МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

(В. СЫСЕРТЬ)

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: **очная, заочная**

год набора: 2021

Одобрена на заседании кафедры

Геофизики
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Талалай А.Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 05.10.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

Геологии и геофизики
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 00899356C4B8E7194321D0149160B2398C
Владелец: Зубов Владимир Владимирович
Действителен: с 26.06.2024 до 19.09.2025

Екатеринбург
2020

Глава 1

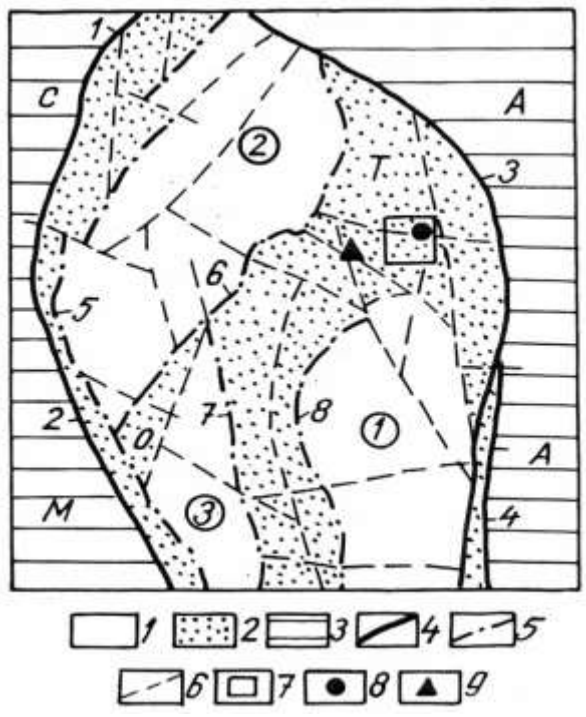
Геологическое строение, гидрогеологическая, инженерно-геологическая и геоэкологическая характеристика Верхне-Сысертской площади

1.1. Геологическое строение Верхне-Сысертской площади

А. А. Богомол, О. В. Грязнов, С. Г. Дубейковский, А. В. Алексеев

Геология – в широком смысле слова –
Промышленная первооснова.
Руда, металл, нефть, уголь, газ, вода –
В них человечество нуждается всегда.
В них тяжкий труд полевиков
Отныне, присно и во век веков.
И. Оськин, выпускник СГИ 1952 г.

В геологическом отношении площадь Верхне-Сысертского полигона размещается в пределах одного из крупнейших структурных элементов Восточно-Уральского поднятия – *Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория*. Это сложно построенная структура, состоящая из отдельных антиклинориев – *гранито-гнейсовых куполов*, при формировании которых возникли разделяющие межкупольные синклинорные зоны. Ядро структуры сложено метаморфическими гнейсово-мигматитовыми породами докембрия, а крылья (сланцевое обрамление) – метаморфическими и в разной степени метаморфизованными породами палеозоя.



База геофизической практики находится в межкупольной Ташкульской синклинорной зоне, располагающейся между двумя крупными гранито-гнейсовыми куполами – Шумихинским и Осиновским (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Схема тектонического районирования северной части Сысертского антиклинория (по Г. А. Кейльману, А. А. Машарову и В. Ф. Копаневу с упрощением)

1 – гнейсовые купола (1 – Шумихинский, 2 – Осиновский, 3 – Иткульский); 2 – межкупольные синклинорные зоны (Т – Ташкульская, О – Орловская); 3 – сопряженные синклинорные структуры Урала II-III порядка (С – Свердловский, М – Магнитогорский, А – Арамильский синклинории); 4-6 – разломы: 4 – региональные I порядка (1 – Мраморский, 2 – Миасско-Полевской, 3 – Черкаскульско-Сысертский, 4 – Кашинско-Кыштымскии), 5 – II порядка (5 – Иткульско-Чусовской, 6 – Орловский, 7 – Иткульский, 8 – Вишневогорско-Черновской), 6 – III-IV порядка; 7 – Верхне-Сысертская площадь; К – Верхне-Сысертское месторождение золота; 9 – Карасьевское рудопроявление

Породы представлены в основном метаморфическими сланцами саитовской свиты, в приосевой части структуры обнажаются кварциты и углистые сланцы игишской свиты среднего рифея. Существенное значение для геологии района и размещения полезных ископаемых имеют небольшие интрузивные тела основного, ультраосновного и кислого состава, прорывающие метаморфические толщи (рис. 1.2).

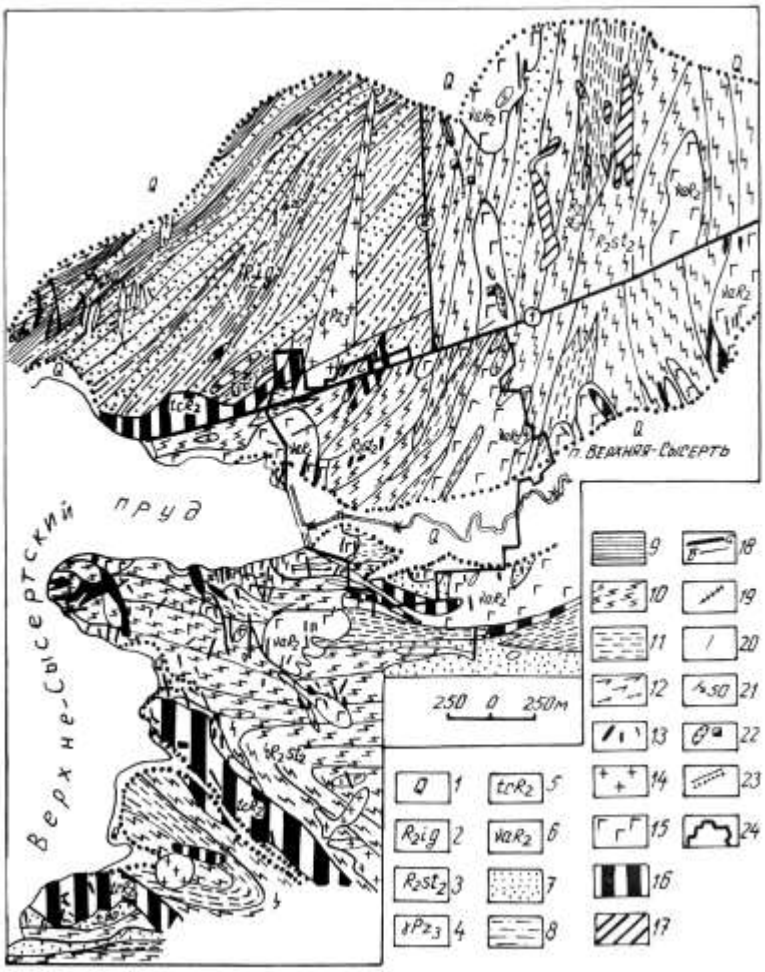


Рис. 1.2. Схематическая геологическая карта Верхне-Сысертской площади. По материалам А. А. Богомола с дополнениями О. Н. Грязнова

1 – аллювиальные, пролювиальные отложения; 2 – игишская свита – кварциты, слюдистые кварциты, графито-кварцитовые сланцы, графитовые кварциты, кварц-гранат-биотитовые сланцы; 3 – саитовская свита, верхняя подсвита – плагиосланцы, биотитовые и гранат-биотитовые сланцы, кварциты, графитовые кварциты; 4 – граниты мусковит-биотитовые, гранит-аплиты, пегматиты; 5 – апогипербазитовые породы – тальк-карбонатные, тальк-актинолитовые и др., 6 – габбро-амфиболиты, апогаббровые амфиболиты; 7-9 – породы игишской свиты: 7 – кварциты, слюдистые кварциты, 8 – графитовые кварциты, 9 – графито-кварцевые сланцы; 10-12 – породы саитовской свиты: 10 – биотит-плагиоклазовые, кварц-биотит-плагиоклазовые сланцы, 11 – биотитовые и гранат-биотитовые сланцы, 12 – плагиоклаз-амфиболовые сланцы; 13 – пегматиты, аплиты; 14 – граниты двуслюдяные; 15 – габбро-амфиболиты, апогаббровые амфиболиты; 16 – апогипербазитовые породы (тальк-карбонатные, тальк-актинолитовые); 17 – скрытые тела апогипербазитовых пород по данным магниторазведки; 18 – разломы (а) главные (1 – Верхне-Сысертский, 2 – Меридиональный) и (б) второстепенные; 19 – золоторудные кварцевые жилы Верхне-Сысертского месторождения; 20 – безрудные кварцевые жилы; 21 – элементы залегания пород; 22 – карьеры, шахты и глубокие шурфы Верхне-Сысертского месторождения золота; 23 – геологические границы (точками показаны границы распространения чехла четвертичных отложений); 24 – контур поселка Верхняя Сысерть

1.1.1. Стратиграфия

Стратиграфическая колонка территории приведена на рис. 1.3.

Шумихинская свита слагает ядра антиклинальных структур и представлена преимущественно биотитовыми, гранат-биотитовыми, мусковит-биотитовыми плагиогнейсами и гранитогнейсами. Мощность свиты более 3000 м.

Черновская свита слагает крылья главных антиклинальных структур и залегает на гнейсах шумихинской свиты с региональным несогласием. В составе свиты преобладают метаморфические амфиболиты, образовавшиеся по вулканогенным породам основного состава. Подчиненное значение имеют биотитовые, гранат-биотитовые, мусковит-кианитовые гнейсы с прослоями слюдистых и графитовых кварцитов. Мощность порядка 2500 м.

Саитовская свита разделяется на две подсвиты – нижнюю и верхнюю.

Нижняя подсвита сложена преимущественно мелкозернистыми амфиболитами, образовавшимися по вулканогенным породам основного состава, и биотитовыми плагиосланцами (часто с гранатом и амфиболом).

Верхняя подсвита слагает большую часть площади Верхне-Сысертского полигона, протягиваясь полосой вдоль южной окраины пос. Верхняя Сысерть и в восточной его половине. Породы этой подсвиты представлены преобладающими плагиосланцами, в меньшем количестве существенно биотитовыми, гранат-биотитовыми сланцами, редкими прослоями и пачками кварцитов, в том числе графитовых.

Плагиосланцы – серые, зеленовато-серые полосчатые или в разной степени сланцеватые (до токосланцеватых) породы биотит-плагиоклазового, кварц-биотит-плагиоклазового состава, нередко с примесью граната. Кварцсодержащие плагиосланцы по количественному соотношению плагиоклаза, кварца и биотита иногда близки к плагиогнейсам. Существенно биотитовые, гранат-биотитовые сланцы в сравнении с плагиосланцами содержат больше биотита и граната, меньше плагиоклаза; они имеют более темную окраску и более резко выраженную сланцеватость. По количественному соотношению минералов эти сланцы имеют кварц-плагиоклаз-биотитовый, плагиоклаз-кварц-биотитовый, гранат-кварц-плагиоклаз-биотитовый состав. Нередко среди них встречаются прослои, линзы и пачки гранат-биотитовых сланцев и почти мономинеральных биотитовых сланцев. Значительно реже встречаются сланцы более сложного минерального состава: амфибол-плагиоклаз-кварц-биотитовые, мусковит-кварц-плагиоклаз-эпидот-биотитовые, гранат-мусковит-кварц-биотитовые, гранат-актинолит-кварц-биотитовые и др.

