имеем дело с известковистыми песчаниками, глинистыми известняками и т. д. В случае смешивания терригенных осадков с продуктами вулканизма получаем туфогенные песчаники, песчанистые туфы и т. д. Следует отметить, что прилагательное в названии породы относится к тому компоненту, который содержится в меньшем количестве. И, наоборот, существительным обозначается та часть, которая доминирует в породе. Для случаев, когда оба компонента содержатся в примерно одинаковых соотношениях, названия пород обозначаются специальными терминами. Туффитом, например, называют породу, в которой примерно одинаковое соотношение туфового и песчанистого материала. В аналогичном случае для терригенно-карбонатных пород используется термин мергель.

Классификация осадочных горных пород

Общепризнанных классификаций осадочных горных пород нет, что связано, прежде всего, с разнообразием процессов и факторов, контролирующих образование осадков. В нашей стране распространением пользуется классификация осадочных пород, предложенная в 1958 г. М. С. Шевцовым, в основу, которой положено с одной стороны их происхождение, а с другой – их химический и минеральный состав. Подобная классификация осадочных пород по Г. А. Кейльману и В. Б. Болтырову (1985) приведена в виде таблицы 2.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

Терригенные (обломочные) породы, образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород, и накопления обломочного материала. Сюда относят большую группу песчаников, гравелитов, конгломератов, а также их не сцементированные и не окатанные разности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу можно отнести глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу могут выделяться каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и других геологических факторов и обладающих горючими свойствами. Сюда относят угли, торф, сапропель и др.

Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Дальнейшее подразделение в пределах выделяемых генетических групп осадочных пород производится по вещественному и минеральному составу. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяются на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала они делятся на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав (табл.2.).

Текстуры, структуры, цвет

Текстура – это общий рисунок породы, черты ее строения, определяемые способом заполнения пространства, характером сочетания между собой элементарных частиц (минералов, зерен, обломков). Текстура породы формируется с этапа накопления осадка. Возникшие в процессе осадконакопления первичные текстуры отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты её взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в уже сформировавшейся породе при процессах диагенеза и гипергенеза.

Структура осадочной породы – это особенности её строения, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических

остатков. Элементы структуры породы формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы. Напомним, что для магматических пород важным диагностическим признаком был размер зерен, поэтому структуры назывались, например, крупно- или мелкозернистыми. Для метаморфических пород понятие структуры обуславливал другой важный диагностический признак – форма зерна (например, лепидо- или гранобластовая).

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их ***слоистая текстура***. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Любые перемены этих условий вызывают либо изменение отлагающегося материала, либо обстановку в его поступлении, что внешне выражается в появлении слоёв.

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоёв нескольких разностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц и вещественного состава пород, либо ориентировкой осадочного материала.

Для осадочных пород характерна также ***пористая*** текстура, характеризующая степень её проницаемости. По степени пористости выделяются следующие породы:

— ***микропористые***, в которых пористость незаметна на глаз, но устанавливается специальными методами;

— ***мелкопористые***, в которых можно различить мелкие частые поры;

— ***крупнопористые*** – с колебанием размера пор в пределах от 0,5 до 2,5 мм;

— ***кавернозные*** – имеют крупные поры (каверны) на месте выщелоченных раковин и остатков других организмов, а также отдельных частей горной породы.

Для однородных, преимущественно зернистых хемогенных и органогенных пород, характерны ***массивные*** текстуры.

Все несцементированные осадочные горные породы имеют ***рыхлую*** текстуру.

Структура осадочных пород отражает их происхождение. Структуры осадочных пород определяются, главным образом, размером и отчасти формой слагающих их частиц. По величине обломков для терригенных горных пород выделяются следующие структуры:

- ***галечная*** (окатанные обломки) – размер обломков – 10-100 мм;
- ***щебеночная*** (остроугольные обломки) – 10-100 мм;
- ***гравийная*** (окатанные обломки) – 1-10 мм;
- ***дресвяная*** (остроугольные обломки) – 1-10 мм;
- ***псаммитовая*** – 0,1-1 мм;
- ***алевролитовая*** – 0,01-0,1 мм;
- ***пелитовая*** – < 0,01 мм;

Таблица 2.

Классификация осадочных горных пород

Т Е Р Р И Г Е Н Н Ы Е породы				
Рыхлые, несцементированные			Сцементированные	Размер, мм
псефиты	неокатанные	окатанные	Конгломераты	> 10
	Глыбы, щебень Дресва	Валуны, галечники Гравий	Гравелит	1-10
псаммиты		Песок	Песчаник	0,1-1
			песчаник мелкозернистый	0,1-0,25
			песчаник среднезернистый	0,25-0,5
			песчаник крупнозернистый	0,5-1,0
пелиты	Алевриты		Алевролиты	0,01-0,1
	Глины		Аргиллиты	<0,01

О Р Г А Н О Г Е Н Н Ы Е породы	
Название	Химический состав
Известняки, мел	$CaCO_3$
Доломит	$Ca, Mg(CO_3)_2$
Опоки, трепела	$SiO_2 \cdot n H_2O$
Сапропеллиты, торф, угли	Органические соединения углерода

Х Е М О Г Е Н Н Ы Е п о р о д ы		
Название		Химический состав
Соли галоидные:	**галит**	$NaCl$
	сильвин	KCl
Соли сернокислые:	**гипс**	$CaSO_4 \cdot 2 H_2O$
	ангидрит	$CaSO_4$
Соли фосфатные:	**апатит**	$Ca_3(PO_4)_3$
Бурые железняки	**лимонит**	$FeO \cdot n H_2O$, $Fe(OH)_2$
	гематит	Fe_2O_3
Бокситы		$Al_2O_3 \cdot n H_2O$, $Al(OH)_3$ $AlO(OH)$

Для хемогенных пород (известняки, доломит, гипс) характерна кристаллически-зернистая структура. В зависимости от размера слагающих породу зерен выделяют крупнозернистую (преобладают зерна величиной 1,0- 0,5 мм), среднезернистую (0,5-0,25 мм), мелкозернистую (0,25-0,1 мм), иногда выделяют разнозернистую, когда порода плохо отсортирована.

Оолитовая структура наблюдается в случаях, когда в породе в массовых количествах присутствуют мелкие шаровидные стяжения (оолиты) различного размера (боксит, оолитовый известняк).

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20-30 % объема породы), определяются степенью сохранности этих останков и их количеством. Выделяются следующие структуры: ***биоморфная*** – в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов; ***детритовая*** – порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм.

Осадочные породы имеют самую разнообразную окраску и оттенки. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород и зависит от: 1) – окраски минералов, слагающих пород, 2) – окраски рассеянных в породе примесей и цемента и 3) – цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светло-серый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород (кварца, каолинита, кальцита, доломита и др.) и свидетельствует до некоторой степени о чистоте породы. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примеси углеродистого вещества и, реже, оксидов и гидрооксидов марганца. Красный и розовый цвета связаны с примесью в породе оксидов железа, а зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия минералов с зеленой окраской – чаще глауконита, реже хлорита и малахита.

Основные разновидности осадочных пород

Терригенные породы

Грубообломочные породы (псефиты) в зависимости от размера и формы обломков подразделяются на:

— глыбы и валуны, имеющие соответственно угловатые и окатанные обломки размером свыше 100 мм в поперечнике;

— щебень и галечник – угловатые и окатанные обломки размером от 100 до 10 мм в поперечнике;

— дресву и гравий – угловатые и окатанные обломки размером от 10 до 1 мм в поперечнике.

Окатанность материала свидетельствует о длительности времени и дальнем пути переноса обломков от места разрушения породы до места аккумуляции, не окатанные обломки – о кратковременности и незначительных расстояниях переноса.

Сцементированные породы, состоящие из окатанных, округленных обломков, размеры которых превышают 10 мм – называются **конгломераты**; соответственно порода, состоящая из не окатанных, угловатых обломков крупнее 10 мм, называется **брекчией**. Гальки в конгломератах состоят из магматических, метаморфических и осадочных пород, цементом служит

песчано-глинистый, известково-глинистый, карбонатный, кремнистый или иной материал. Возможно выделение олигомиктовых конгломератов, характеризующихся существенно кварцевым составом галек (белый жильный кварц, кварциты) и полимиктовых конгломератов, где гальки имеют разнообразный состав. Брекчии обычно обладают однообразным составом обломков и цементирующего материала.

Гравелиты слагаются обломками различных пород и, реже, минералов с преобладающим размером обломков 1-10 мм. Цемент – карбонатный, карбонатно-глинистый или песчано-глинистый.

Практическое применение грубообломочные породы находят в дорожном строительстве, при отсыпке железнодорожного балласта и изготовлении бетона, иногда используются в строительстве как декоративный материал (некоторые разности брекчий и конгломератов). Иногда грубообломочные породы содержат ценные полезные ископаемые (золото, уран и др.).

Песчаные породы (**псаммиты**) состоят из зерен, размеры которых составляют 0,1-1 мм, и представлены **песками** и **песчаниками.** Первые сложены несцементированными скоплениями обломков, вторые – сцементированные обломками той же величины. В зависимости от размера обломков выделяются крупнозернистые (0,5-1 мм), среднезернистые (0,25-0,5 мм) и мелкозернистые (0,1-0,25 мм) пески и песчаники. В породах существенно преобладает кварц, далее идут полевые шпаты, слюды, халцедон, глауконит, а также глинистые минералы, Цементирующая часть песчаных пород чаще всего представлена глинистым материалом и кальцитом, реже – доломитом, опалом, оксидами железа.

Мономинеральные песчаные породы состоят в основном из кварца, полимиктовые пески и песчаники состоят из зерен различных минералов (кварца, полевых шпатов, слюды).

Пески и песчаники имеют широкое применение для получения кирпича и бетона, а также в дорожном строительстве. Кварцевые пески и песчаники служат сырьем для получения динаса, оконного стекла, в литейном и керамическом производстве.

Пылеватые породы (**алевриты**) состоят из зерен, имеющих размер 0,1-0,01 мм. Рыхлые скопления таких обломков называются **алевритами**, а сцементированные – **алевролитами**. Минеральный состав обломочной части примерно такой же, как и в песчаных породах, но здесь выше доля устойчивых минералов – кварца, мусковита, халцедона. Характерными компонентами их являются частицы глинистых минералов и хлорит. Цементами алевролитов служат кремнисто-глинистая, хлорит-глинистая масса, карбонаты и гидрооксиды железа.

Наиболее характерным представителем является лесс.

Лесс – светлая палево-желтая легкая однородная порода, обычно слабо сцементированная, состоящая, главным образом, из частиц кварца и, меньше, полевых шпатов с примесью глинистых частиц и карбонатов. Наличие

последних легко обнаруживается с помощью соляной кислоты, от которой лесс «вскипает».

Алевролит – сцементированная порода различной окраски, алевролитовой структуры, часто имеет тонкослоистую текстуру с горизонтальной или косой слоистостью. Окраска породы определяется преимущественно окраской цементирующего материала (глинистыми минералами). Характерной особенностью алевролитов является шероховатость пород в изломе, что определяется размером (0,1-0,01 мм) обломочных зерен.

Глинистые породы состоят из мельчайших (< 0,01 мм) кристаллических и аморфных частиц различных глинистых минералов, в меньшей степени, из зерен хлоритов, оксидов и гидроксидов алюминия, глауконита, опала, кварца и других минералов – продуктов химического разложения горных пород в поверхностных условиях. Образование глинистых пород происходит в результате химических процессов, ведущих к накоплению глинистых минералов, и одновременном переносе мельчайших частиц.

Глины – это легко размокающие породы. В сухом состоянии являются или землистыми, рыхлыми, легко растирающимися в порошок, или плотными крепкими агрегатами с землистым или раковистым изломом, имеющими микропористую текстуру. В состав глин входят различные минералы, поэтому окраска глин разнообразна и зависит как от состава глин, так и от примесей.

Каолинитовые глины или **каолины** имеют преимущественно белый или светло-серый цвет, монтмориллонитовые или **бентониты** – светло-серый или с желтоватым, или с зеленоватым оттенком, гидрослюдистые – от белой до зеленой или пестрой окраски.

Глины являются ценным сырьем для изготовления фарфора, фаянса, огнеупорного кирпича и др.

Аргиллиты – уплотненные в процессе диагенеза глины. Обладают землистым или раковистым изломом. Цвет может быть различным, чаще всего, это серые или темно-серые породы. По минеральному составу это преимущественно гидрослюдистые породы с примесью кварца, полевых шпатов, слюд и др.

Мергели – породы смешанного состава, состоящие из кальцита и на 45-75 % из глинистых частиц. Мергели образуются в морских бассейнах, лагунах и пресноводных озерах при одновременном поступлении глинистого и карбонатного материала. В зависимости от содержания глины различают известковистый аргиллит, мергель и глинистый известняк. По внешнему виду это плотная и однородная порода белого, серого, желтоватого цвета. Вскипает при взаимодействии с соляной кислотой, оставляя желтые пятна за счет концентрации на месте реакции глинистых частиц. Мергели широко применяются в цементной промышленности.

Отмеченные продукты настолько часто представляют собой смешанные образования, что их разделение иногда не представляется возможным. Поэтому они рассматриваются под общим названием.

Известняки – наиболее распространенные карбонатные породы. Это обычно мономинеральные породы, состоящие из кальцита. Наиболее типичный признак известняков – интенсивная реакция с соляной кислотой. Цвет их обычно светлый-белый, светло-желтый, светло-серый. Интенсивность окраски определяется присутствием органического вещества. У них обычно *массивная* и *слоистая* текстуры. Структура ***биоморфная, детритовая, биогенно-шламовая, зернистая***.

По генетическим признакам выделяют: 1) органогенные известняки, образующиеся из скоплений раковин, их обломков, скелетов кораллов, внутренних слепков, сложенных кальцитом; 2) хемогенные известняки с характерной оолитовой структурой, пористой текстурой, образующиеся за счет реакций осаждения; 3) обломочные известняки, состоящие в основном из обломков известняков или ракушек в различной мере окатанных.

Мел – специфическая карбонатная порода, состоящая из кальцита. Окраска породы белая, иногда с сероватым или буроватым оттенком. Мел непрочен, легко поддается обработке ножом, стеклом, пачкает руки, высоко порист (до 40-50 %). Порода интенсивно «вскипает» при взаимодействии с соляной кислотой. Основная составная часть породы – органические остатки (раковинки фораминифер, остатки известковых водорослей). Структура мела ***пелитоморфная.***

Доломиты внешне сходны с известняками, но основной составной частью их является минерал доломит. Окраска доломитов преимущественно светлая, серая, кремовая, зеленовато-серая. Структура ***мелко-*** и ***тонкозернистая,*** текстура ***массивная*** и слабо выраженная ***слоистая.***

Карбонатные породы широко используются в различных отраслях промышленности: для производства цемента, в виде флюса при выплавке металлов, для известкования кислых почв и др.

Опоки – твердые породы белого, серого до черного цвета, часто обладающие раковистым изломом. Состоят из мельчайших округлых стяжений (глобулей) опала. Окраска пород в целом более темная, чем у трепелов – от серой до темно-серой и черной.

Трепелы – породы, состоящие из мельчайших зернышек опала, скрепленных опаловым цементом. Трепел может быть рыхлым, компактным, плотным и пористым. Цвет от белого, сероватого до желтовато-серого.

Опоки и трепелы – кремнистые породы, в значительной части состоят из опала $SiO_2.nH_2O$ и халцедона SiO_2. Содержание этих минералов в породах составляет от 50 до 98 %.

Кремнистые породы применяются как теплоизоляционные, строительные и фильтрационные материалы, как наполнители, катализаторы, адсорбенты.

Каустобиолиты образуются из остатков растительных или животных организмов, преобразованных под влиянием различных геологических факторов и способных гореть на воздухе.

Торф представляет собой скопление относительно малоизмененных останков растительных тканей, образующихся в условиях болот. Это более или менее рыхлая бурая или черная гумусовая масса, содержащая в большем или меньшем количестве видимые останки растительности (листья, стебли, корни, древесину, мох), высушенный торф обычно рыхлый, легкий.

Каменные уголь – порода черного цвета, хрупкая, пачкающая руки. Излом раковистый. Образуется, в частности, при преобразовании торфа в результате химического процесса его изменения (углефикации). Большинство углей обладает хорошо выраженной слоистостью. В зависимости от степени преобразования в них могут сохраняться следы растительных тканей, либо они могут состоять из однородной, практически бесструктурной матовой массы.

Каустобиолиты широко используются как промышленное топливо, а также в качестве сырья для химической промышленности.

Соли галлоидные. Каменная соль. Главная составная часть ее – **галит** (NaCl). Окраска породы светло-серая, белая, но иногда может быть красной, черной или синей. Структура породы ***кристаллически-зернистая***, текстура ***массивная*** или ***слоистая.*** Характерный диагностический признак – соленый вкус.

Каменная соль используется в пищевой промышленности для сохранения скоропортящихся продуктов и как приправа к пище. Взрослый человек в течение года потребляет 6 кг соли.

Калийная соль (сильвинит) – наиболее распространенная калийная соляная порода. Состоит из **сильвина** (KCl), обычно с существенной примесью карналлита (KCl, $MgCl_2$.$6H_2O$) и галита. По характеру окраски выделяются красные и пестрые сильвиниты. Текстура их ***слоистая, массивная***, структура ***разнозернистая*** с преобладанием ***мелко-*** и ***среднезернистой.***

Основным потребителем калийных солей является сельское хозяйство, где калий применяется для удобрения почвы. Остальное количество калийных солей потребляется химической промышленностью, выпускающей несколько продуктов, в которых основной составной частью является калий.

Соли сернокислые. Гипс – мономинеральная порода, состоит из минерала гипса. Окраска породы светлая: белая, кремовая, реже серая или бурая. Структура ***мелко-*** и ***среднезернистая***, текстура ***массивная***, реже ***слоистая.*** Порода невысокой твердости, царапается ногтем.

Ангидрит имеет также светлый, голубовато-серый, серый, белый цвета. Плотность его выше, чем у гипса, поэтому по удельному весу он легко отличается от последнего. Отчетливо фиксируется различие по твердости (породы ногтем не царапается). Структура ангидрита ***средне-*** и ***мелкозернистая,*** текстура ***массивная*** и ***слоистая.***

Гипсы и ангидриты используются в строительстве для приготовления вяжущих материалов – алебастра, формовочного гипса и др., а также в производстве серной кислоты, бумаги, в медицине.

Соли фосфатные. **Фосфориты** – довольно распространенная порода, образование которой связано с гибелью, разложением и химической переработкой останков морских организмов. Это осадочные горные породы более чем на 50 % состоящие из фосфатов кальция. Окраска фосфоритов обычно темная, серая, черная, коричнево-серая и зеленовато-серая определяется, главным образом, присутствием органического вещества, сульфидов железа и глауконита. Встречаются и светлоокрашенные разности.

Фосфориты являются сырьем для производства фосфорных удобрений для сельского хозяйства.

Бурые железняки. Образование железистых и марганцевых пород, содержащих минералы железа и марганца (оксиды, гидроксиды и карбонаты) и являющихся рудами, связывается обычно с выветриванием богатых этими минералами горных пород. Из них в процессе диагенезе возникают морские, озерные, болотные и другие руды.

Бурые железняки обладают бурой окраской различных оттенков до черной и сравнительно большой плотностью. Характерна ***оолитовая, землистая, конкреционная, натечная*** структура, ***пористая*** текстура. В составе бурых железняков преобладают минералы – оксиды и гидроксиды железа: гетит, гидрогетит, лимонит, гематит.

Глауконитовые песчаники – глауконит-железистая разновидность гидрослюды характерного ярко-зеленого цвета, является аутигенным минералом морских бассейнов нормальной солености. Для глауконита характерно образование округлых комочков размером 0,2-0,4 мм. Песчаники, содержащие округлые зерна глауконита, называют глауконитовыми. Структура породы ***псаммитовая***, текстура слабо выраженная ***слоистая.***

Бокситы состоят преимущественно из минералов - гидрооксидов алюминия: гидраргиллита, диаспора и бемита, а также постоянной примеси гидроксидов железа. Цвет бокситов буровато-красный, кирпично-красный, охряно-желтый, серый. Встречаются в виде землистых или оолитовых масс.

Бокситы – основная руда для получения алюминия, кроме того, используются для получения огнеупоров, абразивов и в качестве химического сырья.

Вулканические туфы, генетически связаны с магматическими процессами, по условиям образования и внешнему облику относятся к осадочным горным породам. Продукты вулканических извержений, выброшенные в атмосферу, падают на землю и становятся обычными обломками. Этот материал в процессе диагенеза превращается в горные породы – туфы. Текстуры туфов слабо выраженные ***слоистые, пористые***. Структура определяется размерностью обломочного материала. Состав туфов – обломки вулканических пород, минералов, вулканического стекла.

3. ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

Ниже приведено описание ряда геологических маршрутов в окрестностях г. Екатеринбурга, представляющих наибольший интерес для студентов специальности «Защита в чрезвычайных ситуациях». Большинство из них расположены в пределах городской черты, и лишь некоторые – за ее пределами. Участки характеризуются разнообразием геологического строения, а также опасными потенциальными угрозами. За отведенное для практики время предполагается проведение пяти-шести экскурсий.

3.1. По Уктусскому массиву

Нечасто встречаются геологические массивы, в развитии и преобразовании которых принимают участие различные эндогенные и экзогенные процессы.

Наиболее интересными из таких является ***Уктусский дунит-клинопироксенит-габбровый массив,*** который расположен на южной окраине Екатеринбурга и слагает денудационную возвышенность с относительным превышением около 60 м над уровнем р. Исеть. Массив площадью около 50 км^2 имеет в плане овальную форму, слегка вытянут в меридиональном направлении и залегает среди вулканогенно-осадочных толщ предположительно силурийского возраста.

Массив слагают интрузивные породы – пироксениты, дуниты и габбро. Дуниты образуют три обособленных тела – южное, центральное и северное. Габбро отделены от дунитов полем пироксенитов и слагают восточную часть массива (рис. 10).

В пределах описываемого участка проявляются также многочисленные экзогенные процессы и их продукты. Особенностью строения данного участка является широкое проявление процессов речной деятельности с развитием разных типов террас.

Описание маршрута

Маршрут начинается в пос. Уктус, на правом берегу р. Исети, в устьевой части р. Патрушихи, у каменного моста, сложенного из бутового камня, памятника архитектуры начала XIX в. (троллейбусная остановка «Уктус»).

Поселок Уктус был основан вокруг казенного железоделательного завода (одновременно с Алапаевским, Каменским и др.) в 1704 г., когда для войны со шведами Петру I потребовалось большое количество металла для пушек.

Т.Н. I. В 500 м выше каменного моста сохранились остатки плотины пруда Уктусского завода. Место для пруда было выбрано весьма удачно. Здесь река имеет широкую (300-400 м) корытообразную долину с крутым скальным правым берегом и терасированным высоким левым берегом, где разместились

цеха завода (ныне лифтостроительный) и основные гражданские постройки поселка Уктус.

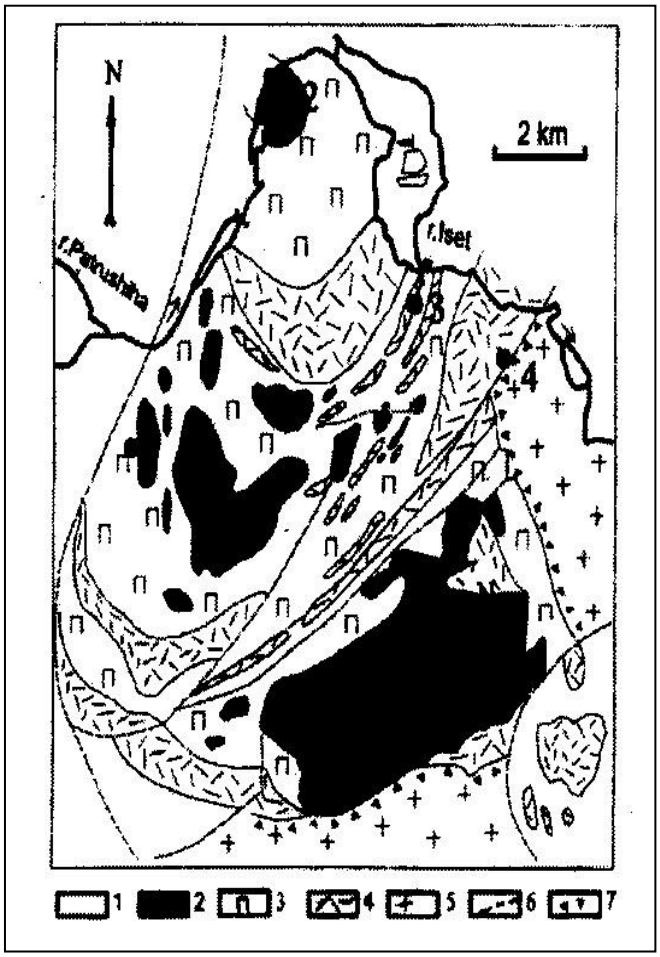


Рис. 10. Схема геологического строения Уктусского дунит клинопироксенит-габбрового массива.

1 – вмещающие вулканогенно-осадочные и метаморфические породы палеозоя; 2 – дуниты; 3 – клинопироксениты и верлиты; 4 – оливиновые и амфибол-пироксеновые габброиды;5 – гранитоиды; 6 – тектонические нарушения; 7 – зоны развития эруптивных гипербазит-гранитных брекчий

Скальные выходы сложены породами черного, темно-зеленого цвета средне- и крупнозернистой структуры, массивной текстуры, по составу представлены слабо серпентинизированными пироксенитами и перидотитами.

В настоящее время, когда воды пруда спущены, хорошо просматривается строение русла, которое можно описать. Можно также построить поперечный профиль р. Патрушихи в районе развилки автомобильных дорог.

Т.Н. 2. На данном участке русло реки делает меандрирующий (извивающийся) изгиб**,** обусловленный зонами дробления и выветривания в тектонических нарушениях. С этой точки хорошо видны надпойменные террасы левого берега, представленные эрозионно-аккумулятивным типом, верхний плодородный слой которых жители используют под огороды.

В пойменной части отчетливо выделяются пойменные и старичные отложения. На берегу реки можно видеть отложения русловой отмели и береговой вал. Экскурсанты составляют поперечный профиль реки.

Следует обратить внимание, что профиль реки асимметричный: левый борт пологий, а правый крутой. В случае аварийного спуска воды из Елизаветинского пруда могут пострадать строения, находящиеся в пойме реки на левом берегу. Поэтому строить объекты на левом берегу не рекомендуется.

Т.Н. 3. Карьер по разработке дунитов, которые в 50-е гг. XX столетия добывали в качестве сырья для получения магнезиальных огнеупоров. Размеры 60х30 м, борта отвесные, высота до 12 м. Выработкой вскрываются дуниты черного цвета с зеленоватым оттенком, массивные, мелко- и среднезернистые. С поверхности породы выветрелые, из-за чего их цвет становится светло-коричневым. Толщина корки выветривания 1-2 см. Окраска корочки выветривания обусловлена наличием глинистого минерала – керолита и гидрокарбоната магния. Дуниты разбиты густой сетью тектонических трещин.

По плоскостям некоторых трещин развита серпентинизация с образованием корок толщиной до 0,5 см. Серпентин светло-желто-зеленый. На плоскостях трещин видны борозды скольжения и уступчики, по которым участники экскурсии могут определить направление перемещения блоков.

На этой точке наблюдения можно сделать зарисовки одной из стенок карьера и произвести массовый замер для последующего построения диаграммы трещиноватости. Студентам напоминают устройство горного компаса, учат пользоваться им при определении элементов залегания пород и трещин.

По ходу движения к следующей точке наблюдения маршрут проходит у подножия техногенного отвала, образованного при строительстве трассы большого лыжного трамплина, и вдоль старицы р. Патрушихи. Здесь внимание участников экскурсии акцентируется на гравитационной дифференциации техногенного делювия (от лат. Deluer – смывать).

Т.Н. 4. Карьер размером 35х45 м с высотой бортов до 15 м. Карьером вскрыты те же дуниты**,** что и в Т.Н. 3. На этой точке наблюдения можно произвести хорошие зарисовки обнажения и набрать дополнительный материал для статистического измерения трещиноватости. Трещины более пологие и в верхней части имеют куполообразный изгиб. По некоторым плоскостям трещиноватости развивается корочка серпентинитов, что может способствовать перемещению больших блоков при искусственной встряске или при землетрясении. Необходимо обратить внимание студентов на то, что борта карьера в Т.Н. 3 почти вертикальные, а в Т.Н. 4 – не более 30 градусов. Пологие борта обусловлены соответствующей системой трещин. Рекомендуется сделать массовые замеры трещиноватости с последующим обобщением результатов.

Т.Н. 5. Выше по течению р. Патрушиха запружена. Выше плотины расположен Ново-Елизаветинский пруд. Водохранилище, к сожалению, затопило практически полностью старые песчано-глинистые карьеры кирпичного завода**.** Карьеры вскрывали аллювиальные (от лат. alluvio – нанос) отложения первой и второй надпойменных террас, в которых были найдены кости и бивни мамонтов, шерстистых носорогов и других животных, часть из которых можно видеть в экспозиции Уральского геологического музея. Разрез террасы можно наблюдать в западном борту пруда, у самой плотины. Возле плотины можно видеть небольшое зарастающее озерко, по-видимому, имеющее старичное происхождение. Здесь же можно проследить начальную стадию процесса торфообразования. Сама плотина имеет длину более 100 метров. Ее

восточная часть упирается в плотные магматические породы, а западная – в рыхлые песчано-глинистые отложения, что может быть причиной ее подмыва, если контакт недостаточно надежно закреплен.



Рис.11. Забой во 2-м дунитовом карьере

Т.Н. 6. На крутом склоне реки (Ново-Елизаветинского пруда) небольших размеров коренные выходы перидотитов**.** Горные породы темного цвета, чаще полосчатые или рассланцованные, реже массивные, мелко- среднезернистые. Пространство между коренными выходами задерновано, но геологическим молотком можно вскрыть растительный слой и докопаться до делювия, представленного остроугольными обломками перидотитов и сцементированных глинистой породой темно-зеленого цвета.

Т.Н. 7. Коренные гребневидные выходы пироксенитов на берегу водоема. Горные породы от черного до темно-зеленого цвета, средне- и крупнозернистые, массивные. В обнажении хорошо наблюдаются тектонические трещины различных направлений, элементы, залегания которых легко измерить.

Отчетливо видно, что пироксениты имеют высокую механическую устойчивость, чего нельзя сказать о перидотитах в предыдущем обнажении, которые образуют значительно сглаженные небольшие выходы.



Рис.12. Ново-Елизаветинский пруд. На противоположном берегу видны выходы пород Камышловской террасы

Т.Н. 8. Двигаясь дальше по тропе вдоль берега пруда до места впадения реки, наблюдаем практически непрерывно коренные скальные выходы, чаще гребневидного характера, пироксенитов, довольно сильно трещиноватых.

Особенностью данного участка горного массива является появление хорошо выраженной трещиноватости уже северо-восточного направления, что проявляется в тектонических ограничениях выходов пород и ориентировке логов и оврагов на склоне массива.

Северо-западное направление тектонических нарушений выражается здесь в спрямленных субпараллельных участках меандрирующей реки и частично в образовании оврагов на склоне.

Т.Н. 9. Маршрут переходит по склону на хребет Уктусского габбро-пироксенит-дунитового массива, по которому прорублена меридиональная просека. Двигаясь на юг по ходу маршрута, встречаем коренные выходы преимущественно пироксенитов. Породы черного, темно-зеленого цвета, массивной текстуры, крупнозернистой структуры, состоят преимущественно из пироксена с небольшим количеством оливина.

Хребтовая часть массива представлена чередованием небольших увалов и понижений. На вершинах этих увалов пироксениты образуют гребневидные выходы с тектоническими ограничениями северо-восточного простирания и углами падения 80-90 °.



Рис. 13. Крупный лог на западном склоне Уктусского массива, сформированный вдоль тектонического нарушения

В понижениях на хребте постоянно наблюдаются родники, которые свидетельствуют о заложении этих понижений на зонах трещиноватости, по которым циркулируют трещинные воды. Можно определить дебит (расход воды) источников, вкусовые качества воды.

Подытоживая маршрут, преподаватель делает акценты на потенциально возможном развитии на участке природных угроз. Сюда относится возможность прорыва плотины Елизаветинского пруда, суффозионных процессов вдоль русла реки с рыхлыми отложениями, подтопления построек на пойме реки, обвалов техногенного делювия с крутых склонов. При знакомстве с зеркалами скольжения преподаватель показывает механизм реализации тектонических движений, которые протекают и в новейшее время.

3.2. Елизаветинское месторождение

Маршрут начинается в пос. Рудном (куда доставит автобус № 17). На юго-западной окраине поселка размещается Елизаветинское месторождение природно-легированных бурых железняков. Месторождение было открыто в 1829 г. и отрабатывалось около 150 лет.

На месторождении рудоносной является кора выветривания в различной степени серпентизированных дунитов.

По генезису кора выветривания остаточная.



По морфологии – площадная, с линейными участками заглубления, развитыми по тектоническим нарушениям, образующими значительное количество глубоких карманов в палеозойском фундаменте.

Общая мощность элювиальных (от лат. eluo – вымываю) отложений колеблется от 5 до 80 и более метров, в среднем составляет 30-40 м.

Считают, что древний элювий сформировался в юрско-меловое время и отвечает тропическому или субтропическому, теплому и влажному климату.

Наиболее полно профиль коры выветривания описан А. Л. Яницким (1965), который приводит его в таком виде (снизу вверх):

1) зона дезинтеграции в различной степени серпентинизированных дунитов;

2) зона выщелачивания, сложенная карбонатизированными, слабо нонтронитизированными дунитами и аподунитовыми серпентинитами (мощность 1-5 и более метров);

3) зона охр представлена охристыми порошковатыми глинистыми рудами и кремнисто-железистыми породами.

Зона дезинтеграции серпентинизированных дунитов**.** Дуниты, обнажающиеся в основании и по бортам карьера, мелко- или тонкозернистые, плотные. Крепкие, иногда почти свежие или слабо выветрелые дуниты наиболее полно вскрыты в щебеночном карьере в 200 м к западу от основного карьера.

Породы по тектоническим трещинам разбиты на блоки и практически превращены в щебень. По плоскостям трещин нередко можно видеть зеркала скольжения, свидетельствующие о тектонических перемещениях отдельных блоков.

В южном борту карьера можно в миниатюре увидеть всю зональность химического выветривания с образованием зон выщелачивания.

З о н а в ы щ е л а ч и в а н и я . Дуниты и серпентинизированные дуниты, как у поверхности, так и на глубине вдоль зон тектонических нарушений в разной степени подвергались процессам выветривания. Процессы выветривания выразились в разложении и выщелачивании материнских пород, в их карбонатизации, частичной нонтронитизации и керолитизации. Породы в большей части сохраняют основные черты первичной структуры материнских пород, в некоторых случаях эти породы могут переходить в кавернозно-пористые образования различной крепости.

Под влиянием процессов выветривания породы принимают зеленовато-серую или серовато-белую окраску, иногда с бурыми, желтыми или черными пятнами. Эта пестроцветная окраска обусловлена скоплениями различных минеральных агрегатов: магнезита, кальцита, нонтронита, керолита, минералов марганца и др.

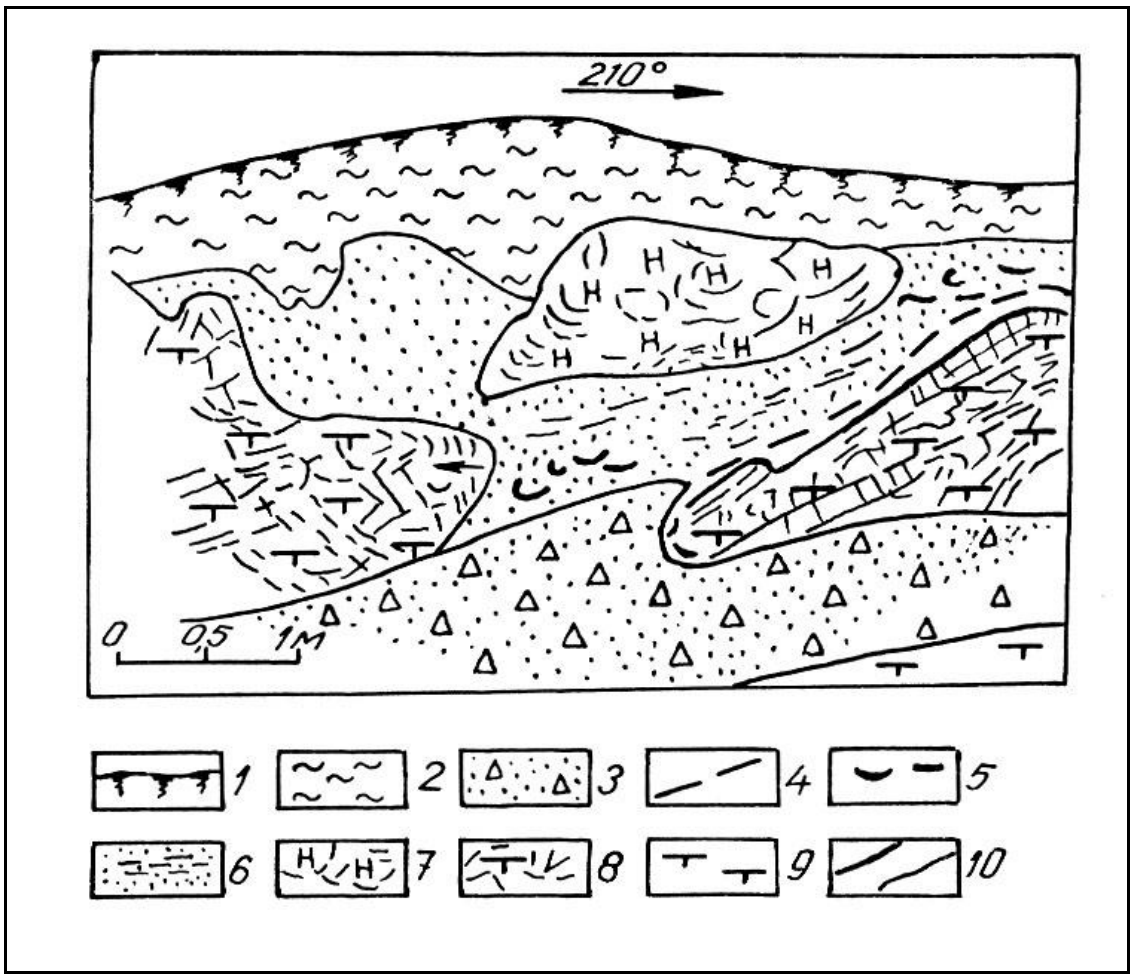


Рис.14. Карман коры выветривания серпентинизированных дунитов в борту щебеночного карьера (Елизаветинское месторождение).

Условные обозначения: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – глины, суглинки; 3 – осыпь; 4 – скопления магнезита; 5 – жеоды бурых железняков; 6 – охристые бурые железняки; 7 – нонтронитизированные серпентиниты; 8 – зона дезинтеграции дунитов; 9 – дуниты с корочкой выветривания; 10 – геологические границы.

Тектонические трещины (сместители, разломы), многочисленные трещины отдельности, а также микропоры и пустоты, образовавшиеся вследствие выветривания и выщелачивания эндогенных минералов, выполнены преимущественно магнезитом, местами кальцитом, доломитом или керолитом, кварцем, опалом с образованием их гнезд и прожилков. Мощность некоторых прожилков магнезита достигает 2-3 см и более.

Рыхлые, землистые выветрелых дунитов представляют собой породы, подвергшиеся более глубокому изменению. Они не только дезинтегрированы механически, но и разложены и преобразованы химически. Они находятся в таком состоянии, что при слабом ударе рассыпаются на мелкий щебень или сыпучую землистую массу зеленовато-серого или грязно-серого цвета. На некоторых участках поверхность щебня покрыта многочисленными мельчайшими черными дендритами марганцевых минералов, а иногда пленками карбонатов, на которых также наблюдаются ветвистые дендриты марганцевых образований.

Зона охр залегает в верхней части разреза и представлена рыхлой буровато-желтой или лимонно-желтой слабо сцементированной массой, состоящей из порошковатых и комковатых образований гетита, гидрогетита, гематита, магнетита, и марганцовых минералов. Охристые порошковатые руды заполняют также имеющиеся на поверхности карманообразные и воронкообразные углубления, развитые вдоль зон тектонических нарушений и уходящие на глубину на многие метры.

Такие взаимоотношения руд с подстилающими породами можно наблюдать в основном карьере. Среди охристых руд в железорудном карьере можно наблюдать останцовые глыбы и куски выветрелых карбонатизированных дунитов и серпентинитов, выделяющихся на буром фоне серовато-зеленой окраской. Здесь же отмечаются отдельные глыбы и куски кремнисто-железистых пород желтовато-бурого или бурого цвета.

Описываемые породы относятся к природно-легированным хромоникелевым железным рудам.

В ряде мест кремнисто-железистые породы слагают значительные участки. В некоторых обнажениях они образуют скальные выступы, положительные формы рельефа, что объясняется их сравнительно высокой прочностью. В карьере студенты могут познакомиться с различными формами выветривания: физического, химического, органического.

Здесь видно как разные продукты выветривания влияют на величину естественных откосов. Уменьшение механической прочности первичных ультраосновных пород приводит к уменьшению угла откоса искусственных выработок (карьера). Рыхлые породы в результате воздействия на них талой воды очень быстро оплывают. Здесь же в карьере можно проследить процессы естественной рекультивации земель.

3.3. Шабровское рудное поле

Шабровский рудный район расположен в 25 км к юго-западу от г. Екатеринбурга. В пределах Шабровского рудного района (рис.15) развиты месторождения железистых кварцитов, гондитов, родонитов, мраморов, тальк-магнезитового камня, талька, декоративно-облицовочного серпентинита и золота. Все они достаточно тесно сопряжены в пространстве, часто приурочиваются к одним и тем же тектоническим структурам – шовным зонам.

Шабровское рудное поле приурочено к полосе метаморфических пород, образующих крупную Шабровскую моноклиналь с крутопадающими крыльями и разделяющих Сысертский и Шабровский массивы гранодиоритов – гранитов (рис. 15).