Группа	Система	Отдел	Ярус	Серия	Свита	Индекс	Разрез	Мощ-ность,	Характеристика пород
ПАЛКОЗОЙСКАЯ	Девонская	Верх.				D_3		700	Порфириты базальтового состава, порфиритоиды и зелен нцы
		Средний			Кундра-винс	D_2		1000	Известняки мраморизованные Конгломераты, песчаники, алевролиты биотитизированны риболизи-рованные с прослоями углисто-кремнистых сланцев истых мраморов
		Ниж.							Осадочно-вулканогенные и вулкано-генные породы основн реднего состава Туфы и туффиты порфиритов андезитового состава Альбитофиры и их туфы
	Силурийская	Верх.				$S\text{-}D_1$		1000-1500	
		Нижний	Ландоверский		Андреевская	S_1ln		400-70	Сланцы углисто-кремнистые и кремнистые
								800-900	Сланцы хлорит-актинолитовые и талько-хлоритов мнистые и глинистые Сланцы эпидот-альбит-актинолитовые, порфиритоиды, слоями углисто-кремнистых сланцев и известняков
	Ордовикская	Верхний			Сысертская	O_3		600	Сланцы серицит-кварцевые с прослоями углистых кварцит дот-актинолитовых сланцев и мраморов
								700	Сланцы слюдисто-кварцевые с гранатом, кианитом вролитом с прослоями хлорит-кварцевых и амфиболовых сланцев Амфиболовые сланцы
ПРОТЕРОЗОЙСКАЯ	Рифей	Средний			Игиш	R_2		500	Микрокварциты графитовые
					Саитовс-ка			1000	Микрогнейсы биотитовые и амфиболовые, микроамфиболит слоями графитовых микро-кварцитов
					Черновская			2000	Амфиболиты, гнейсы амфиболовые и биотит-амфиболовы слоями биотитовых гнейсов и кварцитов Гнейсы эпидот-биотитовые Кварциты графитовые
					Шумихинская	PR_3		3000	Гнейсы двуслюдяные с прослоями кварцитов Гнейсы биотитовые и гранат-биотитовые, участками лиманитом

Рис. 1.3. Стратиграфическая колонка территории Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория

Кварциты, слюдистые кварциты, реже графитовые кварциты и графито-кварцевые сланцы слагают редкие маломощные прослои и несколько пачек мощностью до нескольких десятков метров. Макроскопически это тонкосланцеватые или массивные породы желто-белого цвета, местами с буроватым оттенком.

Суммарная мощность свиты порядка 1000 м.

Игишская свита обнажается в северо-западной части полигона. Сложена переслаивающимися графитовыми кварцитами, графито-кварцевыми сланцами, кварцитами, слюдистыми кварцитами с некоторым преобладанием графитсодержащих пород, в небольшом количестве мелкозернистыми кварц-гранат-биотитовыми сланцами. По направлениям сланцеватости развиваются многочисленные дайки пегматитов. Мощность около 450 м.

Тенякская свита сложена преимущественно вулканогенными породами основного состава, преобразованными в мелкозернистые амфиболиты и сланцы биотит-карбонат-эпидот-альбит-хлоритовые и эпидот-биотит-кварц-альбит-хлоритовые с прослоями хлорит-слюдит-серицит-кварцевых сланцев, кварцитов, кремнистых туфов.

Андреевская свита сложена сланцами серицит-хлоритового, хлорит-альбит-серицит-кварцевого, биотит-хлорит-эпидот-кварц-альбитового состава с редкими прослоями мелкозернистых амфиболитов и кварцитов.

Среднедевонская (эйфельская) толща сложена преобладающими сланцами слюдисто-кварцевого, слюдисто-альбит-кварцевого состава, в меньшем количестве мраморами, мелкозернистыми амфиболитами, прослоями графитовых кварцитов.

Мезо-кайнозой. Представлен в основном глинистыми, дресвяными и щебнистыми корами выветривания подстилающих коренных пород. Мощность площадных кор – от первых метров до 20-30 м (линейно-трещинных – до 100-250 м), при широком площадном распространении.

Песчано-глинистые отложения *мела, палеогена и неогена* имеют весьма ограниченное распространение, слагая небольшие отдельные по площади участки.

1.1.2. Тектоника

Сложная тектоническая структура мегантиклинория формировалась в течение сотен миллионов лет и характеризуется рядом своеобразных особенностей, обусловленных тесной взаимосвязью тектонических и метаморфических процессов. Ведущая роль принадлежит диапироидному перемещению пластических масс, прогретых до температуры, достаточной для развития реоморфизма и анатексиса с последующим образованием крупной антиклинорной структуры "гнейсового диапироида".

Гнейсово-мигматитовое ядро мегантиклинория состоит из ряда крупных брахиформных антиклинальных структур – куполов, сложенных преимущественно гнейсами шумихинской свиты. Форма куполов в плане эллипсовидная и изометричная, протяженность до 30 км при ширине до 15 км. Между соседними куполами развиты синклиналеобразные структуры, сложенные преимущественно породами саитовской и игишской свит с изменчивым простиранием и падением, подчиненным конфигурации куполов. Мелкая разнонаправленная складчатость, осложняющая слоистые толщи, также тесно связана с конфигурацией куполов и по мере удаления от него приобретает субмеридиональное направление, обычное для Урала.

Разрывные нарушения разделяются на две основные группы (Кейльман, 1974). К первой относятся нарушения, связанные с формированием гнейсового ядра и его обрамления. Из них наиболее отчетливо проявляются разломы, окаймляющие гнейсовое ядро и отделяющие его от сланцевого обрамления. Вдоль них происходит усиление метаморфических процессов и внедрение интрузивных тел реоморфических (вторичных) гранитоидов и крупных даек гранитов. Ко второй группе относятся более поздние разновозрастные разломы разных направлений, не имеющие прямой связи с формированием гнейсово-мигматитового комплекса. Они расчленяют гнейсовое ядро и его сланцевое обрамление на отдельные блоки, а также развиваются вдоль контактов ядра со сланцевым обрамлением.

База практики приурочена к Ташкуль-Верхнесысертской синклинальной зоне, имеющей в плане сложную форму. Собственно синклинальный характер залегания устанавливается лишь в северной, широтно ориентированной части структуры, в остальных же падение практически повсеместно восточное. В северо-западной части площади располагается фрагмент крыла складки, сложенного породами игишской свиты. Оно имеет северо-восточное простирание с падением на юго-восток под углами от 20 до 77°, в среднем 50-55°, и осложнено более мелкими складками с углами падения крыльев 50-80°. Сланцы саитовской свиты смяты в синклинальную складку субширотного простирания с осложняющей более мелкой складчатостью на крыльях от 45 до 80° (рис. 1.4).

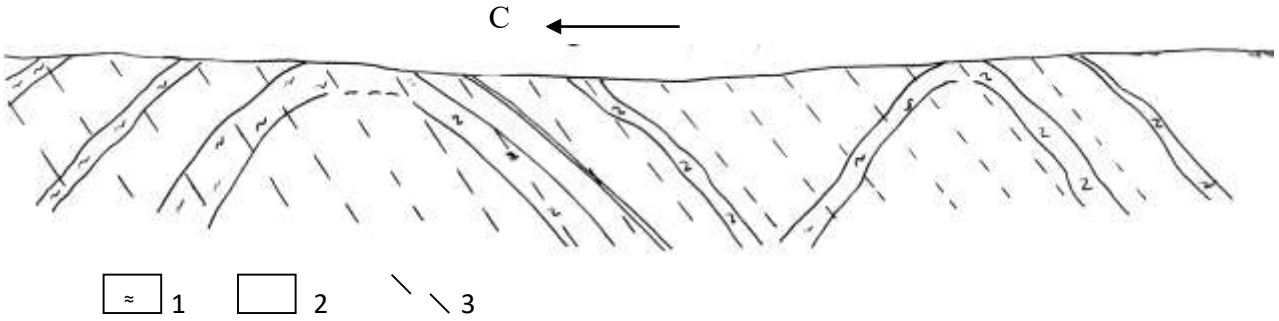


Рис. 1.4. Складчатость в породах Игишской свиты (по А. В. Алексееву и И. В. Сапожниковой):

1 – кварцитовые сланцы, кварциты; 2 – углистые сланцы; 3 – рассланцевание

В породах обеих метаморфических толщ участка широко развиты разрывные нарушения разных систем и порядков. Наиболее значительными являются Верх-Сысертский и Меридиональный разломы.

Верх-Сысертский разлом проходит по северной окраине пос. Верхняя Сысерть. Он имеет простирание в среднем 75° и субвертикальное падение, отчетливо картируется в западной половине участка по тектоническому контакту вдоль него пород саитовской и игишской свит, залеганию в зоне разлома линейного тела гипербазитов длиной более 1,7 км и срезанию с юга дайкообразного тела гранитоидов. В северном боку разлома породы игишской свиты в полосе шириной более 100 м интенсивно рассланцованы и превращены в кварц-гранат-биотитовые сланцы, а мелкие дайки гиперазитов – в тальковые, вермикулитовые и тальк-вермикулитовые сланцы (рис. 1.5). Буровыми скважинами установлены многочисленные дайки гранитов, аплитов, пегматитов их метаморфические разности, а также интенсивные вторичные преобразования в амфиболитах и сланцах.

Восточное продолжение разлома не прослежено, видимо, он проходит через участок Верх-Сысертского месторождения золота, ограничивая его Западную и Восточную рудные зоны, соответственно, с юга и севера. Относительно поднятым является южное крыло разлома с амплитудами смещения в сотни метров.

Меридиональный разлом определяет тектонический контакт пород игишской свиты со сланцами саитовской свиты. Он совершенно не обнажен и строение его неясно. Видимо, с юга он ограничен сочленением с Верх-Сысертским разломом, т. к. южнее не обнаруживался. Относительно поднятым является восточное крыло разлома с амплитудой смещения в сотни метров.

а

б

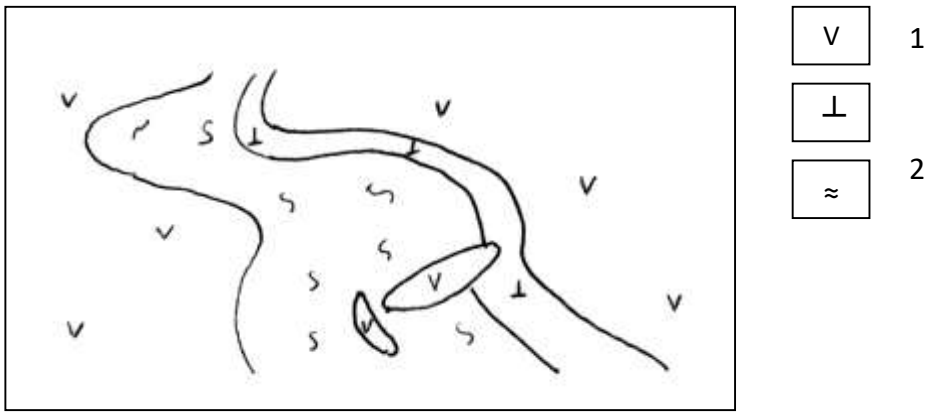


Рис. 1.5. Интенсивно дислоцированное и метаморфизованное тело ультраосновных пород в зоне Верх-Сысертского разлома (по А. В. Алексееву):

а – фотография; б – зарисовка: 1 – сланцы саитовской свиты, 2 – тальк-карбонатные породы, 3 – вермикулитовые сланцы

Разрывные нарушения меньших порядков широко распространены на площади участка, о чем, в частности, свидетельствуют многочисленные разноориентированные дайки и дайкообразные тела гранитов, аплитов, пегматитов, имеющих меридиональное, северо-западное, северо-восточное, реже – субширотное простирание с углами падения от 30 до 90°. Многочисленные тектонические трещины разных направлений наблюдаются в ряде обнажений и выражены зонами тонкого рассланцевания мощностью до 6-7, иногда до 12 м с тальковыми, вермикулитовыми, хлоритовыми сланцами или перетертыми породами и милонитами.