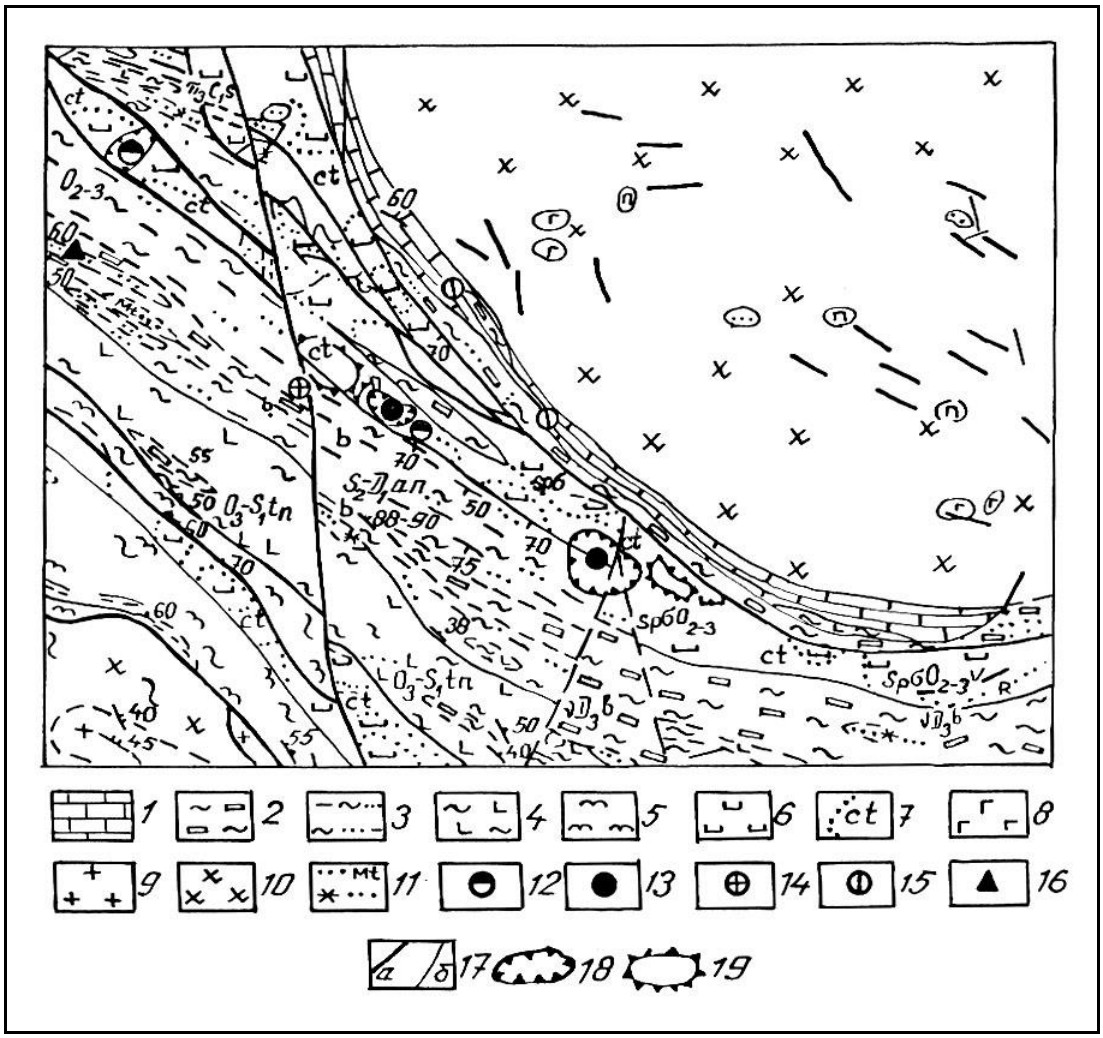


Рис. 15. Геологическое строение Шабровского рудного поля:

1 – мраморы; 2 – сланцы преимущественно углисто-графит-кварцевые; 3 – серицит-кварцевые, филлитовидные сланцы; 4 – зеленые сланцы по афировым базальтам; 5 – кристаллические сланцы; 6 – серпентиниты; 7 – тальк-карбонатные породы; 8 – габбро; 9 – граниты; 10 – гранодиориты; 11 – кварциты магнетит- и марганецсодержащие; 12 – 16 месторождения: 12 –антигоритовых змеевиков, 13 – тальк-магнезитового камня, 14 – золота, 15 – мрамора, 16 – железистых кварцитов; 17 границы разломов (а), стратиграфические (б); 18 – карьеры; 19 - отвалы

Среди метаморфических толщ в Шабровском районе, по последним данным геологосъемочных работ (Г. В. Ярославцев и др., 1995 г.), выделяется четыре свиты (сверху вниз): кунгурковская (D_1kn), андреевская (S_2-D_1an), тенякская (O_3-S_1tn) и саитовская (R_2st).

Основание разреза слагают высокометаморфизованные породы **саитовской свиты ()**: кристаллические сланцы мусковитовые, биотитовые и мусковит-биотитовые, часто с гранатом, частично мигматизированные; амфиболиты, участками биотитизированные, часто с гранатом, частично мигматизированные; прослои железистых кварцитов, единичные линзы мраморов. Мощность более 1000 м.

Тенякская свита () представлена преимущественно вулканогенными образованиями основного состава, преобразованными в зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациях регионального метаморфизма. Мощность 600-800 м. Породы свиты имеют преимущественно моноклинальное падение на СВ под углом 30-60 °. Контакт пород свиты с нижележащими образованиями саитовской свиты везде тектонический, а с породами вышележащей андреевской свиты согласный.

Андреевская свита () развита в виде широкой полосы и ряда небольших линз в юго-западной части района. В составе свиты преобладают серицит-кварцевые (филлитовидные), хлорит-серицит-кварцевые, альбит-серицит-кварцевые, серицит-биотит-кварцевые и слюдисто-кварцитовые сланцы по алевролитам и песчаникам; углисто-графит-кварцевые сланцы; кварциты железистые, магнетитсодержащие, марганецсодержащие и углисто-графитсодержащие. Мощность свиты превышает 1700 м.

Кунгурковская свита () развита в северной части площади и представлена метаморфизованными вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Мощность более 2000 м. Границы свиты, как нижняя, так и верхняя, повсеместно тектонические. На контакте с телами гранитоидов породы свиты ороговикованы.

Среди пород метаморфизованного вулканогенно-осадочного комплекса широко развиты протрузии гипербазитов дунит-гарцбургитовой (альпинотипной) формации, контролируемые зонами глубинных разломов. Возраст протрузий ультрабазитов 401+12 млн. лет (Пушкарев,1999), габбро, габбро-диабазов D_{2-3}, гранитоидов поздней фазы 312-262 млн. лет (А. А. Машаров, 1990 г.).

Тела ультрабазитов фиксируются в виде линейно вытянутого пояса, согласного с общим простиранием пород района. Все эти массивы по существу представляют собой бескорневые тектонические линзы, залегающие согласно со сланцеватостью вмещающих их метаморфизованных вулканогенных и осадочных пород. Ультрабазиты гидротермально изменены, представлены серпентинитами, тальк-карбонатными и другими породами. На Шабровском тальковом месторождении среди тальк-карбонатных пород встречаются

жильные тела талько-хлоритов и хлоритолитов (мощностью до 0,1-1,0 м). Они характеризуются повышенным (до 5-10 %) содержанием магнетита.

Формирование интрузивных тел Шабровского комплекса (C_1) происходило в три фазы: в первую формировались гранодиориты; во вторую – граниты и адамеллиты; в третью – мелкозернистые граниты, граниты, гранит-порфиры, лейкократовые граниты, пегматиты. Шабровский массив округлой формы занимает площадь 50-55 км^2. В массиве много ксенолитов, провесов кровли, что свидетельствует о незначительном эрозионном срезе. Вмещающие породы – преимущественно пироксениты и габбро.

Сложен массив среднезернистыми, часто порфировидными, биотитовыми, реже роговообманково-биотитовыми гранодиоритами. Вмещающими массив породами являются: с севера ультрабазиты и габбро Уктусского массива, с запада, юга и востока – сланцы андреевской свиты и частично вулканиты кунгурковской свиты. Мощность массива 2,0 - 2,5 км. Западный контакт массива тектонический.

Осиновский комплекс (C_1) сложнопостроенный, формировался в четыре фазы: 1 – кварцевые диориты, гранодиориты; 2 – мелко- среднезернистые граниты; 3 – дайки лейкократовых гранитов, пегматитов; 4 – дайки порфировидных, мелкозернистых гранитов. В объеме массива резко преобладают граниты второй фазы.

Описание маршрута

Т.Н. 1. Начинается маршрут на Белоусовском месторождении благородных змеевиков, расположенном в 500 м к северу от автобусной остановки (автобус № 105). Карьер по отработке Белоусовского месторождения расположен на небольшой возвышенности в пределах поселка Шабровский. Проходка карьера проводилась с применением буро-взрывных работ, поэтому по причинам безопасности разработка месторождения остановлена.

Карьер вскрывает небольшую часть Большой линзы тальк-карбонатных пород, в зоне преимущественного развития благородных змеевиков. Здесь по художественно-декоративным свойствам выделено три разновидности змеевика - пятнистый, полосчатый и пятнисто-полосчатый.

Тальк-карбонатные породы занимают здесь не менее половины площади месторождения. Форма их залежей чрезвычайно сложная и обусловлена очертаниями пород кровли массива ультрабазитов, с одной стороны, и тел антигоритовых серпентинитов, с другой.

Т.Н. 2. Далее маршрут переходит на Северо-Шабровское месторождение железистых кварцитов, которое находится в районе п. Шабровского к западу от Белоусовского карьера. Месторождение в центральной части рассекается затопленным карьером после отработки Вознесенской золотой россыпи (рис. 16).

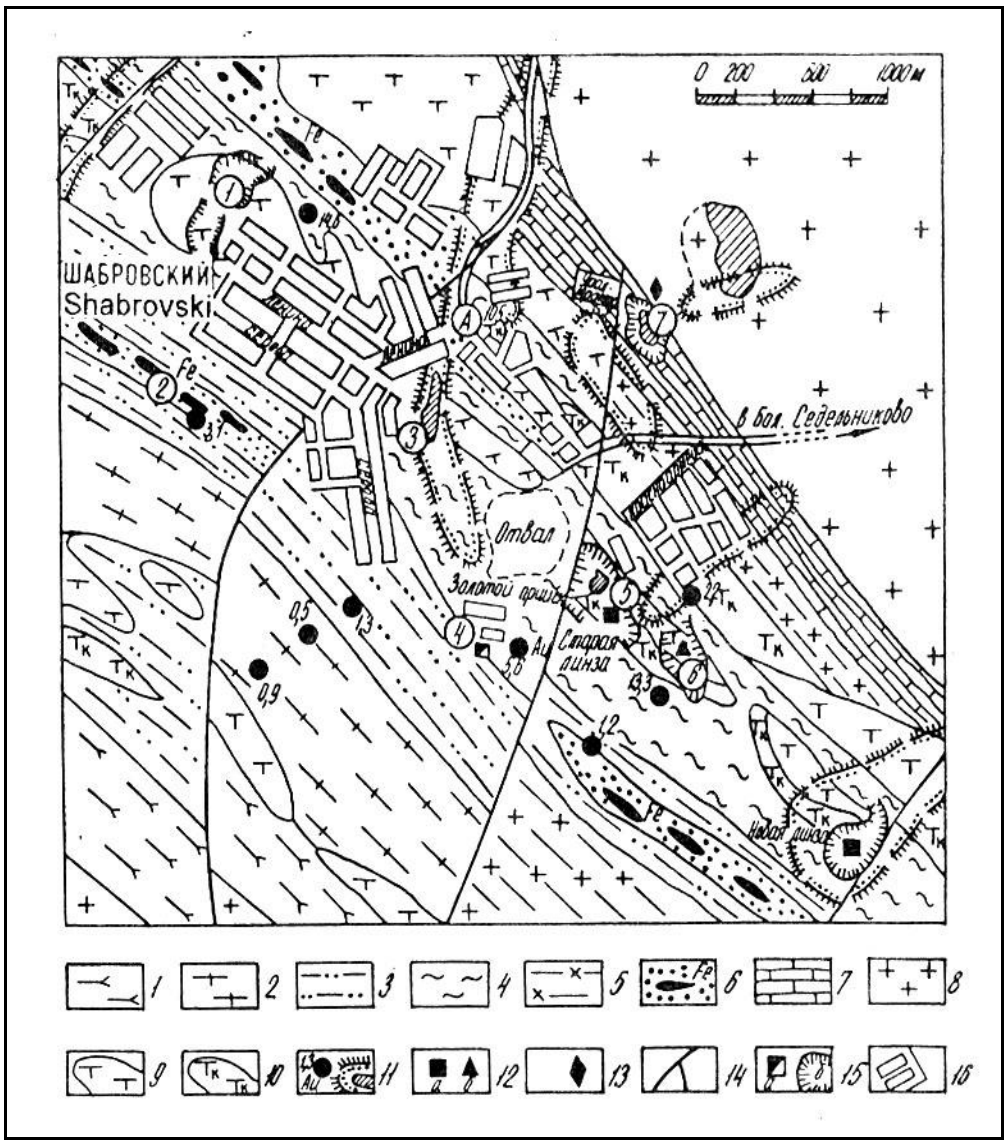


Рис. 16. Схематическая геологическая карта Шабровского рудного поля:
1 – амфиболиты; 2 – актинолитовые сланцы; 3 – серицито-кварцевые сланцы с карбонатом; 4 – филлиты; 5 – серицит-хлоритовые сланцы; 6 – железистые кварциты; 7 – мраморы; 8 – гранодиориты; 9 – серпентиниты; 10 – тальк-карбонатные породы; 11 – золотопроявления и контуры россыпей; 12 – месторождения талька (а) и змеевиков (б); 13 – месторождения мрамора; 14 – тектонические нарушения; 15 – шахта (а) и контуры карьеров (б); 16 – поселок Шабры

При отработке россыпи старатели породы вскрыши укладывали в узкие отвалы, которые расположены по бортам карьера. Взяв пробы песчано-глинистого материала с днища россыпи в западной сухой части выработки, где раньше размещалась промывальная установка, промываем их здесь же в карьере. Увидеть мелкие знаки золота в ковше – обычное дело.

От Вознесенской россыпи по бетонному тротуару перемещаемся в южном направлении к тальковой обогатительной фабрике, посещение которой можно предусмотреть в программе экскурсии, далее по асфальтовой дороге к карьеру тальк-магнезитового камня «Старая линза».

По возрасту выросших на отвалах деревьев студенты могут определить время отработки россыпи, а также наблюдать регуляторы естественной рекультивации открытой горной выработки.

Т.Н. 3. Шабровское месторождение тальк-магнезитового камня известно с 80-х годов 19-го столетия. В этот период оно отрабатывалось кустарным способом, и только возросшие потребности горно-металлургического и цементного производства в огнеупорном сырье в 1927 г положили начало планомерным разведочным работам на месторождении с последующей его механизированной эксплуатацией. Добыча тальк-магнезитового камня производилась карьерным способом со специальной технологией отработки и была прекращена в 1978 г. На момент остановки добычных работ глубина карьера составила чуть более 50 м. Буровыми скважинами месторождение разведано до глубины 200-220 м.

Производство огнеупорных тальк-магнезитовых блоков осуществлялось непосредственно в карьере машинами вертикальной и горизонтальной резки состемы А. М. Столярова. Отходы от распиловки шли на получение чистого высококачественного талька, который извлекался здесь же на обогатительной фабрике путем флотации. Подъем на поверхность нарезанных кирпичей осуществлялось с помощью трех лебедочных установок, которые в настоящее время можно видеть на бортах карьера.

Борта карьера очень крутые, а в некоторых участках с высокими вертикальными уступами (стенками), поэтому при подходе к краю этой искусственной выработки со стороны обогатительной фабрики перед исследователем открывается потрясающая панорама – идеальный срез ультраосновного массива со всеми деталями его внутреннего строения (рис. 18).



Рис. 17. Панорама карьера «Старая линза»

Маршрут по Шабровскому карьеру «Старая линза» начинается с его общего обзора (рис. 17). При спуске в карьер во вскрышных более пологих бортах выходят вмещающие породы, представленные в основном филлитовыми сланцами с тонкими маломощными прослойками мраморизованных известняков, слюдисто-кварцевых, серицит-хлоритовых и хлоритовых сланцев, с тонкими кварцевыми прожилками и будинками.

При переходе со вскрышных бортов на добычные, хорошо наблюдается северо-восточный контакт между вмещающими сланцами и продуктивным телом гипербазитов, превращенных в тальк-карбонатные породы (рис. 18). Контакт резкий, достаточно ровный с крутым, почти вертикальным падением. Участками фиксируются полости отслоения, в некоторых из них можно наблюдать разгрузку трещинных подземных вод в виде красочных водопадов. Вода пригодная для питья.

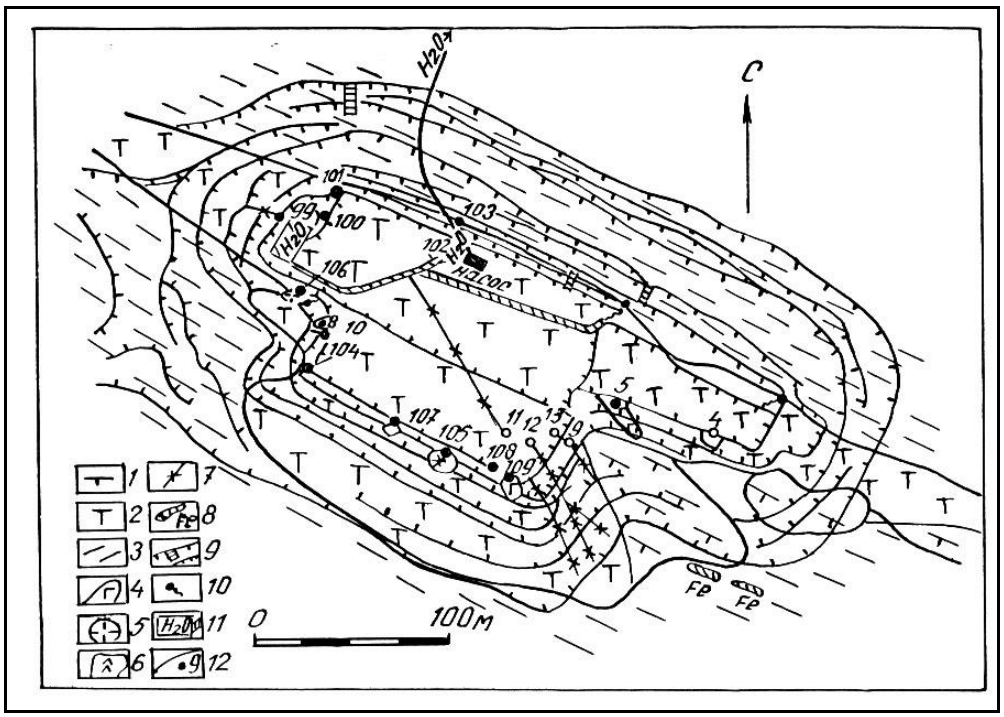


Рис. 18. Геологический план карьера «Старая линза»:
1 – серпентиниты; 2 – тальк-карбонатные породы; 3 – филлитовидные сланцы; 4 – габброиды; 5 – плагиограниты; 6 – лиственит; 7 – хлоритолиты по дайкам основного состава; 8 – железистые кварциты; 9 – контуры бортов карьера и лестницы; 10 – выходы трещинных вод; 11 – дренажные канавы; 12 – точки наблюдений

Наибольшую площадь вскрытых бортов карьера «Старая линза» (см. рис. 18) занимают тальк-карбонатные породы светло-серого цвета, массивной или сланцевой текстуры. На 40-50 % порода состоит из талька и на 50-60 % из карбоната, представленного магнезит-брейнеритовой разновидностью. Из рудных минералов чаще всего встречается гематит, очень редко встречаются кристаллики магнетита и хромита. Эта порода и являлась объектом добычных работ.

В юго-восточной части юго-западной стенки карьера хорошо «отпрепарированы» две дайки основного состава, секущие массив в субмеридиональном направлении. На дневной поверхности дайки выходов скорей всего не имели и вскрываются только карьером. Габброиды имеют мелкозернистую структуру, массивную текстуру. Окраска темная, серовато-зеленая. Породы метаморфизованные и состоит из вторичного амфибола, полевого шпата, карбоната и эпидота.

В западном борту карьера вскрыто тектоническое нарушение, которое сопровождается мощными излияниями трещинных вод.

Поднявшись на поверхность, на борту карьера можно осмотреть систему лебедочного хозяйства.

При спуске в карьер следует обратить внимание на технику безопасности работы в карьерах. Крутые борта карьера обусловлены крутым падением рудного тела, углы падения в сланцах также составляют 70-90 градусов. По вскрытым тектоническим трещинам и разломам в карьере наблюдается дренирование подземных вод. Следует обратить внимание на то, что спуск по лестнице может осуществляться только небольшими партиями (не более 5 человек на одном прогоне).

Необходимо также обратить внимание студентов на осыпи и оползни на стенках карьера обусловленные просачивающимися подземными водами. Накапливаемые на дне карьера воды поднимаются трубами на дневную поверхность. Вся территория в плане обвалована по бортам карьера для предотвращения прорыва поверхностных вод, а также прохода к обрывистым бортам скота.

Т.Н. 4. Продолжая маршрут, по дороге, выходим на северный борт карьера «Новая линза» (рис. 19), вскрывающим крупное тело тальк-магнезитовых пород. Перед нами разворачивается панорама карьера, показывающая технологию разработки с применением буровзрывных работ, экскавации с последующей вывозкой горной массы железнодорожными составами по узкоколейке на обогатительную фабрику.

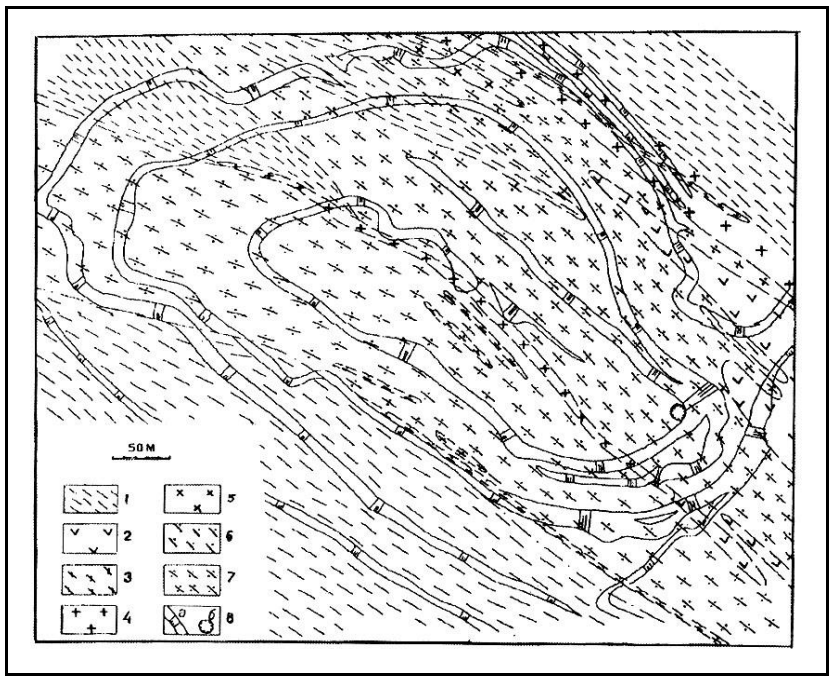


Рис. 19. Геологический план карьера «Новая линза»:
1 – сланцы; 2 – серпентиниты; 3 – амфиболиты; 4 – плагиограниты; 5 – диориты; 6 – хлоритовые метасоматиты; 7 – тальк-карбонатные породы; 8 – карьер: а - борта, б - водосборный зумф

Геологическое строение «Новой линзы» во многом схоже с таковым «Старой линзы». Отличие состоит в том, что здесь развиты дайки только среднего и кислого состава.

Т.Н.5. В западной части пос. Шабровский расположен отработанный мраморный карьер, а вблизи дороги на Б.Седельниково недавно заложен новый мраморный карьер. Он вскрывает полосу мрамора мощностью 80-90 м вдоль гранитоидов шабровской интрузии. Падение полосчатого мрамора на северо-восток под углом 70 °. Мрамор мелкозернистый, светло-серого цвета с оттенками от светло-голубого до темно-синего. Текстура неотчетливо полосчатая. Полируемость породы хорошая. В верхних горизонтах широко проявлены процессы карста. Пустоты в настоящее время заполнены глинами и бурыми железняками. На борту старого мраморного карьера расположен цех по обработке крупноблочных глыб мрамора, змеевика, гранитов и других облицовочных пород. Здесь можно ознакомиться с технологией обработки камня.

3.4. Шиловское месторождение

Шиловское месторождение более известно как меднорудное на восточной окраине пос. Медный (авт. № 185). Оно открыто в 1703 г. крестьянином И. Шиловым «со товарищами». Собственно Шиловское месторождение (рис. 21) расположено на краю поселка Медный, представлено карьером (35х15х10 м) и группой небольших горных выработок. В карьере обнажаются тела скарнов (в торцевой части карьера) на контакте габбро,

габбро-диоритов (забой слева) с мраморизованными известняками (правая часть карьера). Золотосодержащая медная минерализация наблюдается в маломощных зонах бортов карьера.

К северо-востоку от карьера на расстоянии нескольких сот метров по простиранию рудных скарнов размещаются еще несколько заросших карьеров со штольнями в их бортах и около десятка обрушенных шахт. Поэтому при движении по лесу необходимо соблюдать осторожность.

Шиловское месторождение локализуется в юго-восточном экзоконтакте Верхисетского массива гранитоидов. В этом экзоконтакте развиты сравнительно небольшие интрузии среднего-основного (от диоритов до габбро) состава. На контакте одного из них (Решетинского) с известняками сформировались скарны Шиловского месторождения. На контакте диоритов (реже габбро) с известняками развиты гранатовые, гранат-пироксеновые, гранат-эпидотовые скарны с магнетитом и наложенной медно-сульфидной минерализацией (Мурзин, Сазонов, 1990; Сазонов и др., 1994).

Месторождение локализовано в тектонической структуре с простиранием на северо-восток. Скарновые тела встречаются на всем протяжении этого разлома. Однако они вскрывались преимущественно шахтным способом. На современном этапе крепление шахт прогнило и поэтому горные выработки представляют большую опасность для посетителей.

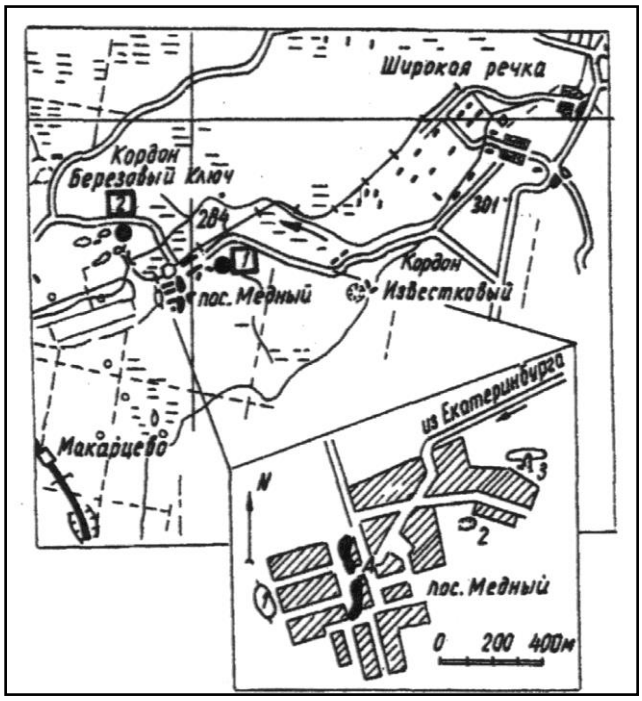


Рис. 20. Географическая схема Шиловской экскурсии:
1 — Шиловское медно-скарное месторождение;
2 — Пушкинское золоторудное месторождение.
На врезке: 1, 2 - обнажения доступные для осмотра;
3 – карьер Шиловского месторождения

Медно-магнетитовые руды отработаны практически полностью. Медно-судьфидная минерализация фиксируется в тектонических нарушениях северо-западной ориентировки, локализуясь как в скарнах, так и в пропилитизированных габбро.

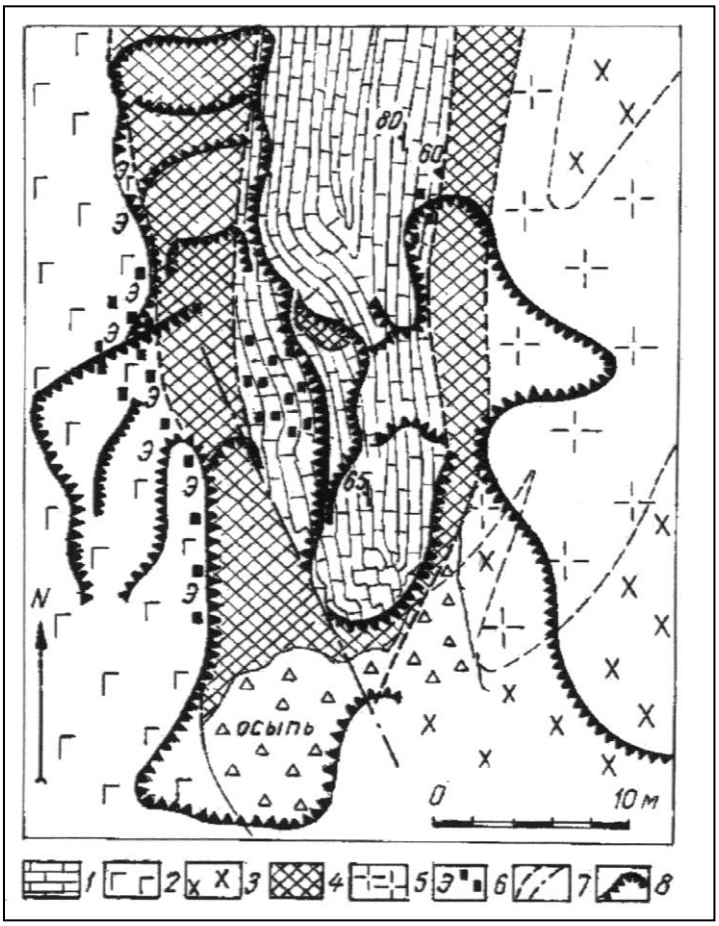


Рис. 22. Геологическая карта Шиловского месторождения:
1 – мраморизованные известняки, участками с сульфидами (черные квадраты);
2 – меланократовые габбро;
3 – диориты;
4 – скарны (гранатовые, гранат-пироксеновые, гранат-эпидотовые с магнетитом и сульфидами);
5 – грано-диориты (иногда дайки аплитов) с участками развития кварц-серицитовых метасоматитов;
6 – места развития эпидотизации (э) и сульфидизации (черные квадраты);
7 – контакты пород и разрывные нарушения; 8 – границы карьера

В скарнах выделяются участки перекристаллизованных эпидозитов, сложенные зеленым эпидотом и кальцитом.

Характерной для месторождения является повышенная (участками до промышленной) золотоносность руд. На окраине поселка можно видеть затопленные выработки на месте старательской отработки небольших золоторудных россыпей. Бассейн р. Шиловки, вдоль русла которой сейчас размещается крупный торфяник, является золотоносным.

Здесь, в окрестностях пос. Медный расположено одно из наиболее крупных на Урале месторождений торфа. Размер торфяника здесь достигает 20 квадратных километров, мощность достигает 6-9 метров. Торф древесно-осоковый, в кусках коричневого цвета, с остатками древесины и коры, главным образом березы, реже ольхи и ивы. Осоковыми формами сложена большая часть залежей торфяников, которые залегают непосредственно на магматических породах. Заторфовывание водоемов – одна из природных угроз для человека, она приводит к постепенному сокращению водоемов и последующему их исчезновению. Начало такого процесса несколько различается для озер с пологими и крутыми берегами. При зарастании болот с пологими берегами зарастание дна происходит в строгом порядке и зависит от глубины. На глубоких местах (2,0-2,5 м) поселяются водные лилии, на глубинах 1,0-1,5 м растут камыш и тростник, а прибрежных зонах – осоки. После отмирания этих растений на дне водоема отлагаются их остатки – стебли, корневища, листья. При этом лишь часть этих остатков разлагается, другая остается в полуразрушенном состоянии. Такое накопление растительных остатков со временем приводит к обмелению водоема. В дальнейшем более молодые растения вынуждены сдвигать свои ареалы обитания на большую глубину, отдаляясь от берега. В конце концов, все озеро высыхает, покрываясь осокой.

Несколько иной способ зарастания озер отмечается в случае наличия крутых берегов. При глубине прибрежных зон более 2,0 метров развитием пользуются растения, способные держаться на поверхности воды. Они прикрепляются ко дну у береговой линии и распространяют свои стебли далеко от берега. Переплетаясь между собой, стебли таких растений образуют прочную сеть, на которой могут развиваться другие растения-сателлиты. Питательной средой таких растений являются: растворенные в воде соли, мелкая пыль, попадающая в воду из атмосферы. Разрастание таких колоний растений приводит, в конечном счете, к полному покрытию всей водной поверхности озер. В процессе отмирания растительности происходит естественное обмеление водоемов и последующее их исчезновение. Однако при обмелении озера до приемлемых глубин в нем могут поселяться упомянутые выше растения, характерные для мелководных водоемов которые ускоряют процессы его исчезновения.

В связи с интенсивным проведением дренажных работ ранее заболоченные участки торфяников стали сухими. В летнее время, особенно в засушливую погоду, над торфяниками носится пыль, что является чрезвычайно

опасным в случае возгорания торфа. При такой большой мощности отложений торфа тушение сильно затруднено из-за возможности подземных пожаров. В настоящее время разработка торфа на участке Медном временно прекращена, за несколько лет площадь покрылась подлеском, который в определенной степени спасает торфяник от случайных пожаров. Торфяники поселка Медный являются главным объектом наблюдения студентов групп ЗЧС.

В данном районе, наряду с заторфовыванием озер, можно наблюдать процессы заболачивания лесов и лугов. Здесь, наряду с природными процессами, определенную роль играют техногенные процессы, связанные, прежде всего, со строительством плотин, запруд и других гидротехнических сооружений. Заболачивание связывается с созданием условий избыточной увлажненности участков, когда полезная для человека луговая или лесная растительность меняется на болотную. При этом из обращения изымается часть полезных земель

Кроме упомянутых выше процессов заболачивания культурных угодий и заторфовывания водоемов, значительную опасность на данном участке представляют собой древние шахты и глубокие шурфы, крепления которых давно прогнили. Студентам запрещается подходить близко к этим горным выработкам и заглядывать в них во избежание осыпей и провалов, что имело место в прошлом. Студентам следует напомнить некоторые правила поведения в таких участках. Все опасные участки развития старых горных выработок должны быть ограждены, а также иметь предупредительные знаки.

Кроме того, на участке Шиловского месторождения студентам следует напоминать правила противопожарной безопасности в связи с широким развитием здесь легковоспламеняющихся торфяников.

3.5. Березовское рудное поле

Березовское рудное поле расположено в 12км на северо-восток от г. Екатеринбурга. Оно является крупнейшим на Урале собственно золоторудным объектом. Ввод его в эксплуатацию (1748 г.) определил начало золотой промышленности региона, да и Российского государства в целом. Практически до конца 50-х гг. XX столетия Березовское рудное поле было крупнейшим по запасам золота в бывшем СССР. Месторождение на сегодня отрабатывается на горизонте до 520 м. Структурным бурением установлено, что в центральной и южной частях месторождения оруденение прослеживается до глубины 1 - 1,2 км.

Березовское рудное поле широко известно в мире. Оно рассматривается как классический золоторудный объект кварц-жильного типа во всех курсах полезных ископаемых практически во всем мире. Березовское месторождение представлено крупной серией даек гранитоид-порфиров, имеющих преимущественно субмеридиональное и северо-восточное, реже субширотное простирание. Большая часть даек имеет крутое (до вертикального) падение. Дайки по большей части березитизированы, вмещают «лестничные» кварцевые жилы, ориентированные по нормали к зальбандам даек. Кроме лестничных, на

месторождении развиты красичные кварцевые жилы. Последние представляют собой разновиднсти жил, вышедших из даек во вмещающие породы или же не имеющие связи с дайками иформирующиеся по тектонически ослабленным зонам (разломам), ориентированным, как правило, широтно или субширотно.

Вулканиты и вулканогенно-осадочные толщи в пределах Березовского рудного поля имеют моноклинальное залегание, полого падают на север и подразделяются на две толщи: нижнюю – чередование базальтовых лав, туфобрекчий, туффитов, кремнистых осадков, и верхнюю – диабазы. Общая мощность толщ превышает 1,2 км.

Описание маршрута

Начало маршрута — южный фланг Березовского рудного поля.

Т.Н.1. На остановке общественного транспорта «Каменные Палатки» в скальном обнажении с этим же названием можно наблюдать типичные шарташские адамеллиты, а также разноориентированные трещины, характерные для Шарташского массива в целом, горизонтальные и пологопадающие, волнисто изогнутые трещины обусловливают матрацевидную отдельность, отчетливо подчеркнутую процессами выветривания.

На примере фигур «Каменных палаток» наблюдают результаты физического выветривания в гранитах, а также продукты эоловой деятельности: ***дефляции и коррозии***. Подобные изменения потенциально можно ожидать на техногенных объектах.

Т.Н.2. Далее маршрут проходит через Шарташский щебеночный карьер. Борта карьера представлены средне-крупнозернистыми адамеллитами. Величина зерен биотита в них составляет 0,1 – 3 мм, а количество не превышает 5 – 10 % от общей массы.

Т.Н.3. Карьер расположен в северо-восточном эндоконтакте Шарташского массива адамеллитов. Здесь можно наблюдать адамеллиты, а также даечный комплекс, гранит-пегматиты и кварцевые жилы. Шарташский каменный карьер эксплуатируется как щебеночный — запасы составляют 33,6 млн. $м^3$.В бортах, а также в донной части карьера можно наблюдать дайки гранит-порфиров, лампрофиров, аплитов, пегматитов, кварцевых с калишпатом жил.

Шарташский и Изоплитовый карьеры в настоящее время разрабатываются частными предпринимателями. Значительно проще посещение «Сибирского» карьера, вскрывающего южную часть Шарташского массива. Карьер расположен вблизи Сибирского тракта (остановка автобусов № 31, 1 - «Путевка»).



Рис. 22. Сибирский карьер по добыче облицовочных блоков гранитоидов

Сибирский разрабатывает монументальные блоки для облицовки или каменных архитектурных изделий, особенно на ранних стадиях разработки.

Отбор блоков гранитоидов осуществляется газо-плазменной резкой и клиновым отслоением через серию шпуров. Данную технологию можно видеть в северном забое карьера. Здесь же можно наблюдать самую мощную (около 1 м) дайку лампрофиров, выполняющую субмеридиональную трещину скалывания. Более мелкие дайки широко развиты в южном борту карьера (рис. 24). В бортах карьера картируются многочисленные дайки кислого состава: аплиты, гранит-порфиры, пегматиты.



Рис. 23. Дайка лампрофира (справа) и пересечение двух пегматитовых прожилков (слева) в гранитоидах Сибирского карьера

Во всех карьерах, пройденных в гранитоидах, следует обратить внимание студентов на крутые борта карьеров, что возможно только в крепких, устойчивых породах. На этих же объектах следует обратить внимание на систему водоотлива, которая защищает карьеры от затопления. Продолжаем маршрут в г. Березовском.

Т.Н. 5. Расположена на северной окраине г. Березовский в районе хвостохранилища. Здесь на правом берегу р. Пышмы высятся отходы от обогащения золотосодержащих руд. Отходы представлены тонко- и мелкозернистым кварцевым материалом. На хвостохранилище хорошо наблюдаются процессы ветровой и дождевой эрозии. В ветреную погоду поднимается кварцевая пыль, которая может вызвать у человека болезнь, известную под названием силикоз.

В данном маршруте в окрестностях г. Березовского для студентов специальности ЗЧС следует особое внимание обратить на провалы, которые расположены над шахтными полями. Здесь категорически нельзя вести строительство жилых зданий и сооружений. Обратить внимание на возможностях защиты таких территорий от потенциальной угрозы провалов.

3.6. Гора Хрустальная

На Среднем Урале в южной эндоконтактовой части Верх-Исетского гранитоидного массива расположен ряд крупных месторождений стекловидного и молочно-белого кварца.

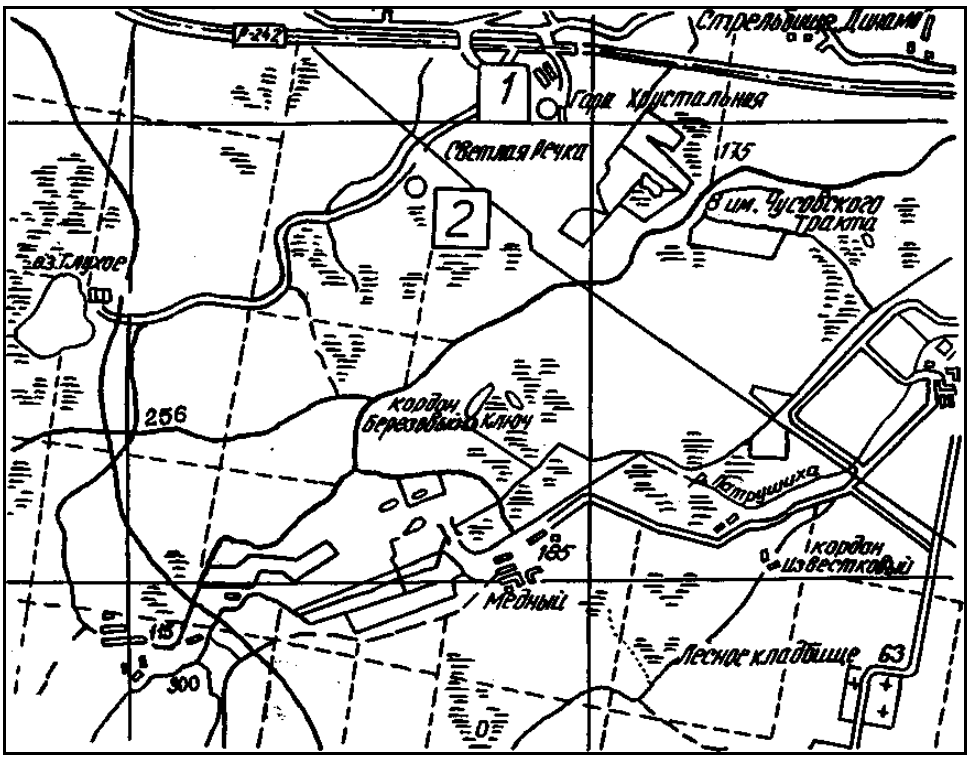


Рис. 24. Географическая схема размещения месторождений кварцевого сырья

Наиболее значительными и разведанными из них являются гора Хрустальная (1) и Светлореченское (2).

Кварц является наиболее распространенным минералом в природе, на описываемых месторождениях содержит большое количество минеральных и газово-жидких включений, довольно сильно «загрязнен» химически. В основном используется для варки различных специальных стекол, в качестве шихты для выращивания искусственных кристаллов кварца, в качестве заполнителя фильтров водоочистки, для футеровки различных агрегатов, в строительстве и для других нужд. При желании и дополнительных затратах всегда можно выбрать участки кварца, пригодные и для более ответственных назначений, но обычно это пока экономически нецелесообразно.

Понятие «молочно-белый кварц» сложилось исторически и не несет генетической или минералогической информации, в какой-то мере определяя лишь его замутненность газово-жидкими включениями.

Район месторождений характеризуется напряженной структурно-тектонической обстановкой. Восточная часть южного замыкания Верх-Исетского гранитоидного массива разбита многочисленными различно ориентированными тектоническими нарушениями преимущественно субмеридионального простирания. В эндоконтактовой зоне главного тела Верх-Исетского гранитоидного массива почти повсеместно развиты гранитоиды повышенной основности – диориты, кварцевые диориты, залегающие среди биотит-амфиболовых гнейсов. Возраст гранитоидов установлен как позднепалеозойский, т. к. они прорывают все породы района. Это подтверждается и определением абсолютного возраста (260-340 млн. лет).

Месторождение горы Хрустальной представляет собой (Оболкин, 1981) крупное тело, вытянутое на 370-380 м в СВ (330-340 °) направлении. Форма его каплевидная в плане и неправильная в разрезе (рис. 26).