1.1.3. Интрузивные породы

На Верхне-Сысертской площади широко развиты многочисленные мелкие интрузивные тела и дайки ультраосновного, основного и кислого состава, представленные метаморфизованными гипербазитами, габброидами и пегматитами. Как правило, интрузивные породы, особенно кислого состава, менее подвержены выветриванию и поэтому фиксируются в рельефе положительными структурами, форма которых напрямую зависит от формы интрузии.

Гипербазиты. Слагают три линзообразных тела длиной до 1,5-1,7 км при мощности 200-300 м и около 20 мелких линзо- и дайковидных тел длиной 60-560 м при мощности 10-80 м. Залегают в породах обеих толщ, фиксируя центральную часть межкупольной синклинальной зоны. В результате метаморфизма полностью изменены и представлены апогипербазитовыми карбонат-тальковыми, тальковыми, актинолит-тальковыми, хлорит-тальковыми, хлоритовыми, актинолит-тальк-хлоритовыми, карбонат-хлоритовые, иногда карбонатными, гранат-актинолит-хлоритовыми и антофиллит-карбонат-тальковыми породами. В приконтактовой части и по разрывным нарушениям нередко развиваются тальковые и хлоритовые сланцы.

Габброиды. Эти породы слагают многочисленные изометричные и линзообразные тела среди кристаллических сланцев саитовской свиты. В породах игишской свиты встречена лишь одна линза вблизи Верх-Сысертского разлома мощностью 40 м. Тела габброидов изменяются по длине от десятков метров до 1,5 км. В результате метаморфизма они превращены в полосчатые, сланцевато-полосчатые габбро-амфиболиты и амфиболиты, в эндоконтактах нередко рассланцованы и превращены в кварц-плагиоклаз-амфиболовые сланцы. Габбро-амфиболиты содержат 45-65 % роговой обманки, 15-40 % – плагиоклаза, часто также 10-25 % кварца, реже – 1-15 % биотита. В амфиболитах больше роговой обманки (до 90 %), меньше плагиоклаза и кварца, иногда встречается гранат (до 10-20 %).

Граниты и пегматиты. Слагают многочисленные дайки, дайко- и линзообразные тела, реже мелкие штоки в породах саитовской и игишской свит. Это наиболее поздние интрузивные породы, секущие все интрузивные и метаморфические образования.

По составу граниты мусковит-биотитовые с мелкозернистой и среднезернистой структурой, массивной или слабо выраженной гнейсовидной текстурой. Они слагают одно линейно вытянутое в ССВ направлении дайкообразное тело длиной око 1,8 км при мощности до 240 м. По нему развита маломощная (до 5-10 м) кора выветривания каолинитового состава. К группе гранитных относятся также дайки мусковитизированных гранит-аплитов и аплитов.

Пегматиты – наиболее поздние по возрасту породы, они залечивают многочисленные разломы в породах и при выветривании оказываются наиболее прочными, поэтому хорошо выделяются в рельефе. Слагают большую часть даек, дайкообразных и линзовидных тел кислого состава. Длина их колеблется от 10-20 до 250-450 м при мощности от 0,5 до 50-60 м, простирание практически всегда субмеридиональное. Отдельные тела пегматитов имеют форму мелких штокообразных тел. Пегматиты крупнокристаллические, имеют простой минеральный состав (полевой шпат, кварц, мусковит) и образуются путем метасоматического замещения гранитов, гранит-аплитов с наблюдаемыми иногда постепенными переходами в эти породы.

1.1.4. Метаморфические процессы

Одной из особенностей гнейсово-мигматитовых комплексов Урала, и, в частности, Сысертско-Ильменогорского, является большая продолжительность их тектоно-метаморфического развития (Кейльман, 1961; Овчинников, 1963, 1969; Краснобаев, 1969). В результате неоднократного повторения метаморфических преобразований пород и их значительной интенсивности (вплоть до частичного плавления) можно сказать, что первичных минеральных ассоциаций на территории мегантиклинория не сохранилось, все современные породы являются метаморфическими.

В протерозое и рифее, до процессов метаморфизма и складчатости формировались мощные вулканогенно-осадочные и осадочные толщи Шумихинской, Черновской, Саитовской и Игишской свит, послуживших основой для последующего построения гнейсово-мигматитового комплекса. Первичная слоистость, сильно затушеванная метаморфизмом, отчетливо наблюдается в породах сланцевого обрамления, несколько хуже – в отложениях межкупольных зон, и практически полностью стерта в породах гранито-гнейсовых куполов.

Формирование собственно гнейсово-мигматитового комплекса связано с метаморфизмом высоких ступеней, отразившимся в той или иной степени на всех породах Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория. Но если для Восточно-Уральского поднятия характерен зеленосланцевый региональный тип метаморфизма, то в пределах магантиклинория происходило постепенное повышение уровня метаморфизма от зеленых сланцев через кристаллические сланцы до амфиболитов и гнейсов. Причем такие процессы шли с разрывом во времени и неодинаково проявлялись в разных частях структуры.

Метаморфизм ранних этапов затронул только гнейсовое ядро и отсутствует в сланцевом обрамлении. В пределах всей территории процесс метаморфизма был достаточно выдержан и протекал первоначально в условиях субгранулитовой фации, а на последних стадиях – амфиболитовой. Этот процесс затронул осадочные и, частично, ультраосновные и основные породы, вовлеченные в процесс диапиризма, приводя к формированию в них более высокотемпературных минеральных ассоциаций. Сопровождался метаморфизм интенсивной гранитизацией – раскислением состава пород с формированием типичных минералов: кварца, плагиоклаза, биотита, граната.

На поздних этапах метаморфизм носил регрессивный характер, причем с явной зональностью относительно уже сформированных гранито-гнейсовых куполов. Последние являлись центрами интенсивной гранитизации и мигматизации, развивавшейся по породам самого разнообразного состава, что предопределяет неоднородный облик новообразованных гранитоидов и плагиогранитов. Массивы реоморфических гранитоидов, сформированные в течение обоих этапов, слагают около 25 % территории мегантиклинория, приурочиваясь к сводовым частям куполов в гнейсовом ядре или к линейным зонам разломов, отделяющих гнейсовое ядро от сланцевого обрамления.

В периферических частях куполов и межкупольных синклинальных зонах на высокотемпературные ассоциации минералов амфиболитовой фации накладываются более низкотемпературные ассоциации эпидот-амфиболитовой фации. В гнейсах это выражается в увеличении количества кварца, раскисляется плагиоклаз, появляется мусковит (по биотиту или роговой обманке) и эпидот.

В наиболее удаленных от центров гранитизации участках на ассоциации амфиболитовой фации накладывается зеленосланцевая фация. Здесь по биотиту и гранату развивается хлорит, роговая обманка замещается актинолитом и хлоритом, по среднему плагиоклазу развивается альбит, появляется рутил. При этом очень часто наблюдается явление сохранения реликтов первичных минеральных ассоциаций.

В формировании интрузивных комплексов наблюдается достаточно строгая смена их во времени. Ультраосновные интрузии делятся на две группы – допозднескладчатые (протерозойские), наиболее древние и интенсивно метаморфизованные, в частности Иткульский и Сысертский массивы, и послескладчатые (раннепалеозойские), метаморфизованные в значительно меньшей мере. Силурийские (реже раннедевонские) габброидные тела занимают промежуточное положение, что хорошо видно из их геологического положения – они приурочены к зонам разломов, как и ультрабазиты, секут последние, но сами секутся более поздними телами кислого состава. Граниты и плагиограниты по большей части имеют метаморфическое и анатектическое происхождение, т. е. являются продуктами замещения других пород в условиях высоких фаций метаморфизма или высокотемпературными выплавками. Занимают достаточно широкий возрастной диапазон формирования – от раннего девона до конца палеозоя. Наиболее поздними породами являются широко распространенные пегматиты.

1.1.5. Полезные ископаемые

Верхне-Сысертская площадь и прилегающая территория характеризуются широким разнообразием рудных и нерудных полезных ископаемых. Промышленное освоение района началось в XVIII веке с разработки мелких гипергенных месторождений бурых железняков. В дальнейшем с различной продолжительностью здесь эксплуатировались: Глубочинское месторождение железа, Благовещенское (Верх-Сысертское) – рудного золота, Черновское – благородного талька, месторождения хромистого железняка, граната, гранулированного кварца, россыпного золота. В настоящее время разрабатываются: Сысертское месторождение антофиллит-асбеста, одноименное месторождение каолина, мелкие разработки торфа, выявлено Карасьевогорское рудопроявление медно-никелевых сульфидных руд с золотом и серебром. По условиям образования месторождения и рудопроявления района можно подразделить на эндогенные магматогенные (хромиты, рудное золото, медно-никелевые руды), метаморфигенные (антофиллит-асбест, тальк, гранат, гранулированный кварц) и экзогенные (бурые железняки, россыпное золото, каолин, торф, строительные материалы). В прикладном отношении они принадлежат к рудным и нерудным полезным ископаемым.

Железные руды. Месторождения бурых железняков известны в районе с 1680 г. Разработка их началась с 1732 г. в связи с пуском Сысертского, а позднее Верх-Сысертского железоделательных заводов и осуществлялась до начала 1930-х гг. За этот период отработано около 40 месторождений, большинство которых располагается около г. Сысерть. Бурые железняки инфильтрационного генезиса приурочены к карстовым полостям над слоями и линзами мраморов в эйфельской толще, реже в андреевской свите и связаны с гипергенными процессами коре выветривания. Обычно согласные залежи бурых железняков приурочены к контактам мраморов и сланцев и погружаются до глубины 6080 м. Форма залежей пластообразная, длина по простиранию – до 300-500 м, мощность – от долей метра до 10 м. Содержание железа – до 50-58 %, практически все месторождения содержали примесь золота (до 72 г/т).

Хромит. В Сысертском районе известно несколько десятков мелких месторождений и рудопроявлений хромита, залегающих в интрузивных телах ультрабазитов. Большинство их отрабатывалось кустарным способом до начала или середины 1930-х гг. Наибольшее количество месторождений и рудопроявлений (около 30) располагается на площади 6 кв. км в Иткульском ультраосновном массиве. Рудные тела – мелкие линзы длиной 10-20 м, мощностью до 1,5 м, руды вкрапленные, реже массивные. Примером могут служить линзы разбудинированного массивного и нодулярного хромита в апосерпентинитовых метасоматитах в скальных обнажениях восточного берега оз. Иткуль (рис. 1.6).

В группе Сысертских ультрабазитовых массивов известно 16 месторождений и рудопроявлений хромита с линзо- и штокообразными телами преимущественно вкрапленных руд длиной по простиранию до 30-45 м, по падению до 75 м при мощности 5-10 м.

Медь, никель, кобальт. В XVIII-XIX вв. в Сысертском районе на трех рудниках велась добыча окисленных медных руд. На участке одного из них Иткульской ГСП в результате детальных поисковых работ в 1988-1989 гг. выявлено Карасьевогорское рудопроявление сульфидных руд меди, никеля, кобальта с примесью золота и серебра. Оно располагается в 7 км к юго-западу от пос. В. Сысерть.

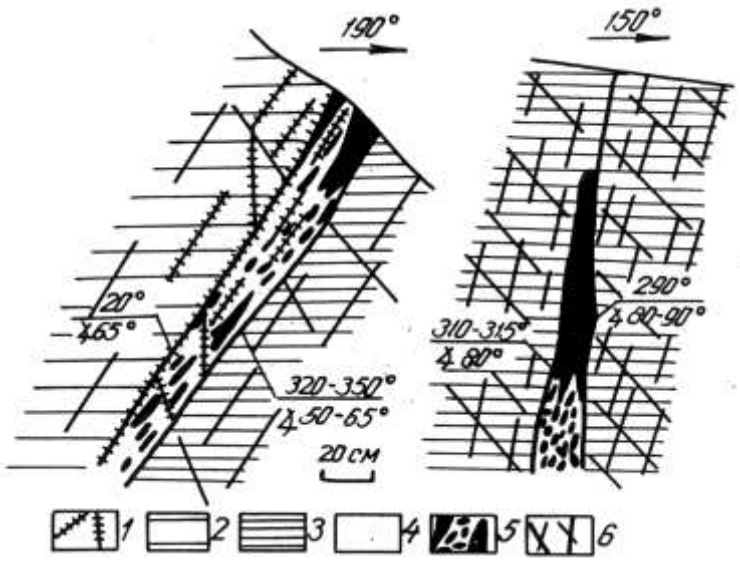


Рис. 1.6. Жилы разбудинированного массивного и нодулярного хромита в апосерпентинитовых актинолит-хлорит-тальковых и тальк-карбонатных породах. Зарисовки обнажений на восточном берегу оз. Иткуль (по О. Н. Грязнову):

1 – тальковые и тальк-карбонатные прожилки; 2 – тальк-карбонатные породы; 3 – актинолит-хлорит-тальк-карбонатные горные породы; 4 – зоны рассланцевания, оталькования, карбонатизации; 5 – будины и гнезда массивного и нодулярного хромита; 6 – тектонические трещины

Рудопроявление располагается в северной части Ташкульской синклинорной зоны и залегает в небольшом линейном теле апогипербазитовых тальк-карбонат-антофиллитовых пород длиной более 1 км среди сланцев саитовской свиты и гранитов. Двумя скважинами пересечены две сближенные жилообразные рудные залежи. Первая, подсеченная на глубине 110,5-111,7 м, сложена окисленной рудой (бурый железняк с реликтами сульфидов) с содержанием меди 0,26-3,93 %, золота – от 0,1 до 18,5 г/т, серебра – до 12,5 г/т. Вторая (136,9-151,3 м) в верхней части сложена зоной вторичного сульфидного обогащения (халькозиновая сыпучка) и на 50-60 % сложена рудными минералами: халькозином, реликтами халькопирита, пирита, виоларита, гидроокислами железа, присутствуют мелкие зерна свободного золота. Содержания меди – 6,86-31 %, никеля – 0,08-0,50 %, золота – 8-36 г/т, серебра – 17,4-74,7 г/т. Нижняя часть рудного интервала сложена вкрапленными и массивными первичными сульфидными рудами, в состав которых входят халькопирит, пирротин, пирит, пентландит, золото. В сплошных рудах содержание меди 9,28-16,55 %, никеля – 0,39-0,71 %, кобальта – 0,19-0,29 %, золота – 1,6-4,1 г/т, серебра – 24,3-33,0 г/т, во вкрапленных – несколько ниже.

По минеральному и химическому составу руд и геологическому положению Карасьевогорское рудопроявление относится к сульфидной медно-никелевой рудной формации и похоже на известные южноуральские месторождения вкрапленных сульфидных руд в гипербазитах Ивановское и Ишкининское. Отличия только в отсутствии платины и повышенных содержаниях золота и серебра.

Хотя на соседних профилях оруденение не установлено и рудопроявление промышленного значения не имеет, перспективы района на сульфидные медно-никелевые месторождения достаточно высоки, особенно учитывая протяженный пояс мелких ультраосновных интрузий.

Тантал и ниобий. В районе г. Сысерть и пос. Верхняя Сысерть известны мелкие проявления колумбит-пирохлоровой минерализации в маломощных дайках гранитов и пегматитов с низкими содержаниями тантала и ниобия.

В самих гранитах содержание пятиокиси тантала 0,002-0,004 %, ниобия – 0,009-0,021 % связаны с акцессорной вкрапленностью колумбита, пирохлора, монацита, ортита и практического значения не имеют, но в корах выветривания по гранитам содержания этих металлов несколько повышаются и местами могут достигать промышленных концентраций.

Золото. В Сысертском районе были выявлены и разрабатывались небольшие россыпные и коренные месторождения золота (рис. 1.7).

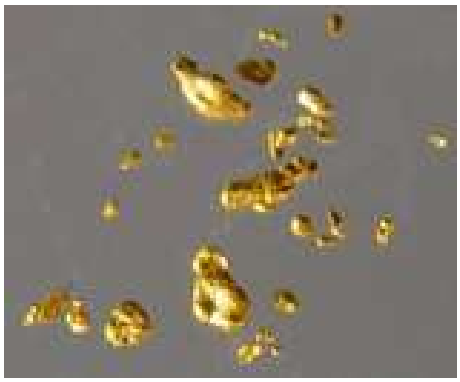


Рис. 1.7. Рудное золото Благовещенского (Верх-Сысертского) месторождения

Открытие и начало разработки россыпных месторождений относится к 1823-1824 гг. Основные россыпи располагались в долине р. Сысерти и по ее притокам – Глубокой, Каменке, Дальней, Черной и др. Несмотря на сравнительно невысокое содержание (до 1,5-3,0 г/т), из 28 россыпей было добыто более 2000 кг золота.

Первое коренное месторождение золота выявлено в 1890 г. Всего в районе в настоящее время известно одно месторождение и 28 рудопроявлений. С 1892 г. разрабатывалось, в основном, Верх-Сысертское (Благовещенское) месторождение. Почти все рудопроявления золота связаны с кварцевыми жилами, минерализованными сульфидами железа, меди и цинка, арсенопиритом, магнетитом и располагаются преимущественно в сланцевом обрамлении, значительно реже – в краевых частях гнейсовых куполов.

Верх-Сысертское (Благовещенское) месторождение открыто в 1890 г. и отрабатывалось с 1892 по 1908 гг. Добыча руды сначала велась открытыми разрезами до глубины 10-15 м, а затем шахтами глубиной 20-60 м. В 1933 г. на месторождении начались восстановительные работы и с 1934 г. до 1956 г. продолжалась его разработка.

Месторождение приурочено к сланцам саитовской свиты и прорывающим их интрузивным телам габбро; редкими являются здесь очень мелкие тела гипербазитов и дайки гранитов. На месторождении установлены две рудные зоны – Западная и Восточная, из которых первая расположена севернее Верх-Сысертского разлома, а вторая к югу от него с расстоянием между ними по линии разлома около 1 км. По данным разведочных и эксплуатационных работ (В. П. Трифонов, 1948), рудные жилы залегают среди кристаллических сланцев, амфиболитов и габбро-амфиболитов с прослоями хлоритовых, тальк-хлоритовых и хлорит-карбонатных сланцев. Сланцы смяты в запрокинутые на запад изоклинальные складки и падают на восток под углами 46-70°. Встречаются редкие дайки гранитов.

Западная рудоносная зона прослежена по простиранию на 1,2 км и уходит на севере под наносы. Золотоносные кварцевые жилы приурочены к секущим взбросо-сдвиговым трещинам ССЗ (340-345°) простирания и падают на ВСВ под углами от 35-60° до 80-85°. Длина жил – от 100 до 600 м, мощность – 0,3-6,3 м. Вмещающие породы в зальбандах жил окварцованы. Кварцевые жилы содержат примесь карбоната (3-14 %) и слабо минерализованы пиритом, халькопиритом, пирротином, шеелитом, сфалеритом, галенитом. Содержания золота чаще от 2,5 до 8 г/т. На глубину жилы Западной зоны прослежены до 72 м горными выработками и до 130 м буровыми скважинами.

В Восточной рудоносной зоне рудные жилы имеют длину 50-240 м при мощности от долей метра до 2-3 м, в раздувах – до 4-5 м. Они залегают согласно с вмещающими породами и падают на восток по азимуту 90-100° под углами 50-70°. Вмещающие породы в лежачем боку жил окварцованы, а в висячем боку серицитизированы. В метасоматических оторочках содержится вкрапленность сульфидов и на расстоянии до 0,5-0,6 м от контактов жил наблюдается промышленное содержание золота. Минеральный состав жил в Восточной зоне более сложный. Кроме кварца и карбоната содержатся пирит (7-50 %), арсенопирит (до 25 %, обычно 2-3 %), халькопирит (2-10 %), сфалерит (5-25 %), а также марказит, пирротин, галенит, магнетит. Содержание золота несколько ниже, чем в Западной зоне. Видимого золота почти не наблюдается, оно связано с сульфидами. Жилы Восточной зоны прослежены до глубины 40 м горными выработками и до 75 м – буровыми скважинами.

Повышенные содержания золота в жилах Западной зоны чаще наблюдаются в раздувах, а в Восточной зоне – в местах наибольшей концентрации сульфидов, особенно арсенопирита. Зона окисления развита до глубины 10-30 м, в отдельных случаях до 50 м от поверхности, зона вторичного обогащения почти не выражена. Резкого изменения содержания золота с глубиной не отмечается, но количество сульфидов в Восточной зоне увеличивается на глубину. А.А. Машаров и В.Ф. Копанев считают, что резкое различие в минеральном составе жил Западной н Восточной зон обусловлено разной глубиной их эрозионного среза (Восточная зона представлена корневыми частями жил), что, по-видимому, нужно связывать с расположением этих рудных зон по разные стороны Верхне-Сысертского разлома.

Торф. В районе имеются многочисленные месторождения торфа преимущественно низинного типа с мощностью залежей до 11 м. Большая часть месторождений не эксплуатируется.

Антофиллит-асбест. В районе открыто и разведано значительное число месторождений этого уникального сырья (Сысертское, Мочаловское, Терсутское, Калмацкое, Черновское, Каменушинское и др.). Эксплуатация их началась в 1947 г. и продолжается в настоящее время. Все месторождения связаны с глубоко

метаморфизованными среднерифейскими гипербазитами и располагаются в северной части Ташкульской синклинорной зоны. Наиболее интенсивное асбестообразование проявилось в зонах значительной тектонической проработки пород, сопровождавшейся будинированием крупных тел и гранитизацией межбудинных пространств. Асбестоносные тела имеют линзо- и штокообразную форму длиной от нескольких метров до 100 м и мощностью не более нескольких метров, максимальные содержания асбестового волокна – до 25-30 %.