На глубину месторождение имеет тупое выклинивание с пологим падением (погружением) ЮЗ контакта к СВ под углом 8-10 °. Падение восточного контакта жильного тела крутое (75-90 °) к востоку, западный контакт до гор. 310-270 м падает к западу. Длина тела по вертикали непостоянная и колеблется от 90 м в его западной части до 190 м восточной. Ширина тела достигает 140 м.

Восточный контакт тела четкий крутопадающий (75-90 °) и контролируется тектоническим нарушением, западный контакт имеет более сложную конфигурацию, обусловленную заполнением пегматоидным и кварцевым материалом крупноглыбовой зоны брекчирования в диоритах.

Породы западного блока представлены сильно метаморфизованными диоритами. В них встречается тонкая и редкая вкрапленность пирита и халькопирита, а темноцветный минерал превращен в агрегат мелкочешуичатого биотита.

В породах восточного блока наблюдаются метасоматические образования, состоящие из биотита (флогопита), хлорита и тальковых сланцев, образованных по серпентинитам.

В жильном кварце месторождения выявлено и исследовано 22 минерала, являющихся вредными примесями: сера самородная, пирит, рутил, брусит, псиломелан, гематит, гидрогетит, апатит, графит, опал, магнетит, серицит, флогопит, альмандин, эпидот, мусковит, биотит, хлорит, актинолит, микроклин, калишпат, кальцит.

По степени минерализации кварц месторождения разделяется на две природные разновидности: мономинеральный или слабоминерализованный (до 8 %) и сильноминерализованный (более 8 %). По данным минералогических анализов (60 проб), содержание твердых минералогических примесей в первом типе кварце в среднем составляет 1,1 %, а во втором – 16,1 %.



Рис.25. Панорама Светлореченского месторождения кварца.
Кварцевая жила светлого оттенка

Другой характерной особенностью жильного кварца месторождения горы Хрустальной является его разлистованность. Впервые это подробно описано Г. Н. Вертушковым в начале 40-х годов и объяснено разлистованием кварца по плоскостям срастания полисинтетических бразильских двойников.

Кварц месторождения горы Хрустальной содержит значительное количество газово-жидких включений. Большинство из них располагаются в системах трещин и являются вторичными.

Светлореченское месторождение жильного кварца расположено в юго-восточной части Верх-Исетского антиклинория. Данные разведочных работ показывают, что месторождение имеет зональное строение. Внешняя зона представлена пегматоидной породой, иногда с выделением в них кристаллов мусковита и калиевого шпата, размером от 1 до 5 см и измененными окварцованными диоритами, представляющими собой эруптивную брекчию, внутренняя – сложена массивным кварцем (кварцевое ядро).

Кварцевое ядро представляет собой крупное тело, простирающееся в северо-западном (330 °) направлении на 300 м.

Выклинивание жильного тела по простиранию в северо-западной и юго-восточной частях. А восточный и западный контакты падают в разные стороны (рис. 26). На глубину тело имеет тупое выклинивание с пологим юго-восточным падением (погружением) под углом 5-10 °. Форма тела линзовидная в плане и приближающаяся к трапециевидной в разрезе.

Восточный и западный контакт тела четкий и контролируется тектоническими нарушениями. Кварцевое тело рассечено системами трещин, в основном северо-западного и северо-восточного простирания с углами падения 30-70 °. Трещины обычно ожелезнены. В кварцевом ядре, особенно в нижнем эндоконтакте, достаточно много ксенолитов вмещающих пород, представленных диоритами и мусковитизированными гранитами. Размеры их достигают 7,5х30 м. Длинные оси ориентированы по простиранию тела параллельно его нижнему контакту.

Кварцевое ядро сложено кварцем светло-серого, серого, белого или дымчато-серого цвета с участками прозрачного или полупрозрачного кварца. Структура кварца среднезернистая, местами крупнозернистая до гигантозернистой. Текстура массивная, реже сланцеватая. Последняя, обусловлена разлистованием кварца по плоскостям срастания полисинтетических бразильских двойников.

Длина тела по вертикали не постоянна и колеблется от 120 м в его центральной части, постепенно уменьшаясь, до 20 м в направлении северного выклинивания и до 80 м в направлении южного выклинивания. Ширина тела достигает 140 м.

В кварце месторождения выявлены и исследованы 17 минералов, являющихся вредными примесями: группа полевых шпатов (в основном микроклин), кальцит, мусковит, биотит, альмандин, хлорит, эпидот, лимонит, гематит, пирит, актинолит, молибденит, пиролюзит, графит, турмалин, рутил, сфен. Наиболее распространены микроклин, мусковит, биотит, эпидот, лимонит, актинолит, кальцит.

Кварц Светлореченского месторождения содержит значительное количество газово-жидких включений. Большинство из них располагаются в системах трещин и являются вторичными. Гораздо реже встречаются первичные включения, которые в основном сгруппированы по зонам роста

индивидов. Их цепочки косо ориентированы по плоскостям трещин с вторичными включениями.

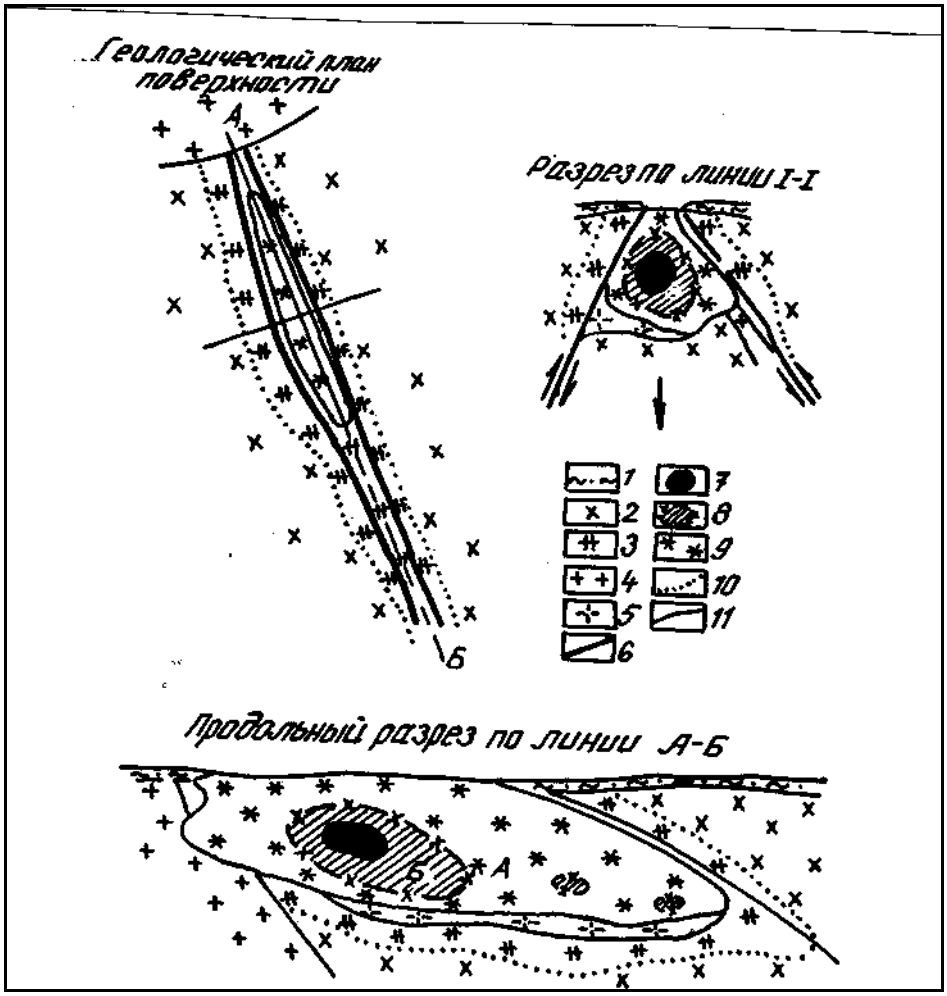


Рис. 26. Геологическое строение Светлореченского месторождения

Условные обозначения:

1 - рыхлые отложения; 2 - диориты; 3 - диориты окварцованные, полевошпатизированные, мусковитизированные, аплитовой структуры; 4 -граниты биотитовые; 5 - пегматиты; 6 - тектонические нарушения; 7-9 - зоны распространения кварца с различным коэффициентом светопропускания, 10 - граница изменения диоритов; 11 - геологические границы.

Характерной особенностью локализации крупных месторождений жильного кварца является их приуроченность к большим тектоническим нарушениям (месторождение горы Хрустальной) или тектоническим нарушениям, оперяющим под острым углом более мощную тектоническую зону (Светлореченское месторождение).

Формирование кварцевых тел происходило путем многократного раскрытия и заполнения трещин, образующихся при перемещении и расхождении блоков вмещающих пород и кристаллизации кварца в трещинных полостях в тектонически ослабленных зонах. Полученные результаты показывают несомненную связь крупных кварцевых месторождений с

тектоническими нарушениями южного обрамления Верх-Исетского гранитоидного массива.

Наиболее важными объектами наблюдения на участке с позиций специальности «Защита в чрезвычайных ситуациях» являются процессы формирования коры выветривания по породам различной устойчивости. Кварцевое тело в силу большой прочности образует в рельефе гребневидное тело, в то время как рыхлые продукты выветривания по измененным диоритам создают понижения в рельефе. Следует отметить, как меняется уровень обводненности карьера в зависимости от работы откачных насосов. С месторождениями кварца следует знакомить также как с объектами народнохозяйственного значения. Кварц данных месторождений потенциально может стать объектом получения особо чистого сырья – ценного продукта современных технологий. На промплощадке следует знакомить студентов с технологиями получения кварцевой продукции.

3.7. Билимбаевское месторождение

Участок расположен в 3,5 км южнее от г. Билимбай Свердловской области. От железнодорожной станции Билимбай карьер расположен в 7 км на восток. Добыча известняка ведется здесь, главным образом в Галкинском карьере, который в плане имеет изометричную форму, высота его бортов составляет около 20 метров.

Участок исследований расположен в Улсовско-Билимбаевской складчато-блоковой зоне, разделяющей два антиклинория: Уфалейский и Вишерско-Чусовской, которые, в свою очередь, входят в пределы Центрально-Уральского поднятия.

Галкинский карьер вскрывает известняки Билимбаевской свиты ордовикской системы. В разрезе свиты, кроме упомянутых известняков встречаются также: слабо метаморфизованные породы (филлиты), алевролиты, эффузивные образования. В известняках встречается фауна ордовикского возраста – остатки морских лилий, головоногих моллюсков. В известняках отмечаются находки остатков флоры в виде битуминозных примесей. Известняки в карьере сильно трещиноваты, преобладают разрывы с юго-восточными и юго-западными падениями. Углы падения пологие – 23-37 градусов. Мощность мезозойских пород, слагающих породы вскрыши составляет 4-5 метров, однако на отдельных участках она возрастает до 30-40 метров.

Известняки состоят преимущественно из кальцита – $CaCO_3$. Изредка встречается примесь доломита. Содержание двух минералов в породе составляет более 99,0 %, поэтому они представляют высококачественное флюсовое сырье для металлургической промышленности. Окраска известняков светлая, светло-серая, примеси железа местами придают породе рыжую окраску.

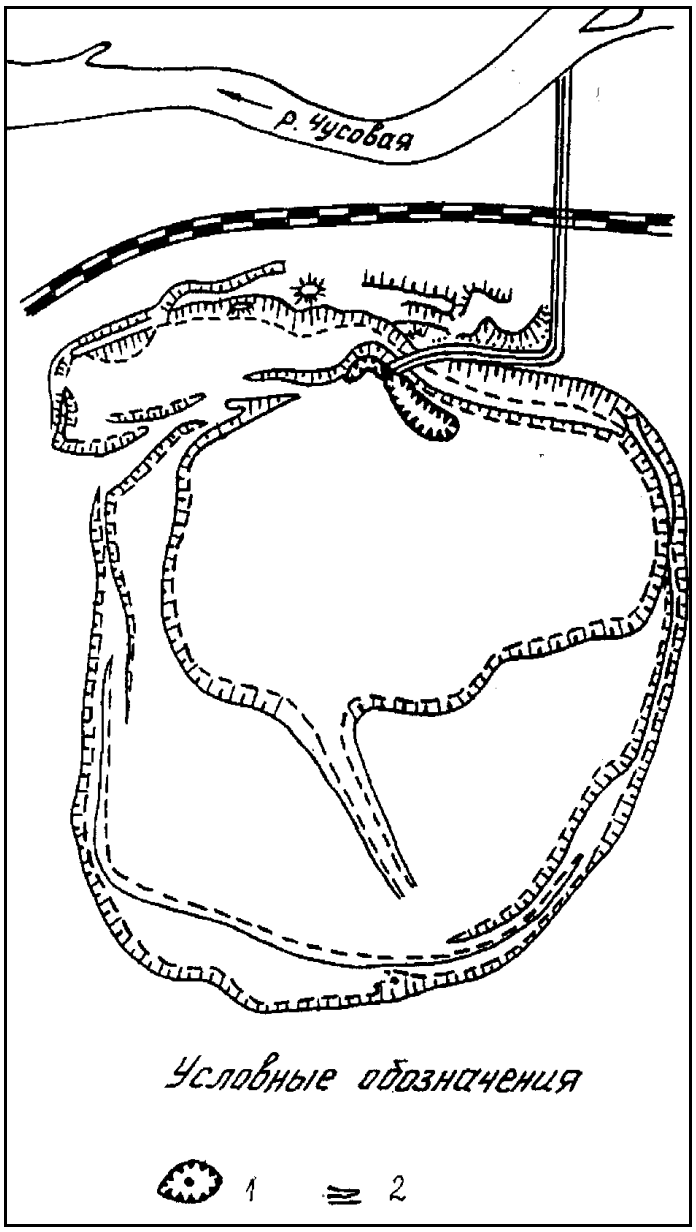


Рис. 27. План Галкинского карьера
Условные обозначения: 1 – зумпф карьера, 2 – водоотлив

Состав пород в карьере, а также обильные водопритоки создают на этом участке условия для карстовых процессов, которые здесь наблюдаются в изобилии. Следует, однако, отметить, что на поверхности пород чаще отмечаются суффозионные процессы, связанные с вымыванием (выносом) механических частиц фильтрующейся водой, что сопровождается оседанием пород с образованием провалов и воронок. Такая суффозия называется механической, при химическом растворении ее называют химической и в этом случае растворимая часть породы выносится в виде раствора.

Внимание студентов обращается на многочисленных следах начальных процессов суффозии, проявленных в геоморфологи. Делается акцент на различиях карстовой и суффозионной деятельности в различных по литологии породах.



Рис. 28. Вид северо-восточного борта Галкинского карьера

Закарстованность района Галкинского карьера составляет на поверхности около 25 %, с глубиной она уменьшается и к глубине 100 м практически не фиксируется. Под закарстованностью принимают соотношение закарстованных площадей участка к его общей, суммарной, площади. Снижение общей закарстованности с глубиной обусловлено несколькими причинами. Главная из них – снижение количества трещин и их объема по мере увеличения глубины, что, в свою очередь, снижает объем циркулирующей воды, а также скорость ее движения. Заполнителями карстовых полостей являются глины и суглинки, а также щебень и песок. Форма пустот клиновидная со сужением вниз.

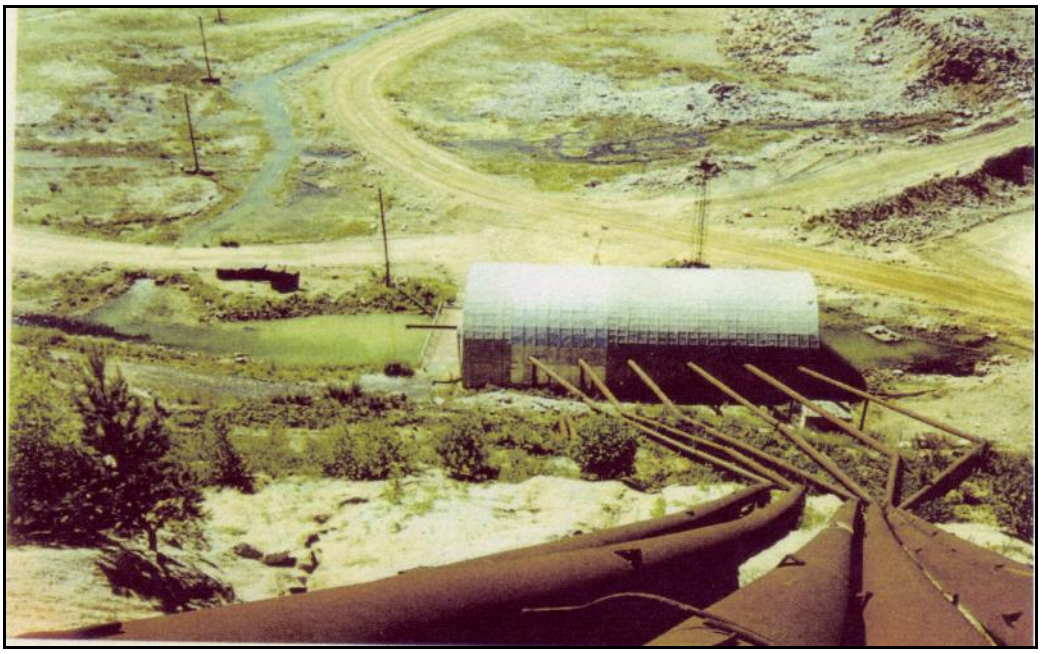


Рис 29. Система осушения Галкинского карьера: водосборные канавы, зумпф, модуль с насосами и водопроводные трубы

Водопроницаемость известняков близка нулю, поэтому обводненность карьера имеет трещинный характер. Общий водоприток в карьере составляет около 1500 $м^3$/час, однако, в настоящее время ежегодно он постепенно возрастает, в связи с изменением технологии процесса добычи и привлечения водных ресурсов из р. Чусовой. Плотность известняков составляет 2,70 $г/см^3$, временное сопротивление одноосному сжатию перпендикулярно слоистости – 130,0 МПа, а параллельно слоистости – до 55,0 МПа.

Известняки светло-серого цвета, часто массивной текстуры, скрытокристаллической структуры. Иногда отмечается мелкокристаллическая структура, которая фиксирует локальные участки слабого метаморфизма пород. В таких случаях в прослоях терригенных пород отмечаются переходы к филлитовидным разностям. В зонах наименее метаморфизованных пород можно встретить фауну ордовикского возраста. Элементы залегания известняков определяются с трудом. Такая возможность представляется благодаря наличию прослоев терригенных пород: алевролитов, алевропесчаников, реже – вулканитов.

Осушение карьера производится методом поверхностного дренажа, который включает в себя дренажные канавы и зумпф, куда вода стекается самотеком. Накопленная таким образом вода затем поднимается насосами вверх и сбрасывается в Чусовую. Перепад уровней воды в зумпфе карьера и реке Чусовой составляет 28 м.

В окрестностях Галкинского карьера, в поле развития известняков наблюдаются многочисленные воронки – небольшие карстовые провалы, фиксирующие начало карстообразования (рис. 31). Размер воронок различный, иногда не превышающий 1 метра. Как показывают результаты наблюдений, образование наблюдаемых воронок «молодого» карста началось сравнительно недавно и, по всей вероятности, увязывается с началом работ карьера. В данном маршруте студенты знакомятся с процессами суффозии и карста, производят локальное картирование воронок и описывают их. Для закрепления навыков работы с горным компасом здесь, в карьере, проводится массовый замер трещин с последующим построением розы-диаграммы трещиноватости.

На участке студенты знакомятся также с системой водоотлива, осушения месторождения. Характерной особенностью этого района являются многочисленные оползни, на которых можно наблюдать «пьяный лес». В самом карьере студенты знакомятся с характером выветривания известняков и других пород. При этом продукты всех этих процессов рекомендуется тщательно документировать, некоторые элементы – фотографировать и делать зарисовки.



Рис. 31. Свежая суффозионная воронка на левобережной пойменной террасе р. Чусовой, в 50 м от русла

3.8. Суффозионные процессы вдоль линий метро

Маршрут проходит непосредственно в пределах городской черты, сначала вдоль ул. 8-е Марта, где наблюдаются многочисленные разрушения домов, которые обтянуты стальными конструкциями. Начало маршрута на перекрестке улиц 8-е Марта и Декабристов. Наибольшему разрушению здесь подвергся старый дом с магазином «Гастроном», который стоит на ветке строящегося метро между станциями «Геологическая» и «Бажовская».

При движении к центру города студенты наблюдают здание сравнительно недавно построенного цирка, которое несет следы многочисленных реконструкций, призванных укрепить постройку. Причины деформаций в здании цирка могут объясняться двумя причинами. С одной стороны, строение стоит в непосредственной близости от сложной развязки двух веток метро, а, с другой – цирк, расположенный на контакте с активно живущим разломом, который расположен по руслу реки Исеть.

Инженерные меры защиты предприняты к старому зданию на перекрестке улиц 8-е Марта – Куйбышева. Как и в других местах, здесь здание «обвязано» стальным каркасом для предотвращения его дальнейшего развала.

Далее студенты наблюдают суффозионные процессы на западном берегу городского пруда. Каменная ограда пруда в нижней части в значительной степени разрушена. На улице Набережная рабочей молодежи видны следы

нового асфальта, закрывающего трещины, появившиеся в результате формирования оползневых процессов вдоль западного берега городского пруда.

Далее маршрут проходит между станциями метро «Уральская» и «Динамо». Вследствие процессов осушения, понижения уровня подземных вод, вдоль линии метро развиваются суффозионные процессы, которые приводят к многочисленным деформациям зданий и сооружений. Водопонижение осуществляется здесь с 1993 года с помощью 5 скважин диаметром 890 мм и насосами. Снижение уровня грунтовых вод привело к развитию суффозионных процессов, которые осуществляются путем механического выноса частиц фильтрующейся водой. Через некоторое время этот процесс привел к образованию пустот и полостей, что, в свою очередь, привело к проседанию зданий и сооружений и их видимых деформаций. Для спасения домов применены инженерные меры защиты, многочисленные стяжки.