Обобщенная метаморфогенно-метасоматическая зональность в ходе развития антофиллитовых метасоматитов и образование аньтофиллит-асбеста на Сысертском месторождении имеет вид: оливин-энстатитовые породы – серпентиниты – тальк-карбонатные породы – тальк-карбонат-антофиллитовые породы – антофиллит-асбест-хлорит-тальковые и актинолит-тальковые породы – хлорит-вермикулитовые породы. В конкретном выражении в отдельных телах гипербазитов все зоны образуются редко. Развитие зональности на контакте одного из тел метагипербазитов Мочаловского месторождения иллюстрируется рис. 1.8.

Тальк. В Сысертско-Ильменогорском мегантиклинории известно около 80 месторождений и проявлений тальковых и тальк-карбонатных пород. Все они приурочены к метаморфизованным гипербазитам. Залежи тальковых и карбонат-тальковых пород имеют длину до 600 м при мощности до нескольких десятков метров. Наиболее крупными являются месторождения Сысертское (тальк) и Шабровское (карбонат-тальковые породы). В 6 км к северу от базы практики располагается отработанное Черновское месторождение талька (Тальков Камень).

Оталькование развивается в краевых частях гипербазитовых тел или внутри них по зонам рассланцевания, трещиноватости, дробления. Серпентиниты имеют постепенные переходы к тальковым и тальк-карбонатным породам. В последних наблюдаются реликты антигорита. Биметасоматическая зональность, развивающаяся на контакте серпентинитов и алюмосиликатных пород в северной части Иткульского массива гипербазитов, имеет вид (рис. 1.9): серпентиниты – оталькованные серпентиниты – тальк-карбонатные породы (рис. 1.10) – талькиты – актинолитовые породы – хлоритовые породы – биотитизированные алюмосиликатные породы – алюмосиликатные вмещающие породы. Мощности зон непостоянны и варьируются в широких пределах. Не всегда формируется полная зональность, некоторые зоны могут отсутствовать, чаще всего это касается актинолитовой зоны. Иногда вместо нее появляется тальк-хлоритовая зона, а в алюмосиликатных породах развиваются порфиробласты силикатов.

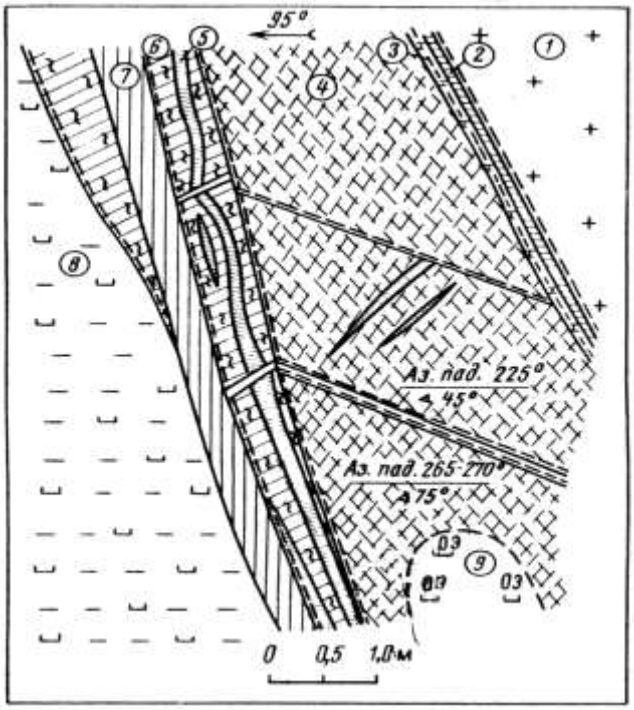


Рис. 1.8. Развитие биметасо-матической зональности на контакте плагиогранитов и серпенти-низированных оливин-энстатитовых пород. Мочаловское месторождение антофиллит-асбеста (южная стенка) (по О. Н. Грязнову):

Цифры в кружках: 1 – плагиограниты биотитовые; 2 – биотит-флогопитовые метасоматиты; 3 – хлоритовые метасоматиты милонитизированные; 4 – антофиллит-карбонатные метасоматиты; 5 – антофиллит-асбест (поперечно-волокнистый); 6 – хлорит-тальковые метасоматиты, интенсивно дислоцированные; 7 – серпентиниты карбонатизированные; 8 – серпентиниты апогарцбургитовые; 9 – гарцбургит

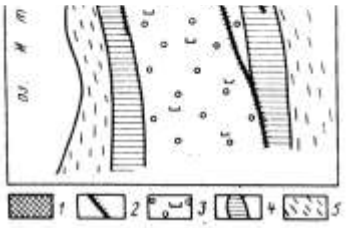


Рис. 1.9. Схематическая карта метаморфогенно-метасоматической зональности в северной части Иткульского массива гипербазитов (по О. Н. Грязнову):

1 – ореол тальк-карбонатных метасоматитов; 2 – локальные зоны развития тальк-карбонатных метасоматитов; 3 – серпентиниты; 4 – апогипербазитовые актинолитовые, плагиоклаз-актинолитовые метасоматиты; 5 – биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы

Рис. 1.10. Тальк-карбонатная порода с прожилком благородного талька. Карьер "Тальков Камень"

Кварц. Гранулированный кварц является новым видом сырья для получения технического стекла. Жилы гранулированного кварца связаны с зонами наиболее высокотемпературного метаморфизма и залегают в породах гнейсового ядра. В южной части Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория эксплуатируется Кыштымское месторождение такого кварца. На Верхне-Сысертской площади встречаются отдельные жилы гранулированого кварца.

Гранат. Гранатизация метаморфических пород широко проявлена в породах ядра и сланцевого обрамления. Наиболее обогащены гранатом хлоритовые и амфибол-хлоритовые сланцы по периферии гнейсовых куполов. В Сысертском районе известны два месторождения граната (Глубочинское и Южно-Копанское) в зоне сланцевого обрамления Шумихинского купола. Глубочинское месторождение расположено в 5 км к ЮВ от пос. Верхняя Сысерть. Кристаллы граната имеют размеры 2-5 см, реже до 12 см, содержание их в породе до 40 %. Линзы обогащенных гранатом пород имеют длину 15-40 м при мощности 3-12 м. На Южно-Копанском месторождении тело гранатсодержащих пород имеет протяженность 440 м, мощность 4-22 м, содержание граната от 7 до 25 % (в среднем 12-15 %), размеры кристаллов от 1-2 до 8-10 см; запасы граната более 5 000 тонн (рис. 1.11).

Рис. 1.11. Зеленый сланец с кристаллами граната. Шурф "Гранатовая горка".

К месторождениям граната относятся также пляжные гранатовые пески по берегам оз. Иткуль.

Каолин. В районе разрабатывалось несколько мелких месторождений каолина в коре выветривания. Наиболее крупное из них – Сысертское, имеет длину залежи около 300 м, ширину 100-200 м и среднюю мощность 6,6 м.

Строительные материалы. В качестве различных строительных материалов в районе используется мрамор, бутовый камень (граниты, амфиболиты, гнейсы и др.), кирпичные глины, песок, дресва, щебень и др.

Глава 2

Петрофизика

2.1. Петрографическое описание пород участка Верх-Сысертский

Асп. А.В. Алексеев, доц. И.И. Бреднев, доц. С.А. Игумнов

Когда возьмешь с любовью
камень в руки,
Петру святому поклонись
смиренно
И ты вкусить сумеешь
непременно
Плоды петрофизической науки

А свойств набор, измерив
аккуратно.
Поймешь пород и руд
происхожденье
И станет даже глупому
понятно
Какое, как и где искать
месторожденье

В. Сапожников,
выпускник СГИ 1959 г.

Для корректного изучения физических свойств образцов пород и руд необходимо предварительно установить их петрографический и минеральный состав, структурные и текстурные свойства, степень преобразований и вероятный генезис. В разделе приведены такие данные по основным разновидностям пород Верх-Сысертского полигона практики. Описания сопровождаются изображениями образцов (полированные поверхности) и шлифов (правая часть – николи параллельны, левая – николи скрещены, увеличение 64^{x}) исследованных пород.

состава часто встречаются в виде пачек и прослоев в породах саитовской свиты, наиболее характерные обнажения в районе золоторудного месторождения Верх-Сысертского.

Минеральный состав: плагиоклаз (соссюрит) – 70 %, биотит – 20 %, гранат – 9 %, сульфиды – 1 %. Структура порфиробластовая, текстура сланцеватая.

Макроскопическое описание: зеленовато-серая порода с хаотично рассеянным гранатом в виде крупных идиоморфных зерен (додекаэдров) светло-коричневого цвета (до 0,4 см). Биотит в виде слабо ориентированных линзовидных и порфировидных скоплений. Сульфиды рассеяны по породе, тяготеют к мелким трещинам, представлены в основном пиритом.

Микроскопическое описание: основную массу породы слагает практически нацело соссюритизированный плагиоклаз (А) со следами давления в виде слабо проявленной ориентировки. На его фоне отчетливо выделяются крупные чешуйки вторичного биотита (В), нередко с волнистым угасанием. Гранат образует крупные идиоморфные кристаллы размером от 2 до 5 мм. Рудный минерал (С) вторичный, что хорошо видно по его ассоциации с биотитом и одинаковой с ним ориентировке.

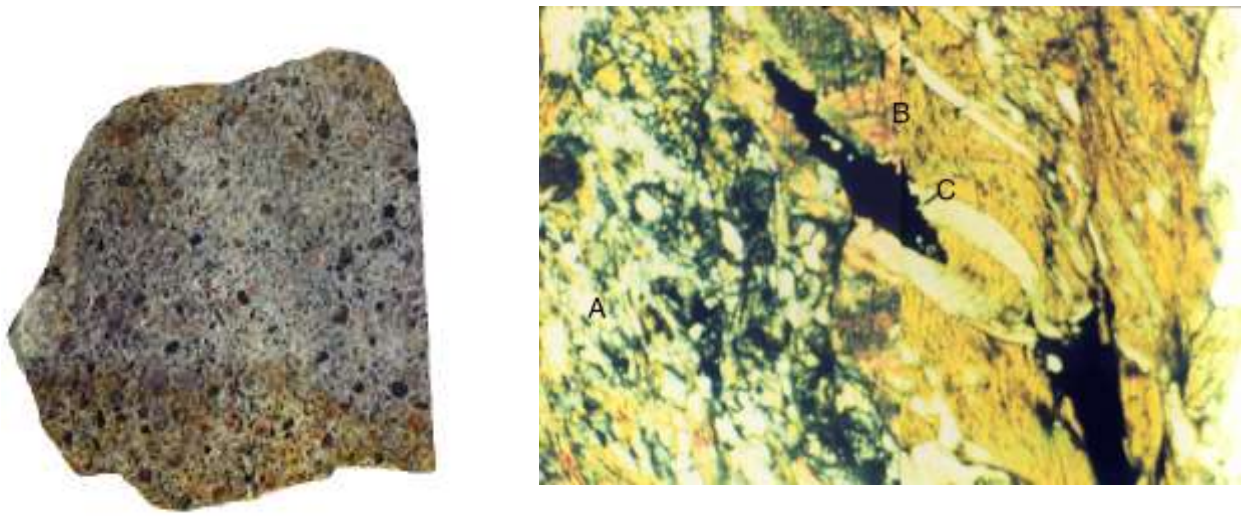


Рис. 2.1. Биотитовый плагиосланец

Саитовская свита. Биотитовый плагиосланец (рис. 2.1). Породы такого

Генезис: первичная вулканогенно-осадочная порода габбрового состава претерпела несколько стадий метаморфизма. На первой стадии, более высокотемпературной, сформировались амфиболиты: произошло раскисление плагиоклаза до альбита, сформировался гранат и амфибол (роговая обманка). На следующей, низкотемпературной стадии, плагиоклаз превратился в соссюрит, а роговая обманка, и, частично, гранат, заместились биотитом. Последнее хорошо видно по форме новообразований биотита.