Опасные явления природного и техногенного характера можно наблюдать в самом центре города, в районе городской «плотинки». На западном берегу городского пруда, на уровне поверхности воды наблюдаются процессы подмыва берега, что грозит обвалом чугунной ограды. Особенно хорошо заметны эти процессы зимой, когда наблюдения можно вести в непосредственной близости со льда. В 150 метрах от «плотинки» на север, в районе городского драмтеатра берег пруда укреплен бетонным сооружением.

В основании городской «плотинки» расположены две арки, одна из них недавно укреплена бетоном, в ней сделан переход. Другая арка, расположенная со стороны площади 1905 года, находится в аварийном состоянии. Только благодаря арочной конструкции потолки в ней не обрушиваются.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Паняк С.Г. Динамическая геология. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 280 с.

Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Григорьев В.В., Паняк С.Г., Дубейковский С.Г. Учебная геологическая практика. Изд-во УГГГА, Екатеринбург, 1995. 223 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. Геологические маршруты по Екатеринбуржью. Изд-во УГГГА, Екатеринбург, 1997. 227 с.

Стефан Григорьевич Паняк
Татьяна Сергеевна Бобина

УЧЕБНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие

для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело» (ГД)

Корректура кафедры геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60x84 1/16. Печать на ризографе.
Печ. л. 6.0. Уч.- изд. л. 5.8. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе _____В.В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.В.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Беляева Е.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2024	Протокол № 1 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - 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 лекций, 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 (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям 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 «*Технологии интеллектуального труда*» 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 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 «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

Тема 3. Дистанционные образовательные технологии

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения
Саморегуляция

Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

Тема 8. Организация научно-исследовательской работы

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

Тема 9. Тайм-менеджмент

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

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;

• 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, 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 серьёзный, 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 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.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.

37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.

81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.

125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

Бланк для ответов

ФИ_____
Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№		S
1	1			23	67		
	2				68		
	3				69		
2	4			24	70		
	5				71		
	6				72		
3	7			25	73		
	8				74		
	9				75		
4	10			26	76		
	11				77		
	12				78		
5	13			27	79		
	14				80		
	15				81		
6	16			28	82		
	17				83		
	18				84		
7	19			29	85		
	20				86		
	21				87		
8	22			30	88		
	23				89		
	24				90		
9	25			31	91		
	26				92		
	27				93		

10	28			32	94	
	29				95	
	30				96	
11	31			33	97	
	32				98	
	33				99	
12	34			34	100	
	35				101	
	36				102	
13	37			35	103	
	38				104	
	39				105	
14	40			36	106	
	41				107	
	42				108	
15	43			37	109	
	44				ПО	
	45				111	
16	46			38	112	
	47				113	
	48				114	
17	49			39	115	
	50				116	
	51				117	
18	52			40	118	
	53				119	
	54				120	
19	55			41	121	
	56				122	
	57				123	
20	58			42	124	
	59				125	
	60				126	

21	61			43	127	
	62				128	
	63				129	
22	64			44	130	
	65				131	
	66				132	

Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.	23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.	24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.	25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки.	26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помо-	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		щи.			
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям.	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.		37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.		38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.		39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.		40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.		41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.		42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) регуляции усилий	Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия.		43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.		44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

Задание: На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

Методические указания

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» 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 «*Технологии интеллектуального труда*».

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
И. о. проректора по учебно-методической работе _____В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Автор: Полянок О.В., к.пс.н.

Одобрена на заседании кафедры

Управления персоналом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Беляева Е.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 06.09.2024
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-механического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 18.10.2024
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……..…..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...…….…14

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА……...….36

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..…..45

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - 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 лекций, 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 (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» 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 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

Тема 3. Эффективное общение

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации

Конфликт
Барьер речи

Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации

Самопрезенгация
Публичное выступление

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;

• 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, 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 серьёзный, 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 –наиболеесложный 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 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.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

Методические указания:

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети

Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejoumal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (http://t witter.com) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты).**

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта.** Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

- 1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
- 2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service —

служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами.** В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу http://download.ru.msn.com/ wl/messenger, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео- чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными.** Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохос- тинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (http://mtube.ru). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.rn), ВКонтакте (http://vk.com) и др., также можно использовать для размещения видеофотоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса http://disk. yandex.ru/download. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы,** выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).



Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку.**

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (http://www.lc-bitrix.ru/products/

intranet/) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.

2. Мегаплан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.

3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.

4. BaseCamp (http://basecamp.com) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегаплан,** который относится к **модели SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегаплан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;

- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того,

можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выоказывания по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегаплане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегаплан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа.** Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники,** добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить.** Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.



Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники,** выберите блок **Структура,** а в нем ссылку **Добавить отдел.** Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные.** После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники, Подчиненные.** Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы,** попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать имеющиеся документы, которые Мегаплан будет сортировать по типам: текстовые

документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.

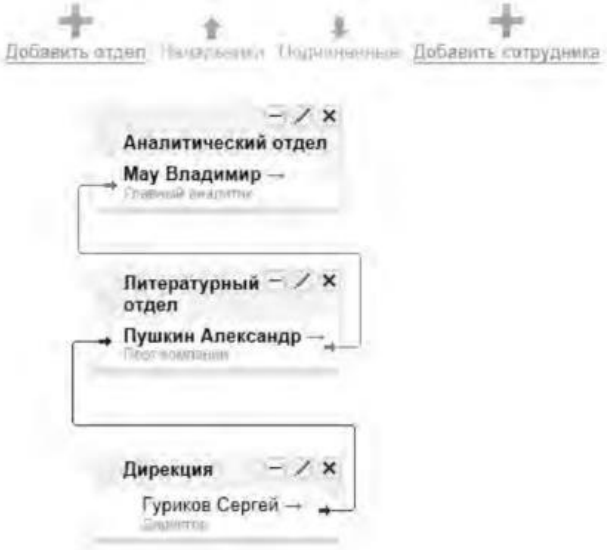


Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

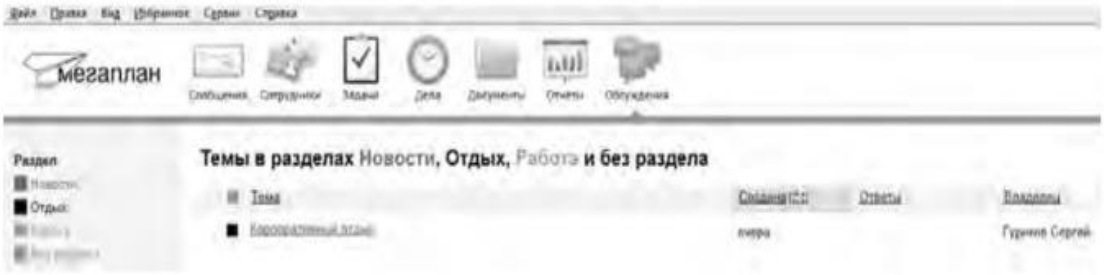


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить.** Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения),** совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайновая ролевая игра) — разновидность онлайновых ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

Задания:

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегаплан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

Методические указания

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

Форум — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические. В** рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спама** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выражавшим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.
2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).
3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.
4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.
5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.
6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.
7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.
8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.
9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум.** Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb,** который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

- 1. Выбрать графический стиль форума.
- 2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
- 3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.



Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора,** расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).



Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количестве пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email,** вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E- mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок **(Сдвинуть вверх, Сдвинуть вниз). Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума.** Находясь на вкладке **Общие настройки,** перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы.** Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.

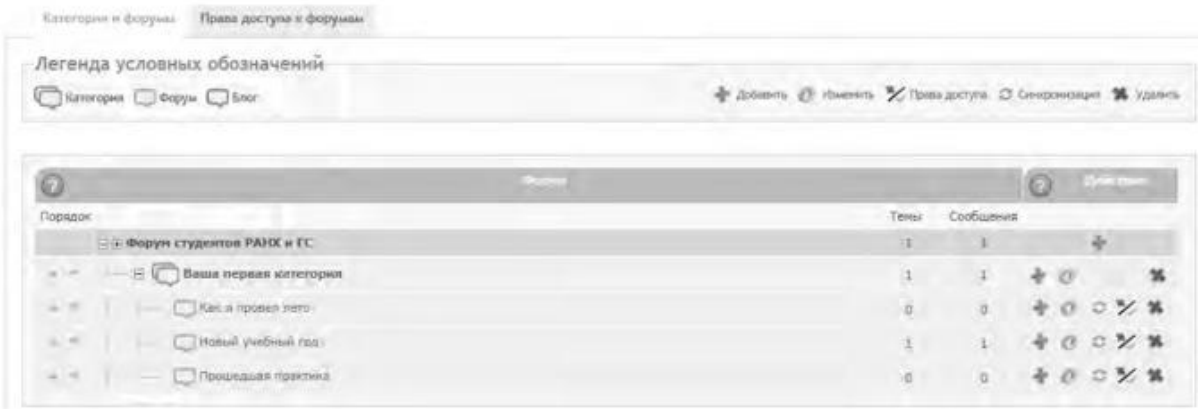


Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление,** поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули.** Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал.** Появится информация о том, что портал не инсталлирован. Нажмите ссылку — инсталлировать. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.



Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала.** Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (http://modeus.krf.ane.ru/index.php), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии.** Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

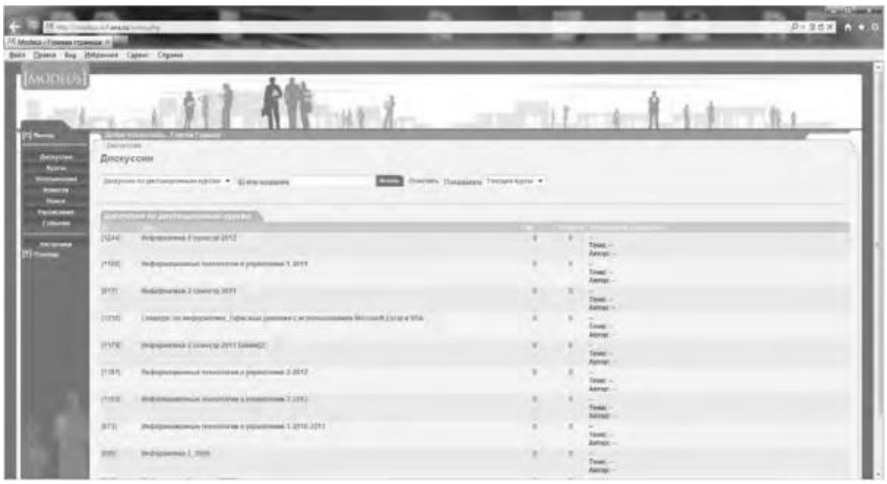


Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.



Рис. 10 Создание новой темы



Рис. 11. Создана тема для дискуссии

Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения.** Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитарии (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ПС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий,** находящуюся справа от поля **Тип.** Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить.** Подобная ситуация представлена на рис. 11.

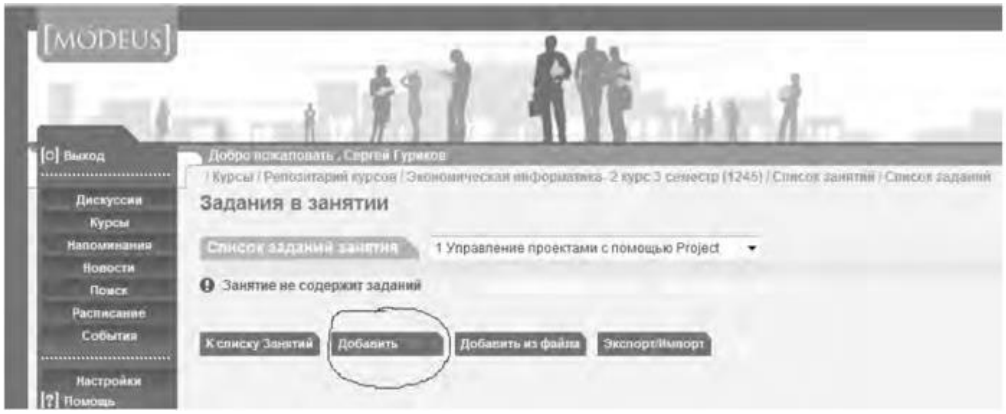


Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

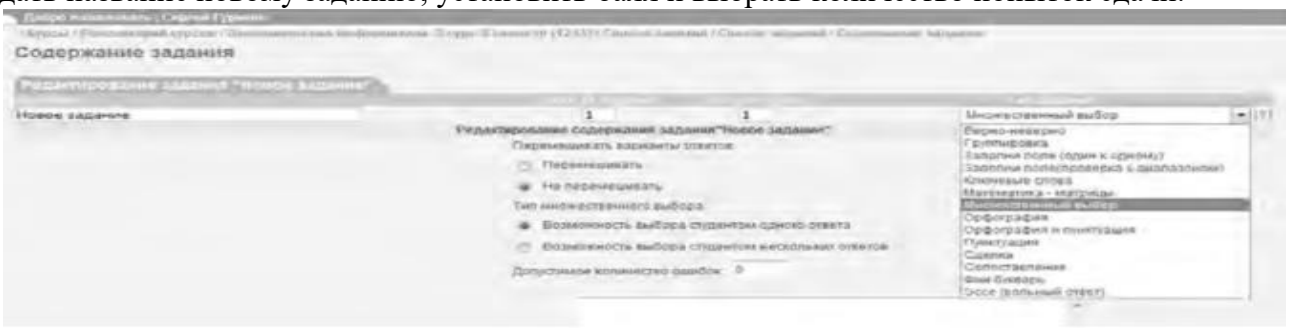


Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModEUS.

Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип). Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать,** если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать,** если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа,** если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов,** если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку I обзор... I и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку



- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложенияукажите путь к нему в поле **Добавить приложение,** нажав на кнопку 

и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку 

для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку 

, чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

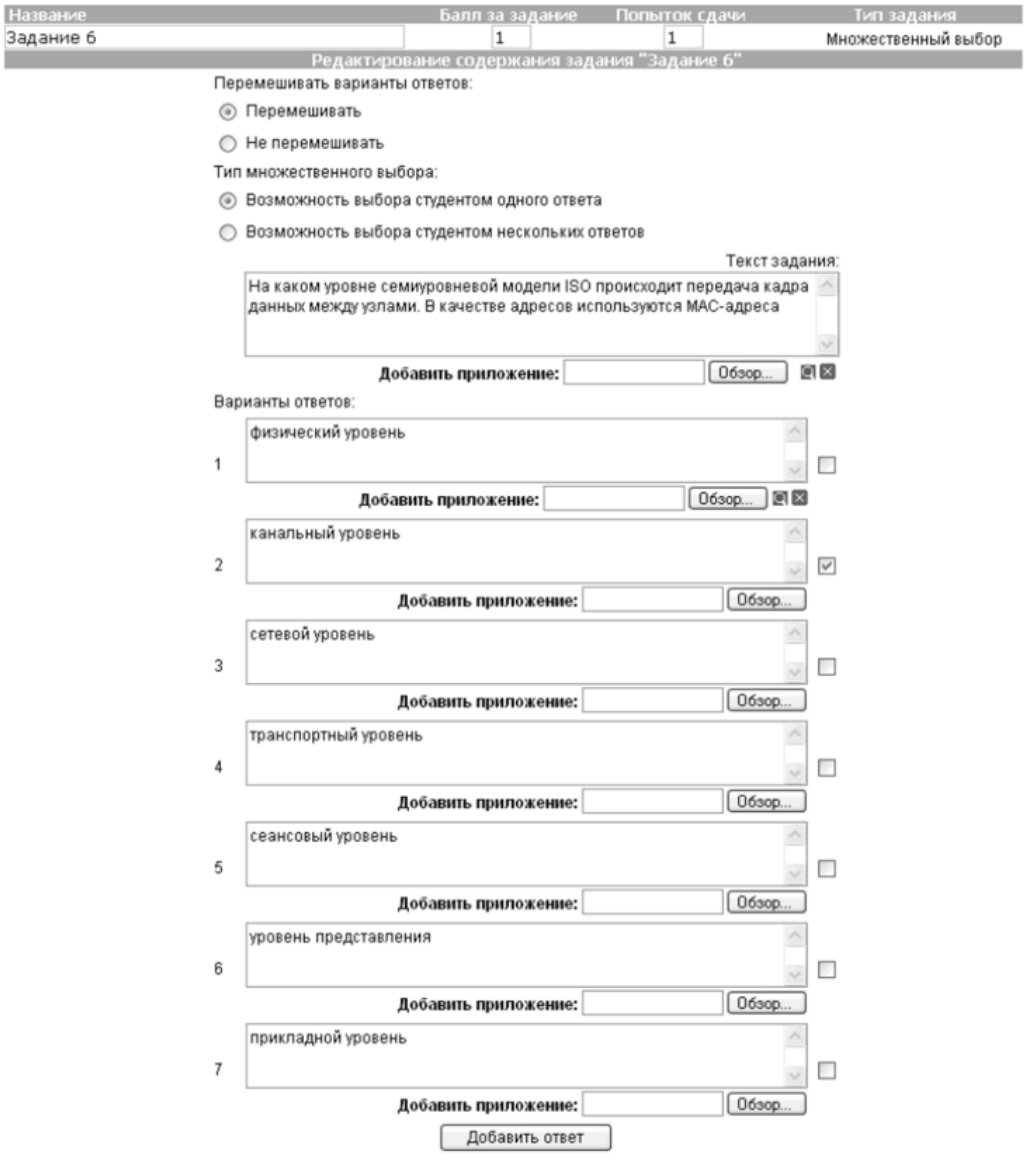


Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип). Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку Обзор..., находящуюся под полем **Текст задания,** и укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
- - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;

- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для добавления вопроса нажмите на кнопку Добавить вопрос;

- нажмите на кнопку Зафиксировать для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку Сохранить и добавить новое, чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

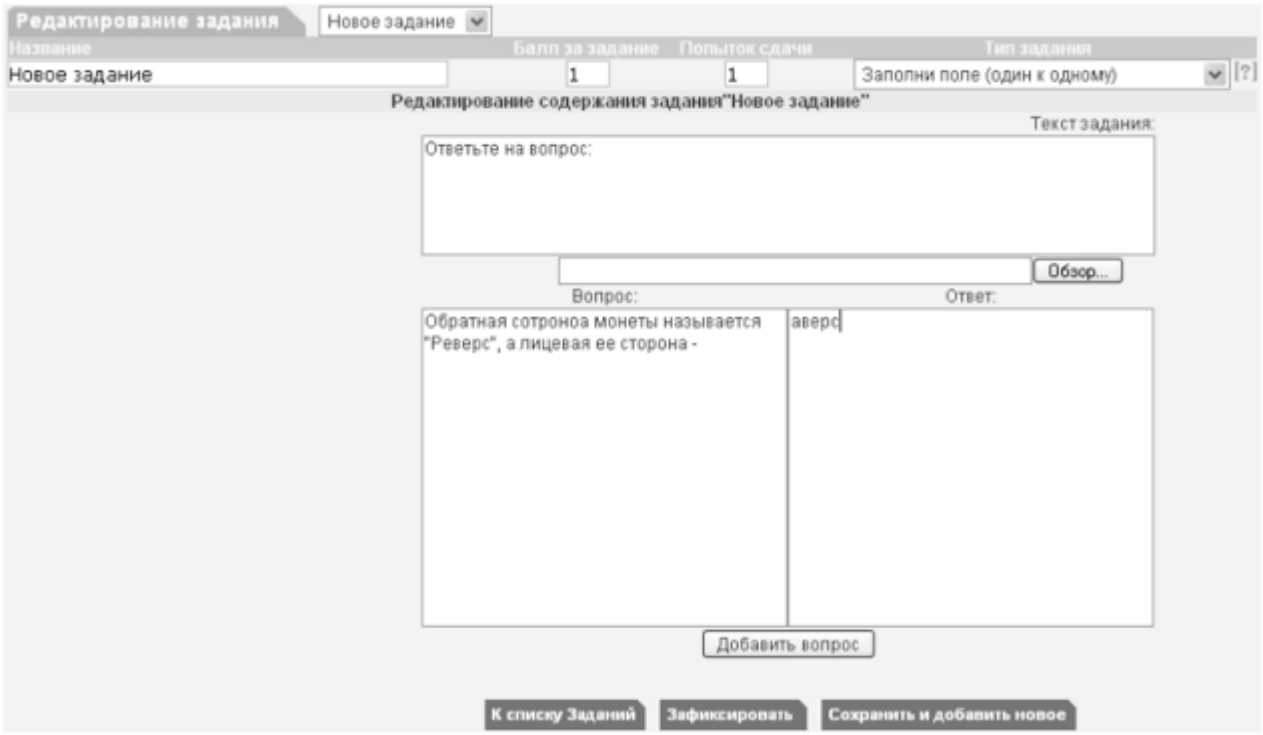


Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности:

Верно - неверно. Данный тип задания предоставляет возможность обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

Группировка. В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

Заполни поле (проверка с диапазоном). Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

Сопоставление. Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

Эссе. Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста.** Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

Настройка видео web-сессий

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. **Видеоконференция** — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (http://virtualroom.ru/), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (http://trueconf.ru/) и др.

2. Видеотелефония — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (http://www.Skype, com/intl/ru/get-skype), Mail.ru Агент (http://agent.mail.ru) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск,** выбрать **Компьютер,** щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства.** Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств,** а в нем пункт **Устройства обработки изображений.** Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее инсталляцию,

воспользовавшись web-адресом http://arcsoft-webcam- companion.en.softonic.com. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion.** Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).



Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват,** а в нем пункт меню **Параметры web-камеры.** Откроется окно, представленное на рис. 17.

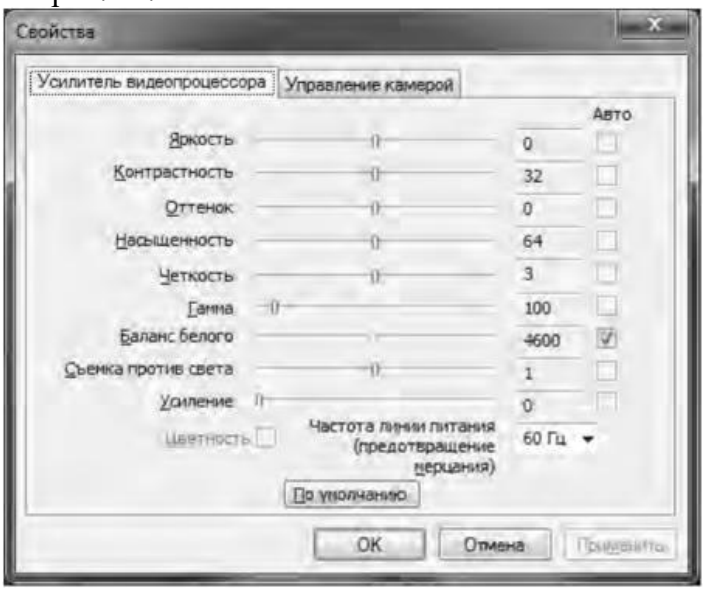


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию.**

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (https://money.yandex.ru/).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет http://www.skype.com/intl/ru/get-skype. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype. В** окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype,** то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт.** Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео.** Появится окно, представленное на рис. 18.

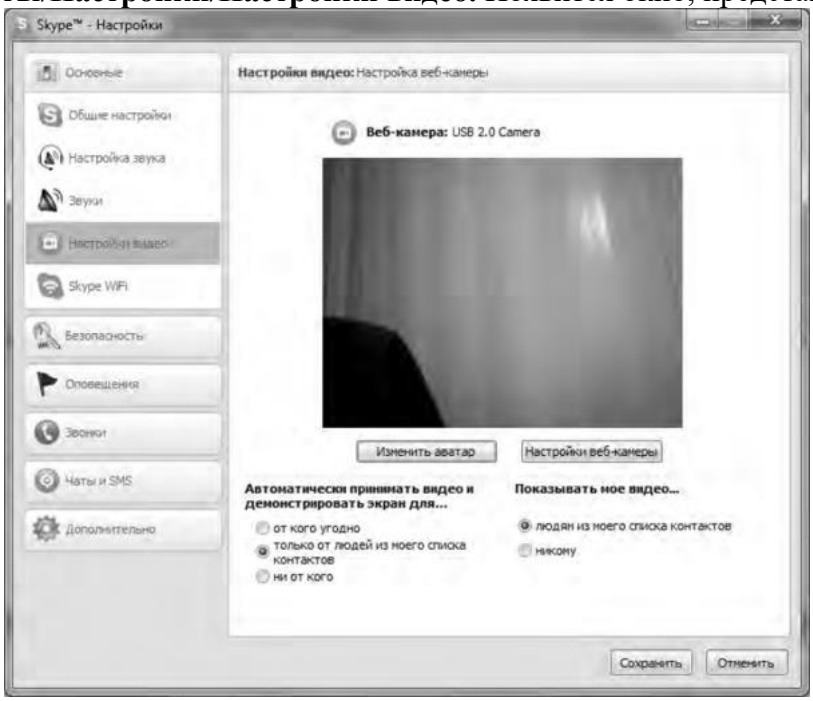


Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука.** Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона.** Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка** звука, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в** Skype. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок.**

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.



Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О** Skype.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

Задания:

а)Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б)Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

2. Проведите диагностику стиля делового общения.

Инструкция. С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание па то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.

9. Я против откладываний и проволочек.
10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.

57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.
58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

Обработка результатов.

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас.
Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

Ключ

Стиль 1: 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.
Стиль 2: 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.
Стиль 3: 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.
Стиль 4: 4, 5, 12, J6, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

Интерпретация результатов

Стиль 1 — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

Стиль 2 — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

Стиль 3 ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

Стиль 4 — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения

б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять

библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Основная часть

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением.

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Иохин В. Я. Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы магистранту:

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискутивно-полемической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*».

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
И. о. проректора по учебно-методической работе
_____ В. В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.В.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Беляева Е.А.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2024	Протокол № 1 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические указания по подготовке к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	14
	Заключение	17
	Список использованных источников	18

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитияисследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации [1] . Формально можновыделить следующиеэтапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся 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.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой 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 избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения 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[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (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. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

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. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать,

подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебно-методической работе _____В.В. Зубов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.В.04 ОСНОВЫ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Инженерия современных материалов в горном машиностроении

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Стороженко Л.А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 11.09.2024	Протокол № 2 от 18.10.2024
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ……....5

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ДИСЦИПЛИНЫ ……..…5

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОПРОСУ……...9

4. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ……...10

5. ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ…….....28

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ……31

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - 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 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 специалиста 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 лекций, 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.

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 «*Основы военной подготовки*» 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 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 «*Основы военной подготовки*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практических заданий);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В современных условиях подготовка граждан Российской Федерации к военной службе является приоритетным направлением государственной политики. Важнейшими вопросами образования на всех уровнях является воспитание любви к Родине, чувства патриотизма, готовности к защите Отечества.

Образовательная дисциплина «Основы военной подготовки» (далее – дисциплина) реализуется исходя из базовых принципов и направлений военной подготовки, дисциплина состоит из основных разделов военной подготовки, тем военно-политической и правовой подготовки.

Основной целью освоения дисциплины является получение знаний, умений и навыков, необходимых для становления обучающихся образовательных организаций высшего образования (далее – вуз) в качестве граждан способных и готовых к выполнению воинского долга и обязанности по защите своей Родины в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Задачами дисциплины «Основы военной подготовки» являются:

1) формирование у обучающихся понимания главных положений военной доктрины Российской Федерации, а также основ военного строительства и структуры Вооруженных Сил Российской Федерации (далее - ВС РФ);

2) формирование у обучающихся высокого общественного сознания и воинского долга;

3) воспитание дисциплинированности, высоких морально-психологических качеств личности гражданина – патриота;

4) освоение базовых знаний и формирование ключевых навыков военного дела;

5) раскрытие специфики деятельности различных категорий военнослужащих ВС РФ;

6) ознакомление с нормативными документами в области обеспечения обороны государства и прохождения военной службы;

7) формирование строевой подтянутости, уважительного отношения к воинским ритуалам и традициям, военной форме одежды;

8) изучение и принятие правил воинской вежливости;

9) овладение знаниями уставных норм и правил поведения военнослужащих.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации

Тема 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации, их основные требования и содержание.

Структура, требования и основное содержание общевоинских уставов. Права военнослужащих. Общие обязанности военнослужащих. Воинские звания. Единоначалие. Начальники и подчиненные. Старшие и младшие. Приказ и приказание. Порядок отдачи и выполнение приказа. Воинская вежливость и воинская дисциплина военнослужащих.

Тема 2. Внутренний порядок и суточный наряд.

Размещение военнослужащих. Распределение времени и внутренний порядок. Суточный наряд роты, его предназначение, состав.

Дневальный, дежурный по роте. Развод суточного наряда.

Тема 3. Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы.

Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы.

Обязанности разводящего, часового.

Раздел 2. Строевая подготовка

Тема 4. Строевые приемы и движение без оружия.

Строй и его элементы. Виды строя. Сигналы для управления строем. Команды и порядок их подачи. Обязанности командиров, военнослужащих перед построением и в строю. Строевой расчет. Строевая стойка. Выполнение команд: «Становись», «Равняйсь», «Смирно», «Вольно», «Заправиться». Повороты на месте. Строевой шаг. Движение строевым шагом. Движение строевым шагом в составе подразделения. Повороты в движении. Движение в составе взвода. Управление подразделением в движении.

Раздел 3. Огневая подготовка из стрелкового оружия

Тема 5. Основы, приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия.

Требования безопасности при обращении со стрелковым оружием.

Требования безопасности при проведении занятий по огневой подготовке.

Приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия.

Тема 6. Назначение, боевые свойства, материальная часть и применение стрелкового оружия, ручных противотанковых гранатометов и ручных гранат.

Назначение, состав, боевые свойства и порядок сборки разборки АК-74 и РПК-74.

Назначение, состав, боевые свойства и порядок сборки разборки пистолета ПМ.

Назначение, состав, боевые свойства РПГ-7.

Назначение, боевые свойства и материальная часть ручных гранат.

Сборка разборка пистолета ПМ и подготовка его к боевому применению.

Сборка разборка АК-74, РПК-74 и подготовка их к боевому применению.

Снаряжение магазинов и подготовка ручных гранат к боевому применению.

Тема 7. Выполнение упражнений учебных стрельб из стрелкового оружия.
Требования безопасности при организации и проведении стрельб из стрелкового оружия. Порядок выполнения упражнения учебных стрельб. Меры безопасности при проведении стрельб и проверка усвоения знаний и мер безопасности при обращении со стрелковым оружием. Выполнение норматива №1 курса стрельб из стрелкового оружия.

Раздел 4. Основы тактики общевойсковых подразделений

Тема 8. Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи.
Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ. Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи. Назначение, структура мотострелковых и танковых подразделений сухопутных войск, их задачи в бою. Боевое предназначение входящих в них подразделений.
Тактико-технические характеристики основных образцов вооружения и техники ВС РФ.

Тема 9. Основы общевойскового боя.
Сущность современного общевойскового боя, его характеристики и виды. Способы ведения современного общевойскового боя и средства вооруженной борьбы.

Тема 10. Основы инженерного обеспечения.
Цели и основные задачи инженерного обеспечения частей и подразделений. Назначение, классификация инженерных боеприпасов, инженерных заграждений и их характеристики.
Полевые фортификационные сооружения: окоп, траншея, ход сообщения, укрытия, убежища.

Тема 11. Организация воинских частей и подразделений, вооружение, боевая техника вероятного противника.
Организация, вооружение, боевая техника подразделений мпб и тб армии США.
Организация, вооружение, боевая техника подразделений мпб и тб армии Германии.

Раздел 5. Радиационная, химическая и биологическая защита

Тема 12. Ядерное, химическое, биологическое, зажигательное оружие.
Ядерное оружие. Средства их применения. Поражающие факторы ядерного взрыва и их воздействие на организм человека, вооружение, технику и фортификационные сооружения.
Химическое оружие. Отравляющие вещества (ОВ), их назначение, классификация и воздействие на организм человека. Боевые состояния, средства применения, признаки применения ОВ, их стойкость на местности.
Биологическое оружие. Основные виды и поражающее действие.
Средства применения, внешние признаки применения.

Зажигательное оружие. Поражающие действия зажигательного оружия на личный состав, вооружение и военную технику, средства и способы защиты от него.

Тема 13. Радиационная, химическая и биологическая защита.

Цель, задачи и мероприятия РХБ защиты.

Мероприятия специальной обработки:

дегазация, дезактивация, дезинфекция, санитарная обработка.

Цели и порядок проведения частичной и полной специальной обработки.

Технические средства и приборы радиационной, химической и биологической защиты. Средства индивидуальной защиты и порядок их использования.

Подгонка и техническая проверка средств индивидуальной защиты.

Раздел 6. Военная топография

Тема 14. Местность как элемент боевой обстановки.

Измерения и ориентирование на местности без карты, движение по азимутам.

Местность как элемент боевой обстановки.

Способы ориентирования на местности без карты.

Способы измерения расстояний. Движение по азимутам.

Тема 15. Топографические карты и их чтение, подготовка к работе.

Определение координат объектов и целеуказания по карте.

Геометрическая сущность, классификация и назначение топографических карт.

Определение географических и прямоугольных координат объектов по карте.

Целеуказание по карте.

Раздел 7. Основы медицинского обеспечения

Тема 16. Медицинское обеспечение войск (сил), первая медицинская помощь при ранениях, травмах и особых случаях.

Медицинское обеспечение – как вид всестороннего обеспечения войск.

Обязанности и оснащение должностных лиц медицинской службы тактического звена в бою. Общие правила оказания самопомощи и взаимопомощи.

Первая помощь при ранениях и травмах.

Первая помощь при поражении отравляющими веществами, бактериологическими средствами. Содержание мероприятия доврачебной помощи.

Раздел 8. Военно-политическая подготовка

Тема 17. Россия в современном мире. Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны.

Новые тенденции и особенности развития современных международных отношений.

Место и роль России в многополярном мире.

Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития Российской Федерации.
Цели, задачи, направления и формы военно-политической работы в подразделении, требования руководящих документов.

Раздел 9. Правовая подготовка

Тема 18. Военная доктрина Российской Федерации. Законодательство Российской Федерации о прохождении военной службы.
Основные положения Военной доктрины Российской Федерации.
Правовая основа воинской обязанности и военной службы.
Понятие военной службы, ее виды и их характеристики.
Обязанности граждан по воинскому учету.

3. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОПРОСУ

Раздел 3. Огневая подготовка из стрелкового оружия

1. Каковы виды стрелкового оружия
2. Какие бывают боеприпасы
3. Марки ручных гранат.

Раздел 4. Основы тактики общевойсковых подразделений

1. Из чего состоит организационно-штатная структура общевойсковых подразделений
2. Перечислите Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ
3. Каковы основные факторы, определяющие характер, организацию и способы ведения современного общевойскового боя
4. Перечислите основные инженерно-технических мероприятия.
5. Какие знаете защитные сооружения.
6. Виды заграждений
7. На чем основывается полевое водоснабжение.
8. Каковы емкости РДВ
9. Назначение ТУФ-200
10. Назначение МТК
11. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии США
12. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии Германии

Раздел 5. Радиационная, химическая и биологическая защита

1. Общие сведения о ядерном оружии
2. Общие сведения о химическом оружии
3. Общие сведения о биологическом оружии
4. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях радиоактивного заражения
5. Каковы правила поведения и меры профилактики при применении отравляющих веществ

6. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях применения бактериальных средств
7. Какие знаете индивидуальные средства РХБ защиты
8. Каковы мероприятия радиационной, химической и биологической защиты?

Раздел 6. Военная топография

1. Каковы тактические свойства местности, их влияние на действия подразделений в боевой обстановке
2. Назначение, номенклатура и условные знаки топографических карт
3. Способы ориентирования на местности по карте и без карты
4. Что такое номенклатура топографических карт
5. Как задается координаты объекта
6. Уточнение координат по "улитке"

Раздел 8. Военно-политическая подготовка

1. Каковы тенденции и особенности развития современных международных отношений, место и роль России в многополярном мире, основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны, основные положения Военной доктрины РФ
2. Правовое положение и порядок прохождения военной службы.

Раздел 9. Правовая подготовка

1. Что значит нормативно-правовой акт
2. Чем определяется порядок прохождения военной службы

4. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Кем утверждаются ОВУ?
- Вариант ответа
Государственной Думой
- Вариант ответа
Правительством РФ
- Вариант ответа
Федеральным собранием РФ
- Вариант ответа
Президентом РФ

2. Кем присваивается первое офицерское звание?
- Вариант ответа
Мин. Обороны РФ
- Вариант ответа
Президентом РФ
- Вариант ответа
Правительством РФ
- Вариант ответа
Командующим ВВО

- Вариант ответа
Командиром в/ч

3. К какому виду ответственности могут быть привлечены офицеры запаса за уклонение от призыва на действительную в/службу?
- Вариант ответа
моральной
- Вариант ответа
нравственной
- Вариант ответа
административной
- Вариант ответа
уголовной
- Вариант ответа
общественной

4. На чем основываются взаимоотношения между военнослужащими?
- Вариант ответа
на дружбе
- Вариант ответа
на чувстве взаимного уважения
- Вариант ответа
на товариществе
- Вариант ответа
на любви
- Вариант ответа
на вере в силу армии РФ

5. Какое минимальное количество часов отдыха разрешено военнослужащим согласно распорядку дня?
- Вариант ответа
не > 10
- Вариант ответа
не < 8
- Вариант ответа
не > 8
- Вариант ответа
не > 6
- Вариант ответа
не < 6

6. Какое минимальное количество унитазов (очек) должно быть в подразделении (роте)?
- Вариант ответа

не < 15 шт
- Вариант ответа
1 на 30 чел
- Вариант ответа
не > 20 шт
- Вариант ответа
1 на 20 чел
- Вариант ответа
1 на 10-12 чел

7. Сколько должно быть умывальников для умывания в подразделении (роте)?
- Вариант ответа
1 на 5-7 чел
- Вариант ответа
не > 10 шт
- Вариант ответа
не < 10 шт
- Вариант ответа
1 на 10 чел
- Вариант ответа
1 на 8-9 чел

8. Сколько форм одежды для проведения утренней физзарядки?
- Вариант ответа
1
- Вариант ответа
2
- Вариант ответа
3
- Вариант ответа
6
- Вариант ответа
5

9. На чем основывается воинская дисциплина?
- Вариант ответа
на чувстве ответственности за порученное дело
- Вариант ответа
на страхе перед командиром
- Вариант ответа
на осознании каждым в/с воинского долга и личной ответственности за защиту своего Отечества, на его беззаветной преданности своему народу
- Вариант ответа
на взаимном уважении военнослужащих

- Вариант ответа
на чувстве преданности Родине

10. Какие поощрения могут применяться к младшим офицерам?
- Вариант ответа
внеочередной отпуск до 10 суток
- Вариант ответа
увольнение
- Вариант ответа
благодарность, награждение грамотой, присвоение внеочередного воинского звания
- Вариант ответа
фотографированием у развернутого б/знамени части
- Вариант ответа
награждение путевкой в санаторий

11. Какие взыскания могут накладываться на мл. офицеров?
- Вариант ответа
до 3 нарядов вне очереди на службу
- Вариант ответа
лишение увольнения
- Вариант ответа
арест с содержанием на г/вахте
- Вариант ответа
отлучение от офицерского собрания
- Вариант ответа
выговор, строгий выговор, снятие с должности, понижение в в/звании

12. Каким взысканием может подвергнуться солдат, проходящий военную службу по призыву, за нарушение воинской дисциплины?
- Вариант ответа
арест с содержанием на г/вахте до 30 сут
- Вариант ответа
арест с содержанием на г/вахте до 20 сут
- Вариант ответа
лишение очередного отпуска на родину
- Вариант ответа
задержка в выплате денежного довольствия
- Вариант ответа
выговор, строгий выговор, лишение очередного увольнения, до 10 суток ареста с содержанием на г/вахте, лишением нагрудного знака отличника, снижением в должности в в/звании на одну ступень, с переводом на низшую должность, до 5 нарядов вне очереди на работу

13. Каким взысканиям может подвергаться КО за нарушения воинской дисциплины?
- Вариант ответа
снятие с должности, выговор, строгий выговор
- Вариант ответа
лишение в/звания «сержант»
- Вариант ответа
лишение очередного отпуска
- Вариант ответа
арест на г/вахту до 5 суток
- Вариант ответа
лишение денежного довольствия

14. Какие поощрения могут применяться к солдату?
- Вариант ответа
до 10 увольнений вне очереди
- Вариант ответа
снятие ранее наложенного взыскания, благодарность, награждение грамотой, ценным подарком, присвоение в/звания «ефрейтор», фотографированием у развернутого б/знамени
- Вариант ответа
до 15 суток кратковременного отпуска
- Вариант ответа
награждение боевым именным орудием
- Вариант ответа
выдача дополнительного продовольственного пайка

15. Обязанности КВ по отношению к подчиненным при их поощрении?
- Вариант ответа
присваивать в/звания «мл. сержант», «сержант», «ст. сержант»
- Вариант ответа
отправлять в отпуск на родину на срок до 10 сут
- Вариант ответа
объявлять благодарность, снятие ранее наложенного взыскания
- Вариант ответа
освобождать с г/вахты
- Вариант ответа
водить в чайную за свое денежное довольствие

16. Права КВ по отношению к подчиненным при применении дисциплинарных взысканий?
- Вариант ответа
арестовывать на срок до 3 суток
- Вариант ответа

лишать отпуска с выездом на Родину
- Вариант ответа
объявлять до 6 нарядов вне очереди
- Вариант ответа
объявлять выговор, стр. выговор, лишать очередного увольнения, объявлять до 4 нарядов вне очереди на работу
- Вариант ответа
лишать выдачи печенья и сахара вместо сигарет некурящим в/служащим

17. Чем вооружается наряд по роте?
- Вариант ответа
АК
- Вариант ответа
РПГ
- Вариант ответа
лопатами
- Вариант ответа
вениками
- Вариант ответа
штык-ножами

18. Основные задачи наряда по КПП
- Вариант ответа
открывать ворота КПП
- Вариант ответа
открывать и закрывать ворота КПП
- Вариант ответа
смотреть на проходящих мимо красивых девушек
- Вариант ответа
осуществлять строгий контрольно-пропускной режим в части
- Вариант ответа
пропускать только в/служащих и членов семей на территорию части

19. Основная задача наряда по роте
- Вариант ответа
никуда не сбегать
- Вариант ответа
мыть полы в спальных помещениях
- Вариант ответа
следить за соблюдением распорядка дня, сохранностью КДХО, имущества роты и личных вещей в/служащих
- Вариант ответа
находиться в роте
- Вариант ответа

убирать грязную посуду за л/с роты в столовой

20. Какие бывают парки в ВС РФ?
- Вариант ответа
зоопарки
- Вариант ответа
развлечений и отдыха
- Вариант ответа
постоянные и полевые
- Вариант ответа
аквапарки
- Вариант ответа
стационарные