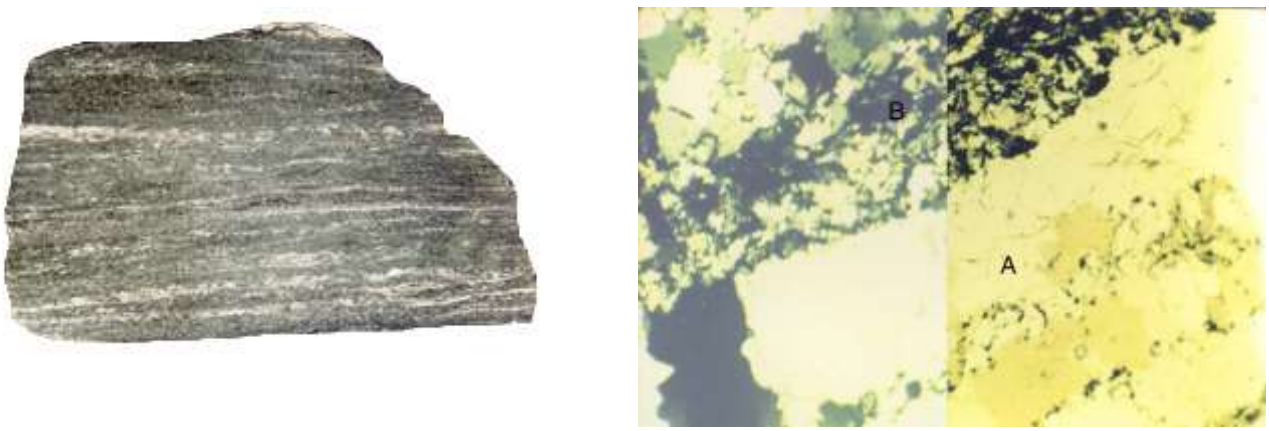


Рис. 2.2. Графитовый кварцит

Игишская свита. Графитовый кварцит (рис. 2.2). Переслаивающиеся толщи графитовых кварцитов и кварцитов слагают в пределах полигона все отложения игишской свиты.

Минеральный состав: кварц – 70-75 %, графитовое вещество – 25-30 % сульфиды – единичные зерна. Структура гранобластовая, текстура сланцеватая.

Макроскопическое описание: темно-серая порода с отчетливой сланцеватостью, выраженной в чередовании кварцевых и графито-кварцевых слойков. Наблюдается заметное увеличение размеров зерен кварца в собственно кварцевых слойках. Отмечаются единичные ксеноморфные зерна пирита. На породы наложено более позднее рассланцевание.

Микроскопическое описание: характерны очень четкие границы между отдельными слойками, очевидно, наследующие первичную осадочную слоистость. Кварц варьируется по размеру от мелкозернистого (<0,5 мм) в графито-кварцевых прослойках до среднезернистого (0,5 - 3,0 мм) в кварцевых. Для него характерна ксеноморфная форма, извилистые границы и следы слабого проникновения друг в друга, в то же время следов неоднородности самих кристаллов нет. Графитовое вещество образует отдельные прослои средне- и крупнозернистых агрегатов, но в основном равномерно рассеяно по графито-кварцевым слойкам в виде изометричных непрозрачных стяжений.

Генезис: первично осадочная неясного состава в процессе метаморфизма на уровне амфиболитовой, а возможно и гранулитовой фаций, превратились в породы бимерального состава с новообразованным или перекристаллизованным кварцем и значительным количеством углистого (графитового) вещества. Источник последнего, учитывая возможный рифейский возраст пород, проблематичен. Сульфидная примесь наложенная, связана с небольшими интрузиями основного состава, внедряющимися по разломам

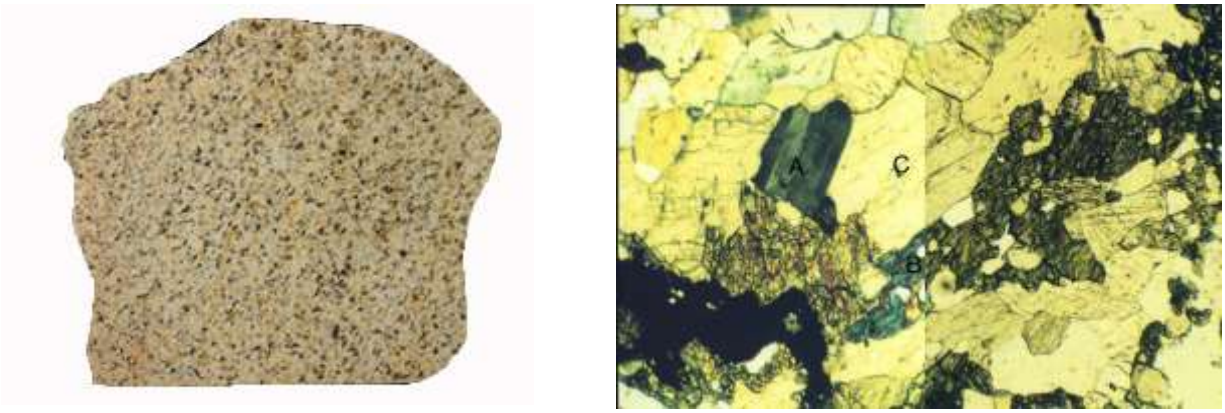


Рис. 2.3. Гранит

Саитовская свита. Гранит (рис. 2.3). Граниты встречены в виде крупного штокообразного тела севернее пос. В. Сысерть.

Минеральный состав: полевой шпат – 25-30 %, кварц – 25-30 %, калиевый полевой шпат – 25-30 %, биотит и амфибол – до 15 %. Структура мелко-среднезернистая, текстура массивная.

Макроскопическое описание: порода с равномерным распределением основных петрогенных минералов, очень слабо проявлена рассланцеванность. Причем если в расположении светлых минералов можно усмотреть определенную упорядоченность, то темноцветная рассеяны достаточно хаотично и разноориентированы. Кварц, калиевый полевой шпат и плагиоклаз образуют ксеноморфные изометричные зерна размером до 0,5 см, биотит и амфибол – игольчатые и призматические зерна до 0,7 мм по удлинению.

Микроскопическое описание: кварц представлен небольшими изометричными зернами от 0,1 до 0,5 мм (С) с четкими границами и без включений посторонних минералов. Калиевый полевой шпат представлен в основном микроклином с характерной микроклиновой решеткой. Плагиоклаз (А) в виде призматических кристаллов, как правило с четкими двойниками, в основном альбит. Биотит образует ксеноморфные призматические кристаллы с включениями плагиоклаза и кварца, наблюдается также амфибол (В - роговая обманка) с отчетливым плеохроизмом от светло- до темно-зеленого цветов.

Генезис: этот гранитный шток является результатом частичного плавления пород на уровне гранулитовой фации метаморфизма. О прохождении именно плавления, а не метасоматического замещения говорит чистота зерен кварца и плагиоклаза от включений и их четкие границы. Темноцветные минералы более тугоплавки и поэтому наследовались из первичного субстрата. Таковым служили породы саитовской или черновской свиты, выплавленная масса внедрилась по ослабленным зонам (субмеридиональным разломам) с образованием типичных для таких пород форм – штоко- и жилообразных.

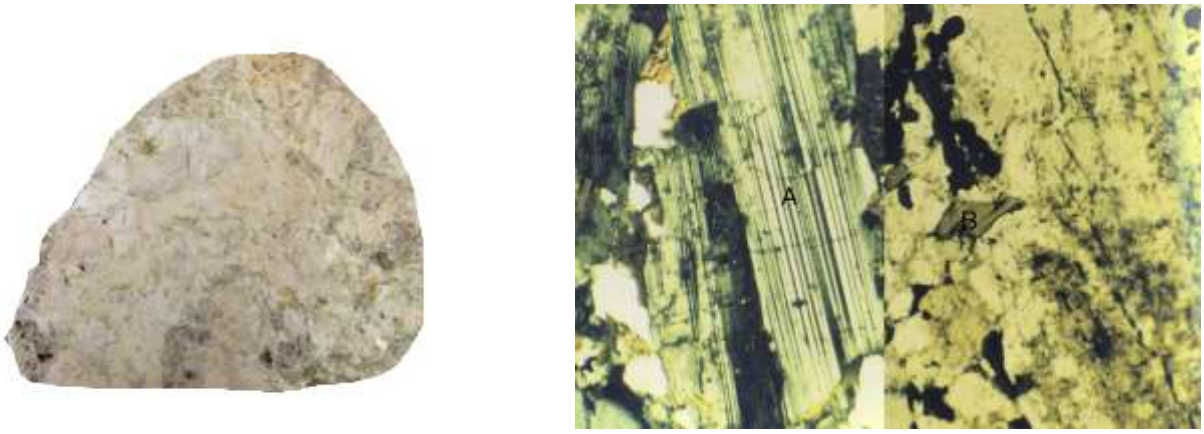


Рис. 2.4. Пегматит

Саитовская и игишская свиты. Пегматит (рис. 2.4). Пегматиты распространены в виде небольших жилообразных тел по всей территории полигона.

Минеральный состав: кварц – 35-40 %, калиевый полевой шпат – 15-25 %, полевой шпат – 45-50 %, мусковит и биотит – до 10 %, иногда акцессорная примесь граната. Структура гигантозернистая, текстура массивная.

Макроскопическое описание: светлые крупно- и гигантозернистые породы с размером отдельных зерен до 10-15 см. Кристаллы плагиоклаза и калиевого полевого имеют идиоморфные очертания, их двойники различимы невооруженным глазом. Слюды обычно образуют пачки листоватых агрегатов, преобладает мусковит. Он же встречается в виде отдельных чешуек, рассеянных по породе. Кварц выделяется в виде неправильных чистых агрегатов, нередко кварцевые прожилки секут другие минералы. Межзерновое пространство заполнено более мелкозернистой смесью кварца и плагиоклаза. Пегматиты среди пород игишской свиты обладают меньшей зернистостью, в них практически отсутствуют темноцветные минералы, отмечается акцессорная примесь граната (вероятно гроссуляра). Примеси рудных компонентов не обнаружено.

Микроскопическое описание: как правило пегматиты не нуждаются в описании под микроскопом, их гигантозернистая структура позволяет диагностировать минералы визуально. Также визуально или под небольшим увеличение наблюдается неоднородность всех крупных кристаллов – зоны роста, включения других минералов, двойники кристаллов. Более мелкозернистая структура пегматитов игишской свиты позволяет рассмотреть сдвойникованные призматические зерна плагиоклаза (A), отдельный листоватые чешуйки биотита (B). Нередко наблюдается неоднородность кристаллов- волнистое погасание, зональность. Кварц, как наиболее поздний минерал, заполняет все пустоты, образовавшиеся после кристаллизации других компонентов.

Генезис: наиболее поздние по возрасту породы, являются результатом возгонки остаточных гидротерм, несущих низкотемпературные компоненты, в основном кремнезем. Поскольку они достаточно тесно связаны с составом материнских пород, то, соответственно, их состав значительно варьируется в зависимости от источника гидротерм. Пегматиты залечивают многочисленные разломы и наследуют их ориентировку.

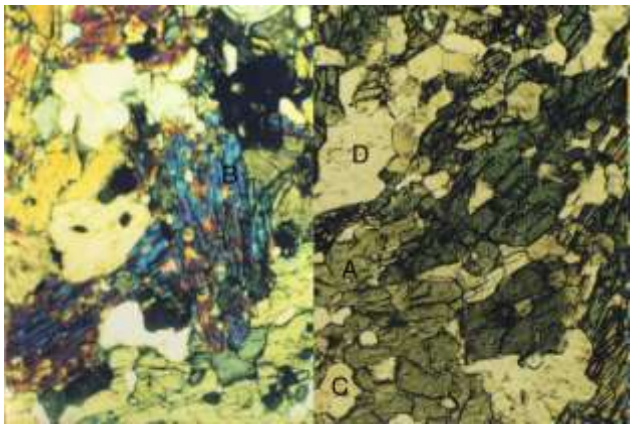


Рис. 2.5. Апогаббровый амфиболит

Саитовская свита. Апогаббровый амфиболит (рис. 2.5). Встречаются южнее плотины Верхне-Сысертского водохранилища в виде двух тел апогаббровых интузивных пород.

Минеральный состав: амфибол (роговая обманка) – 55-60 %, плагиоклаз – 40-45 %, кварц – 5-7 %, пироксен – до 5 %, карбонат – до 5 %, в отдельных пачках отмечается повышенное количество граната (до 10-15 %). Структура гранолепидобластовая, текстура сланцеватая.

Макроскопическое описание: темно-серая скрытокристаллическая порода с прекрасно проявленной тонкой сланцеватостью. Количество темноцветных и светлых минералов изменяется от практически мономинеральных плагиоклазовых слойков до смешанных плагиоклаз-амфиболовых с резким преобладанием последнего. Визуально минералы практически не диагностируются из-за мелкого размера и частого образования псевдоморфоз. Для таких пород характерно большое количество птигматитовых прожилков кварцевого и плагиоклаз-кварцевого состава. Сульфидная примесь отмечается очень редко и обычно в виде единичных зерен пирита, реже халькопирита.

Микроскопическое описание: амфибол (роговая обманка) выделяется в виде вытянутых неправильных кристаллов (А), с многочисленными включениями плагиоклаза и, отчасти, кварца, иногда образует псевдоморфозы по пироксену. Иногда можно наблюдать зональное строение амфибола. Пироксен (В) сохраняется в виде реликтов, хорошо отличимых по более высокой интерференционной окраске, представлен в основном клинопироксеном. Плагиоклаз (С) характеризуется изометричными ксеноморфными очертаниями, часто соссюритизирован, очень редки двойники. По последним устанавливается его номер – обычно олигоклаз, реже альбит. Примесь кварца и карбоната (С) наиболее поздняя и обычно не превышает 5-10 %.

Генезис: габброидные интрузивные тела первоначального плагиоклаз пироксенового состава метаморфизованы в условиях амфиболитовой фации и превращены в апогаббровые амфиболиты. Существенное однонаправленное давление обусловило отчетливое рассланцевание пород. По пироксену развилась роговая обманка, плагиоклаз раскислился и частично был соссюритизирован. Карбонат и кварц вторичные, поэтому чаще всего образуют наложенные прожилки

Рис. 2.6. Плагиоклаз-амфиболовый сланец

Саитовская свита. Плагиоклаз-амфиболовый сланец (рис. 2.6). Наиболее широко распространены в районе Верхне-Сысертского месторождения золота в виде мощных прослоев и пачек.

Минеральный состав: амфибол (роговая обманка) – 55-60 %, плагиоклаз – 35-40 %, кварц и карбонат – 5 %, сульфиды – 3-4 %. Структура среднезернистая, текстура гранолепидобластовая.

Макроскопическое описание: темно-серая пятнистая порода с отчетливо видной зернистостью минералов. Пятнистость обусловлена скоплениями игольчатого амфибола (роговой обманки) или изометричного плагиоклаза (олигоклаз). Роговая обманка средне- и крупнозернистая, хаотично ориентированная, плагиоклаз мелкозернистые. Сульфиды рассеяны по породе с образованием небольших облачных скоплений. Порода пересечена кварц-карбонатным прожилком без сульфидной примеси.

Микроскопическое описание: плагиоклаз (А) распространен в виде небольших изометричных зерен, часто сдвойникованных, иногда со слабыми следами соссюритизации. Представлен по большей части олигоклазом и альбитом. Отчетливо видны две генерации плагиоклаза, из которых первая, ранняя, образует включения во второй, поздней. Амфибол (роговая обманка) также выделяется в двух генерациях: первичная, замещающая пироксен, характеризуется ксеноморфными изометричными или неправильной формы зернами и вторичная (В), образующая идиоморфные игольчатые кристаллы, сформировавшиеся по пироксену, с многочисленными включениями плагиоклаза. Кварц и карбонат (С) редки, сульфиды занимают межзерновое пространство, представлены в основном пиритом и халькопиритом.

Генезис: метаморфическая порода по первичным вулканогенно-осадочным отложениям, сформировавшаяся в условиях амфиболитовой фации метаморфизма. Близость по составу интрузивных габброидов и вулканогенных образований обусловили сходный процесс метаморфизма и близкий минеральный состав итоговых метаморфических пород. В процессе метаморфизма основной плагиоклаз (андезин) раскислился до олигоклаза, а пироксен заместился роговой обманкой. От первичного состава остались только единичные реликты. Сульфидизация является наложенной, несущей золотое оруденение, ее источником послужили гранитоидные массивы севернее верх-сысертского участка. Низкотемпературные стадии метаморфизма не проявлены, поэтому минералы остались относительно свежими.

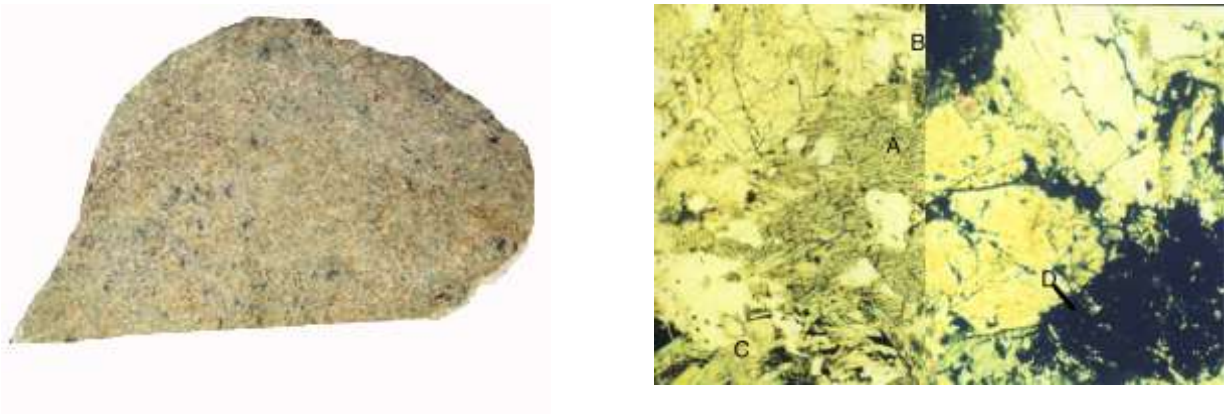


Рис. 2.7. Тальк-карбонатные породы по ультрабазитам

Саитовская свита. Тальк-карбонатные породы по ультрабазитам (рис. 2.7). Слагают небольшое интрузивное тело южнее плотины Верхне-Сысертского пруда.

Минеральный состав: тальк – 60 %, карбонат – 15-20 %, антигорит – до 10 %, хлорит – до 10 %, магнетит – до 5 %. Структура гранонематобластовая, текстура массивная.

Макроскопическое описание: светло-зеленая порода, представляющая собой спутанно-волокнистую массу талька, игольчатые кристаллы которого ориентированы хаотично, нередко в виде лучистых агрегатов. Слабое ожелезнение придает отдельным участкам породы буроватый цвет, темно-зеленые участки сложены антигоритом. Карбонат часто присутствует в виде отдельных идиоморфных крупных (до 5 мм) кристаллов, на поверхности быстро выветривается.

Микроскопическое описание: практически вся порода сложена сноповидными агрегатами талька (A), сформировавшегося по оливину или ранним серпентинам. Хлорит (B) образует облачные скрытокристаллические скопления. Антигорит слагает отдельные участки в виде игольчатых светло-серых агрегатов, по отдельным зонам также проявлен лизардит. Железистый карбонат (C - брейнерит) концентрируется в интерстициях тальковых полос или образует собственные идиоморфные кристаллы. Отдельные зерна магнетита (D) являются псевдоморфозами по хромиту, на что указывает их унаследованная форма.

Генезис: первичные оливин-пироксеновые гипербазиты с небольшим количеством хромшпинели в условиях амфиболитовой фации превратились в серпентиниты, проходя последовательно стадии от лизардита (наиболее низкотемпературного, через хризотил и антигорит до талька (наиболее высокотемпературного минерала). В результате тальк слагает большую часть пород, подчинены ему реликтовые антигорит и лизардит. Магнетит частично выделился при серпентинизации, частично образовался за счет хромшпинели с наследованием ее форм. Именно благодаря новообразованиям магнетита метаморфизованные ультрабазиты имеют более высокие магнитные свойства, нежели первичные.

Следует строго различать апогипербазитовые метаморфические породы южнее плотины (описанные тальк-карбонатные породы) и сформировавшиеся по небольшим интрузивным телам в зоне разломов севернее плотины. В последнем случае процесс метаморфизма прошел дальше, породы представлены сложным агрегатом вермикулита, талька, карбоната, иногда даже мусковита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. М.: Мир, 1965. В 5-ти т.

2. Вильямс Х., Тернер Ф., Гилберт Ч. Петрография. М.: Мир, 1985. В 2-х т.

3. Музафаров В.Г. Минералогия и петрография. М.: Просвещение. 1964.

2.2 *Петрофизика.*

Учебно-методическая практика в УГГГА является важным этапом подготовки специалистов-геофизиков. Учебная петрофизическая практика проводится на полигоне Верхняя Сысерть или в Екатеринбурге (в зависимости от финансовых возможностей академии).

Цель практики: закрепление теоретического курса, получение практических навыков в измерении физических свойств образцов горных пород и руд, обработке результатов измерений. Главное внимание при организации практики уделяется изучению свойств пород Верх-Сысертского полигона, на котором в дальнейшем проводится учебно-методическая практика по основным геофизическим методам и знакомству с физическими свойствами типичных горных пород и руд.