21. Кто назначается в наряд по парку?
- Вариант ответа
дежурный и дневальный
- Вариант ответа
дежурный и водитель-механик дежурного тягача
- Вариант ответа
дежурный, дневальные и барабанщик
- Вариант ответа
дежурный, дневальные, механик-водитель дежурного тягача
- Вариант ответа
механик-водитель дежурного тягача и барабанщик

22. Состав суточного наряда при перевозках войск
- Вариант ответа
дежурный по эшелону, помощник, дежурные по вагонам и дневальные
- Вариант ответа
дежурные по вагонам, дневальные, барабанщик, фельдшер
- Вариант ответа
дежурный, горнист, фельдшер
- Вариант ответа
барабанщик и горнист
- Вариант ответа
дневальные

23. Сколько времени должно отводиться распорядком дня подготовки лиц суточного наряда
- Вариант ответа
не менее 3 ч
- Вариант ответа
не более 1 ч

- Вариант ответа
не менее 4 ч
- Вариант ответа
не более 1 ч
- Вариант ответа
не менее 30 мин

24. С какого момента караул переходит в подчинение дежурному по части
- Вариант ответа
после того, как помощник дежурного по части дает команду ”равнение на –…“ и “смирно” и докладывает дежурному по воинской части
- Вариант ответа
при выходе дежурного по части на строевой плац
- Вариант ответа
когда дежурный по части выдает пароль
- Вариант ответа
при докладе о смене караулов
- Вариант ответа
при первом прибытии в караул дежурного по части

25. С чего начинается прием дежурства дежурным по роте
- Вариант ответа
со счета кроватей в подразделении
- Вариант ответа
со счета тумбочек в подразделении
- Вариант ответа
с проверки количества оружия и его качественного состояния
- Вариант ответа
с перекура
- Вариант ответа
с убытием на улицу

26. Кто инструктирует дежурного по парку
- Вариант ответа
командир части
- Вариант ответа
начальник штаба в/ч
- Вариант ответа
начальник штаба батальона
- Вариант ответа
командиром батальона
- Вариант ответа
заместителем командира части по вооружению

27. Что не должен принимать дежурный по парку
- Вариант ответа
объекты, охраняемые внутренним караулом
- Вариант ответа
количество деревьев на территории парка
- Вариант ответа
количество автомобильной техники в/ч
- Вариант ответа
состояние деж. тягача
- Вариант ответа
количество и состояние оттисков печатей на хранилищах с техникой

28. Где должно храниться оружие в подразделении
- Вариант ответа
под кроватями
- Вариант ответа
под подушками
- Вариант ответа
за тумбочками
- Вариант ответа
в каптерке
- Вариант ответа
в комнате для хранения оружия, в пирамидах

29. У кого должны храниться ключи от комнаты для хранения оружия
- Вариант ответа
у дежурного по роте
- Вариант ответа
у командира взвода
- Вариант ответа
у командира батальона
- Вариант ответа
у командира роты
- Вариант ответа
у дежурного по части

30. Кто дает разрешение на вскрытие комнате для хранения оружия
- Вариант ответа
старшина роты
- Вариант ответа
командир взвода
- Вариант ответа
заместитель командира роты по воспитательной работе
- Вариант ответа

командир роты
- Вариант ответа
командир части

31. Чьими печатями должна опечатываться комната для хранения оружия
- Вариант ответа
командира части и командира роты
- Вариант ответа
командира роты и дежурного по роте
- Вариант ответа
дежурного по роте и дежурного по части
- Вариант ответа
старшины роты и командира роты
- Вариант ответа
командира роты и дежурного по части

Тесты по медицинской подготовке:

1. Объем первой медицинской помощи с динамическими (механическими) факторами поражения:
- Вариант ответа
временная остановка кровотечения, искусственное дыхание
- Вариант ответа
временная остановка наружного кровотечения, устранение асфиксии, искусственное дыхание, непрямой массаж сердца, введение обезболивающих средств, наложение асептических повязок, транспортная иммобилизация
- Вариант ответа
простейшие противошоковые мероприятия, временная остановка кровотечения, эвакуация
- Вариант ответа
закрытие ран повязками, иммобилизация конечностей табельными и подручными средствами

2. Методы временной остановки наружного кровотечения на месте поражения:
- Вариант ответа
наложение асептической повязки, пальцевое прижатие кровоточащего сосуда, давящая повязка, наложение жгута
- Вариант ответа
наложение кровоостанавливающего жгута, давящая повязка, тугая тампонада раны, форсированное сгибание конечности с последующей фиксацией, пальцевое прижатие кровоточащего сосуда
- Вариант ответа
давящая повязка, наложение жгута, наложение зажима на кровоточащий сосуд, форсированное сгибание конечности
- Вариант ответа

наложение зажима на кровоточащий сосуд, наложение асептической повязки

3. Объем первой медицинской помощи при проникающем ранении живота:
- Вариант ответа
при эвентрации вправление выпавших органов в брюшную полость, наложение асептической повязки на рану, эвакуация в положении лежа
- Вариант ответа
введение анальгетиков, теплое питье, асептическая повязка, эвакуация на носилках
- Вариант ответа
обезболивание, наложение асептической повязки, вынос из очага на носилках, эвакуация в первую очередь
- Вариант ответа
введение аналептиков, теплое питье, асептическая повязка, эвакуация на носилках

4. Первая медицинская помощь при повреждении таза и тазовых органов:
- Вариант ответа
инъекция спазмолитиков, наложение асептических повязок, щадящая эвакуация на носилках на спине, при подозрении на перелом таза - в положении лягушки
- Вариант ответа
инъекция промедола, наложение асептических повязок на раны, дача противобактериальных препаратов, эвакуация в положении лягушки
- Вариант ответа
инъекция морфина, наложение асептических повязок на раны, при кровотечении прием гомеостатических средств, эвакуация на носилках спиной вниз
- Вариант ответа
инъекция морфина, наложение асептических повязок на раны, при кровотечении прием гомеостатических средств, эвакуация на носилках лежа

5. Максимально допустимая длительность клинической смерти:
- Вариант ответа
1-2 минуты
- Вариант ответа
5-7 минут
- Вариант ответа
3-5 минут
- Вариант ответа
10-15 минут

6. Порядок реанимационных мероприятий одним человеком:
- Вариант ответа
2 вдувания + 30 компрессий
- Вариант ответа

1 вдувание + 5 компрессий
- Вариант ответа
3 вдувания + 10 компрессий
- Вариант ответа
5 вдуваний + 20 компрессий

7. Положение рук реаниматора при проведении непрямого массажа сердца:
- Вариант ответа
лучезапястные и локтевые суставы максимально разогнуты
- Вариант ответа
лучезапястные и локтевые суставы максимально согнуты
- Вариант ответа
локтевые суставы согнуты, лучезапястные – разогнуты
- Вариант ответа
локтевые суставы разогнуты, лучезапястные – согнуты

8. Темп непрямого массажа сердца должен составлять в минуту:
- Вариант ответа
5 сжатий
- Вариант ответа
12 сжатий
- Вариант ответа
20 сжатий
- Вариант ответа
100-110 сжатий

9. Реанимация это:
- Вариант ответа
раздел клинической медицины, изучающий терминальные состояния
- Вариант ответа
отделение многопрофильной больницы
- Вариант ответа
практические действия, направленные на восстановление жизнедеятельности
- Вариант ответа
раздел клинической медицины, изучающий термические состояния

10. Реанимация показана:
- Вариант ответа
в каждом случае смерти больного
- Вариант ответа
только при внезапной смерти молодых больных
- Вариант ответа
при внезапно развившихся терминальных состояниях
- Вариант ответа

только при внезапной смерти детей

11. Максимальная продолжительность клинической смерти в обычных условиях составляет:
- Вариант ответа
10-15 мин
- Вариант ответа
5-6 мин
- Вариант ответа
2-3 мин

12. Необходимыми условиями при проведении искусственной вентиляции легких являются:
- Вариант ответа
применение воздуховода
- Вариант ответа
достаточный объем вдуваемого воздуха
- Вариант ответа
валик под лопатками больного
- Вариант ответа
применение воздуховода

13. Первая медицинская помощь при сдавлении конечностей:
- Вариант ответа
новокаиновая блокада, транспортная иммобилизация, введение обезболивающих, сердечных, антигистаминных и противобактериальных средств, прием внутрь соды, ингаляции кислорода
- Вариант ответа
введение промедола, прием внутрь противобактериального средства, тугое бинтование придавленных конечностей от периферии к центру, охлаждение конечности, транспортная иммобилизация
- Вариант ответа
прием внутрь соды и утоление жажды, инъекция атропина, морфия, кофеина и димедрола
- Вариант ответа
иммобилизация транспортными шинами, быстрая эвакуация
личии у них травм позвоночника транспортируются в положении:
- Вариант ответа
на боку на обычных носилках
- Вариант ответа
на животе на обычных носилках
- Вариант ответа
на боку на щите
- Вариант ответа

на спине на щите

14. Шок – это:
- Вариант ответа
острая сердечная недостаточность
- Вариант ответа
острая сердечно-сосудистая недостаточность
- Вариант ответа
острое нарушение периферического кровообращения
- Вариант ответа
острая легочно-сердечная недостаточность

15. При болевом шоке первой развивается:
- Вариант ответа
торпидная фаза шока
- Вариант ответа
эректильная фаза шока
- Вариант ответа
фаза сопротивления
- Вариант ответа
фаза истощения

16. Первое действие при оказании ПМП при синдроме длительного сдавления:
- Вариант ответа
обезболить, наложить жгут
- Вариант ответа
освободить конечность
- Вариант ответа
наложить асептическую повязку
- Вариант ответа
транспортная иммобилизация

17. При сдавливании конечности в течение 4-7 часов возникает:
- Вариант ответа
легкая степень СДР
- Вариант ответа
тяжелая степень СДР
- Вариант ответа
крайне тяжелая степень СДР
- Вариант ответа
средняя степень СДР

18. Какая повязка накладывается при растяжении голеностопных связок:
- Вариант ответа

черепашья
- Вариант ответа
восьмиобразная
- Вариант ответа
уздечка
- Вариант ответа
Колосовидная

19. Какая повязка накладывается при ранениях волосистой части головы:
- Вариант ответа
Восьмиобразная
- Вариант ответа
Т-образная
- Вариант ответа
"Чепец"
- Вариант ответа
Уздечка

20. Какая повязка накладывается при обширных повреждениях груди:
- Вариант ответа
окклюзионная
- Вариант ответа
спиральная
- Вариант ответа
восьмиобразная
- Вариант ответа
Колосовидная

21. При повреждении плеча показана повязка:
- Вариант ответа
колосовидная
- Вариант ответа
восьмиобразная
- Вариант ответа
черепашья
- Вариант ответа
спиральная

22. При обширных отморожениях конечностей используют:
- Вариант ответа
рыцарскую перчатку
- Вариант ответа
варежку
- Вариант ответа

термоизолирующую повязку
- Вариант ответа
асептическую

23. Смешанное кровотечение:
- Вариант ответа
при одновременном ранении артерий и вен
- Вариант ответа
при ранениях вен и капилляров
- Вариант ответа
при ранении вен
- Вариант ответа
при ранении артерий

24. Первая медицинская помощь при ранении наружной сонной артерии:
- Вариант ответа
пальцевое ее прижатие
- Вариант ответа
прошивание раны
- Вариант ответа
наложение давящей повязки
- Вариант ответа
наложение стерильной повязки

25. Первая медицинская помощь при закрытых переломах костей конечностей:
- Вариант ответа
наложение транспортной шины
- Вариант ответа
транспортировка без транспортной иммобилизации
- Вариант ответа
транспортировка пешком
- Вариант ответа
транспортировка в «позе лягушки»

26. Мероприятия первой медицинской помощи, проводимые пострадавшему с ожогами:
- Вариант ответа
промывание ожоговой поверхности
- Вариант ответа
обезболивание
- Вариант ответа
инфузионная терапия
- Вариант ответа
наложение клеоловой повязки

27. Общие принципы неотложной помощи при отравлениях:
- Вариант ответа
вызывание рвоты различными методами, зондовое промывание желудка, стимуляция мочеотделения, удаление неабсорбированчых ядов,
- Вариант ответа
прекращение дальнейшего поступания яда в организм, применение антидота, восстановление и поддержание нарушенных функций организма, устранение отдельных симптомов интоксикации
- Вариант ответа
удаление неабсорбированных токсических веществ, форсированный диурез, гемодиализ, слабительные средства, гемоперфузия, полная санитарная обработка, применение антидота
- Вариант ответа
антибиотикотерапия, применение противосудорожных средств

28. Территория, на которой произошел выброс ядовитого вещества в окружающую среду и продолжается его испарение в атмосферу, называется:
- Вариант ответа
очагом экологического заражения
- Вариант ответа
очагом химического заражения
- Вариант ответа
зоной химического заражения
- Вариант ответа
зоной экологического заражения

29. Территория, подвергнутая воздействию паров ядовитого вещества, называется:
- Вариант ответа
очагом химического заражения
- Вариант ответа
зоной экологического заражения
- Вариант ответа
зоной химического заражения
- Вариант ответа
очагом экологического заражения

30. Промывание желудка при отравлениях кислотами и щелочами производится:
- Вариант ответа
после обезболивания рефлекторным методом
- Вариант ответа
противопоказано

- Вариант ответа
после обезболивания зондовым методом
- Вариант ответа
после обезболивания физиологическим методом

31. Промывание желудка при отравлениях кислотами и щелочами производится:
- Вариант ответа
нейтрализующими растворами
- Вариант ответа
холодной водой
- Вариант ответа
водой комнатной температуры
- Вариант ответа
теплой водой

32. Наиболее эффективно удаляется яд из желудка:
- Вариант ответа
холодной водой
- Вариант ответа
горячей водой
- Вариант ответа
при промывании рефлекторным методом
- Вариант ответа
при промывании зондовым методом

33. При наличии в атмосфере паров хлора необходимо перемещаться:
- Вариант ответа
в верхние этажи зданий
- Вариант ответа
на улицу
- Вариант ответа
в нижние этажи и подвалы
- Вариант ответа
на крышу

34. При наличии в атмосфере паров хлора дыхательные пути нужно защитить:
- Вариант ответа
ватно-марлевой повязкой, смоченной в растворе питьевой соды
- Вариант ответа
ватно-марлевой повязкой, смоченной в растворе уксусной кислоты
- Вариант ответа
ватно-марлевой повязкой, смоченной кипяченой водой
- Вариант ответа

сухой ватно-марлевой повязкой

35. Пары хлора и аммиака вызывают:
- Вариант ответа
возбуждение и эйфорию
- Вариант ответа
раздражение верхних дыхательных путей
- Вариант ответа
слезотечение
- Вариант ответа
Ларингоспазм

36. Способы защиты пищевых продуктов от заражения, загрязнения* при применении оружия массового поражения:
- Вариант ответа
герметизация складов и других хранилищ пищевых продуктов, дезинфекция
- Вариант ответа
автоклавирование посуды
- Вариант ответа
расфасовка пищевых продуктов в герметическую тару, строительство объектов пищевого надзора за городом, герметизация складов и других хранилищ пищевых продуктов
- Вариант ответа
ассредоточение пищевых продуктов и строительство объектов пищевого надзора за городом, кипячение

37. Средства обеззараживания воды в очагах массового поражения:
- Вариант ответа
гиперхлорирование (с последующим дехлорированием), кипячение, фильтрация, отстаивание, применение перекиси водорода, пергидроля, пантоцида
- Вариант ответа
хлорирование, фильтрация, применение перекиси водорода
- Вариант ответа
хлорирование, использование пергидроля, пантоцида
- Вариант ответа
кипячение, фильтрация, применение перекиси водорода

5. ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Основы военной подготовки*» 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 ин-

формацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы военной подготовки*».

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.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

1. Каковы виды стрелкового оружия?
2. Какие бывают боеприпасы?
3. Назовите марки ручных гранат.
4. Из чего состоит организационно-штатная структура общевойсковых подразделений?
5. Перечислите Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ.
6. Каковы основные факторы, определяющие характер, организацию и способы ведения современного общевойскового боя?
7. Перечислите основные инженерно-технических мероприятия.
8. Какие существуют защитные сооружения?
9. Какие бывают виды заграждений?
10. На чем основывается полевое водоснабжение?
11. Каковы емкости РДВ?

12. Назовите назначение ТУФ-200.
13. Назовите назначение МТК.
14. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии США.
15. Перечислите ТТХ и ТТД вооружения и боевой техники армии Германии.
16. Перечислите общие сведения о ядерном оружии.
17. Перечислите общие сведения о химическом оружии
18. Перечислите общие сведения о биологическом оружии
19. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях радиоактивного заражения?
20. Каковы правила поведения и меры профилактики при применении отравляющих веществ?
21. Каковы правила поведения и меры профилактики в условиях применения бактериальных средств?
22. Какие существуют индивидуальные средства РХБ защиты?
23. Каковы мероприятия радиационной, химической и биологической защиты?
24. Каковы тактические свойства местности, их влияние на действия подразделений в боевой обстановке?
25. Опишите назначение, номенклатура и условные знаки топографических карт.
26. Назовите способы ориентирования на местности по карте и без карты.
27. Что такое номенклатура топографических карт?
28. Как задаются координаты объекта?
29. Что такое уточнение координат по "улитке"?
30. Каковы тенденции и особенности развития современных международных отношений?
31. Назовите место и роль России в многополярном мире.
32. Перечислите основные направления социально-экономического развития России.
33. Перечислите основные направления политического развития России.
34. Перечислите основные направления военно-технического развития России.
35. Какие существуют основные положения Военной доктрины РФ?
36. Назовите правовое положение и порядок прохождения военной службы.
37. Что значит нормативно-правовой акт?
38. Чем определяется порядок прохождения военной службы?
39. Назовите основные задачи укрепления безопасности страны.
40. Чем актуальны положения военной доктрины?
41. Перечислите основные тенденции развития военно-политической обстановки.
42. Какие существуют основные требования и категории военной доктрины России?
43. Как взаимосвязаны военная безопасность и жизненно важные интересы?

44. Напишите методологическое значение определения жизненно важных интересов.
45. Перечислите военно-политические основы военной доктрины РФ.
46. Перечислите военно-стратегические основы военной доктрины РФ.
47. Перечислите военно-экономические основы военной доктрины РФ.
48. Перечислите военно-технические основы военной доктрины РФ.
49. Назовите роль и место вооруженных сил в демократическом государстве.
50. Перечислите особенности гражданского контроля за вооруженными силами в демократических государствах.
51. Какие вы знаете особенности дисциплинарной практики?
52. Что такое «статус военнослужащего»?

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Общевоинские уставы Вооруженных сил Российской Федерации : курс лекций / составители В. А. Борисов, И. Е. Акулов, В. К. Фоменко. — Томск : Томский политехнический университет, 2019. — 87 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/106173.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
2	Основы огневой подготовки : учебное пособие / А. В. Рыжов, В. М. Коняев, С. В. Пожидаев, Д. В. Горденко. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 110 с. — ISBN 978-5-4497-1170-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/109245.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/109245	Эл. ресурс
3	Огневая подготовка : учебное пособие / В. В. Белевцев, Д. В. Горденко, Д. Н. Резеньков, Е. В. Кособлик. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-1289-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/109244.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/109244	Эл. ресурс
4	Общевоенная подготовка. В 2 частях. Ч.1 : учебное пособие / А. Г. Борисов, К. В. Анистратенко, Е. Ю. Лубашев [и др.] ; под редакцией А. Г. Борисова. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. — 414 с. — ISBN 978-5-9275-4192-8 (ч.1), 978-5-9275-4191-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/127091.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. -	Эл. ресурс
5	Общевоенная и тактическая подготовка : учебное пособие / С. А. Чеховский, В. Н. Алёшичев, А. С. Евтехов, С. К. Бушанский. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2021. — 280 с. — ISBN 978-5-7433-3472-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124344.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI:	Эл. ресурс

	https://doi.org/10.23682/124344	
6	Баранов, А. Р. Военная топография в служебно-боевой деятельности оперативных подразделений : учебник для курсантов и слушателей военных учебных заведений / А. Р. Баранов, Ю. Г. Маслак, В. И. Ягодинцев. — Москва : Академический проект, 2020. — 159 с. — ISBN 978-5-8291-2944-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/110047.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.	Эл. ресурс
7	Оказание первой доврачебной помощи в образовательных организациях : учебно-методическое пособие / Ю. В. Азизова, С. К. Касимова, А. В. Трясучев [и др.]. — Астрахань : Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2020. — 70 с. — ISBN 978-5-9926-1188-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/108843.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
8	Маслова, Л. Ф. Первая помощь пострадавшим : учебное пособие / Л. Ф. Маслова. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. — 40 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/121690.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
9	Кутепов, В. А Тактическая подготовка. Радиационная, химическая и биологическая защита : учебное пособие / В. А Кутепов, А. Б. Адемченко, С. В Ковалев. — Омск : Омский государственный технический университет, 2017. — 226 с. — ISBN 978-5-8149-2523-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/78509.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
10	Техническое обеспечение средств радиационной, химической и биологической защиты : учебное пособие / А. В. Шаламов, С. Р. Ахметов, Н. Р. Минуллин [и др.]. — Казань : Издательство КНИТУ, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-7882-3135-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/129262.html (дата обращения: 25.04.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
11	Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Часть 2. Батальон, рота. — Саратов : Вузовское образование, 2023. — 286 с. — ISBN 978-5-4487-0918-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/127500.html (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
12	Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Часть 3. Взвод, отделение, танк. — Саратов : Вузовское образование, 2023. — 224 с. — ISBN 978-5-4487-0917-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/127501.html (дата обращения: 23.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс
13	Баранов, А. Р. Тактико-специальная подготовка войскового разведчика внутренних войск : учебно-практическое пособие / А. Р. Баранов, Ю. Г. Маслак ; под редакцией Ю. Г. Маслак. — Москва : Академический Проект, Трикста, 2015. — 368 с. — ISBN 978-5-8291-1490-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/36874.html (дата обращения: 16.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей	Эл. ресурс