2.2.1. *Задачи и методы петрофизических исследований*.

Данные. петрофизических исследований имеют определяющее значение при обосновании комплекса геофизических методов и технологии изучения недр, а также методики интерпретации измеренных физических полей.

Среди задач, решаемых на основании петрофизических исследований, можно выделить следующие:

1.-Измерение физических свойств геологических тел (стуктурно-литологические комплексы, пласты, отдельные интрузии, эффузивы, метаморфические образования, рудные тела, залежи углеводородов и т.д.) и зон развития геологических процессов (зоны локального метасоматоза, околорудные зоны, зоны трещиноватости и выветривания и т.д.) с целью определения их физических признаков.

2. Петрофизическая классификация горных пород и полезных ископаемых по одному или нескольким физическим параметрам, позволяющая выделить определенные классы геологических объектов или объединить их в единые структурно-вещественные комплексы (детализация или упрощение геологической классификации экспрессными геофизическими методами.

3. Оценка возраста и условий формирования горных пород. реконструкция истории развития отдельных участков земной коры.

4. Расшифровка геологической природы аномалий физических полей на основе выявления факторов, изменяющих физические параметры горных пород.

5. Подготовка исходного материала для изучения связей между физическими свойствами и другими (геологическими, технологическими, инженерными) признаками горных пород и полезных ископаемых для решения прикладных задач в разведочной и инженерной геологии, горного дела, экологии и т.д.

6. Установление корреляционных связей между различными физическими свойствами с целью уменьшения неоднозначности при комплексной интерпретации нескольких геофизических методов (например, сейсмического и гравитационного), определения одних физических параметров по другим (например, пористости и нефтенасыщенности по данным электрического каротажа).

Основой петрофизических являются лабораторные измерения образцов горных пород и полезных ископаемых. Полученные данные могут быть дополнены измерениями физических параметров в пределах геологических объектов в естественных условиях (на обнажениях, шурфах, горных выработках, скважинах), а также результатами интерпретации геофизических полей при дистанционных (аэро и наземных) исследованиях.

К главнейшим физическим свойствам, определяющим возможность применения различных геофизических методов и чаще всего определяемым в лабораторных условиях, относятся коллекторские, плотностные, магнитные, упругие, электрические свойства.

2.2.2. *Схема изучения физических свойств*.

Изучение физических свойств на образцах обычно включает в себя следующие этапы:

1. Отбор образцов с составлением коллекций (выборок), которые могут быть сформированы по разным признакам в зависимости от задач петрофизических исследований. Например, образцы горных пород предположительно однородного литологического состава или стратиграфической принадлежности, образцы пород единого структурного комплекса, образцы с определенной площади, трассы, скважины, и т.д.

2. Маркирование образцов, составление краткой геологической характеристики.

3. Составление каталога образцов с привязкой, геологической характеристикой, выделением набора признаков (литологические, стратиграфические, фациальные и т.д)., привязка по местности, глубина, условия отбора и т.д.).

4. Размещение в компьютерную базу данных,

5. Механическая подготовка образцов (по размерам, форме и т.д.).

6. Специальная подготовка образцов для измерений некоторых физических свойств (например, сушка для определения пористости или насыщение жидкостью для определения электрических свойств).

7. Проведение основных измерений.

8. Организация контроля точности на основе повторных измерений (внутренний и внешний контроль.)

9. Обработка данных измерений физических свойств и размещение в базу данных;

б. Оценка статистической однородности выборок; определение обобщенных характеристик физических свойств выборок; петрофизическая классификация горных пород и полезных ископаемых; установление корреляционных связей между физическими свойствами.

10. Анализ и обобщение результатов петрофизических исследований.

2.2.3. Особенности измерений и обработки результатов при исследовании неоднородных объектов

Очевидно, что исходным материалом для любых петрофизических построений являются результаты измерений физических свойств горных пород и полезных ископаемых. Под физическими свойствами мы понимаем некоторые количественные характеристики (параметры), которые определяют характер взаимодействия физических полей со средами (физические тела, минералы, горные породы и т.д.) либо определяют способность сред создавать те или иные физические поля. Например, скорость продольных волн, магнитная восприимчивость, удельное сопротивление, соответственно, определяют характер распространения упругих колебаний, способность намагничиваться, характер поля электрического тока в средах. А намагниченность, диффузионно-адсорбционная активность определяют, соответственно, характер магнитного поля и естественного электрического поля, создаваемого самими средами.

Горные породы, как основной объект изучения в петрофизике, неоднородны. Дело в том, что формирование горных пород (и, соответственно, их физических свойств) происходит под воздействием большого числа факторов, как внутренних, так и внешних. Например, при образовании массивов магматических пород их состав и структура определяются следующими основными факторами:

a) Глубиной кристаллизации расплава.
b) Распределением давления и температуры в пределах магматического тела.
c) Фракционной и гравитационной дифференциацией.
d) Перемешиванием расплава.
e) Взаимодействием магмы с вмещающими породами различного состава.

Каждый из перечисленных факторов, в свою очередь, является сложной функцией координат и времени. Результатом будет неоднородность состава, размера зерен, структуры и текстуры в пределах массива и, как следствие, неоднородность физических свойств.

Многообразие действующих факторов, их неопределенность во времени и пространстве позволяют рассматривать их как случайные события, а физические свойства как случайные величины, к которым может быть применен аппарат математической статистики.

При образовании осадочных (например, обломочных) пород главными факторами являются:

a) Вещественный состав пород источника сноса, характер и степень их выветривания.
b) Удаленность бассейна осадконакопления, глубина его, гидродинамические характеристики.
c) Химический состав и степень минерализации вод, окислительно-восстановительный потенциал, Ph и т.д.

В процессе формирования породы эти факторы изменяются в связи с изменениями источников сноса, глубин, гидродинамических и гидрохимических условий, что приводит к изменениям состава обломков, размеров и степени отсортированности зерен, количества и типа цемента и т.д. Возникает первичная неоднородность физических свойств.

На первичную неоднородность может накладываться вторичная, связанная с процессами преобразования: выветриванием, трещиноватостью, метаморфизмом, приносом и выносом вещества и т.д. Масштабы (размеры) неоднородностей могут быть самыми различными. Это могут быть отдельные кристаллы (зерна), прослойки, включения в пределах образца, неоднородности части изучаемого массива (пласта). В связи с этим, возникает необходимость учета неоднородностей и при измерении свойств отдельных образцов и при изучении геологических объектов (массивов, пластов и др.).

2.2.4. Измерение физических свойств отдельных образцов.

При измерении некоторых физических свойств (плотности методом гидростатического взвешивания, скорости упругих волн) сама методика измерений обеспечивает усреднение по всему объему образца в результате полного охвата образца измерительной установкой. В этом случае различия при многократных измерениях одних и тех же образцов связаны лишь с погрешностью измерений.

В других случаях (измерения магнитной восприимчивости каппаметрами, удельного сопротивления 4^x-электродной установкой) исследуется только часть образца. Для характеристики образца в целом проводят несколько (3-6) измерений в разных участках образца и вычисляют среднеарифметическое значение. В этой ситуации различия при многократных измерениях связаны частично с ошибками измерений, частично с разным характером усреднения при различных циклах измерений. Как правило, разделить эти расхождения не представляется возможным.

2.2.5 Измерение выборки образцов по геологическому объекту.

Для изучения геологического объекта (массив, пласт и т.д.) используют результаты измерений серии образцов (выборки), отобранных по этому объекту.

Предположим, что мы имеем **N** измерений некоторого физического параметра ***X***, среди которых присутствуют максимальное X_{max} и минимальное X_{min} значения. Разобьем весь диапазон измеренных значений на **m** интервалов с шириной каждого ΔX:

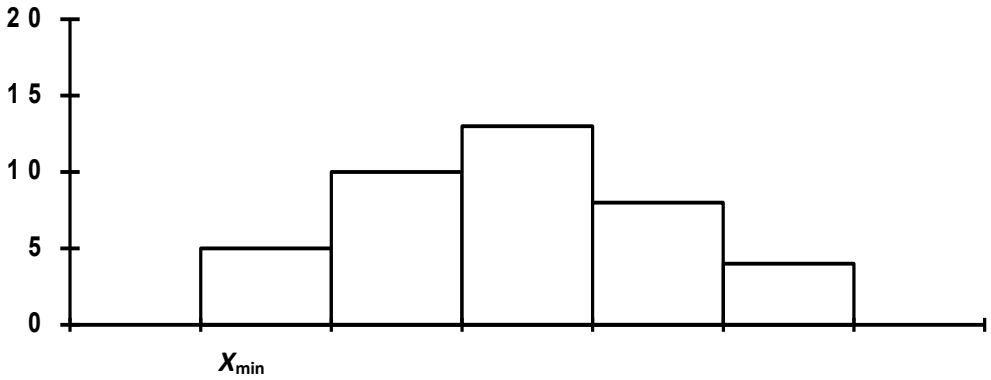
$$\Delta X = (X_{max} - X_{min})/m \qquad (2.1)$$

Количество интервалов **m** связано с объемом выборки **N** и обычно определяется формулой Старджеса:

$$m=3{,}3\log N+1 \qquad (2.2),$$

-где **m** округляется до целого числа.

Далее подсчитывают n_i - число значений параметра ***X***, попадающих в **i**-й интервал (**i**=1,2...**m**), и строят график зависимости n_i или (n_i/**N**) *100**%** от ***X.*** В каждом интервале найденное значение изображается в виде отрезка горизонтальной линии. Диаграмма такого вида носит название ***гистограммы.*** На рисунке (5.1) приведен пример гистограммы для **N**=40, **m**=5.



7.Гистограмма распределения параметра X

Часто для характеристики распределения какого-либо свойства нет необходимости строить вариационную кривую - достаточно указать значения основных параметров распределения. К таким параметрам относятся:

a) Модальное значение (мода) $\boldsymbol{X_{мод}}$ - значение, встречающееся наиболее часто.

b) Среднее значение, которое рассчитывается по формуле:

$$\overline{X} = \frac{\sum_i X_i \cdot n_i}{N},$$

где X_i - середина интервала,

n_i - число образцов в i-ом интервале,

N - общее количество образцов;

c) Выборочная дисперсия D характеризует степень разброса значений измеряемой величины и определяется по формуле:

$$D = \frac{\sum_i \left(X_i - \overline{X}\right)^2 \cdot n_i \cdot}{N}$$

Вместо дисперсии для характеристики степени разброса часто используют выборочный стандарт распределения $S = \sqrt{D}$, размерность которого совпадает с размерностью измеряемой величины. При нормальном распределении ширина вариационной кривой на высоте 0,6 от максимального значения приблизительно равна $2S$.

Гистограмма содержит в себе все статистические характеристики объекта исследования. В частности, величина $(\mathbf{n_i}/\mathbf{N})*100\mathbf{\%}$ представляет вероятность (в %) для данного объекта существования значений параметра $\boldsymbol{X}$ в пределах **i**-го интервала. При построении реальных гистограмм не следует абсолютизировать полученный результат. Дело в том, что мы всегда имеем дело с ограниченными выборками и каждое значение

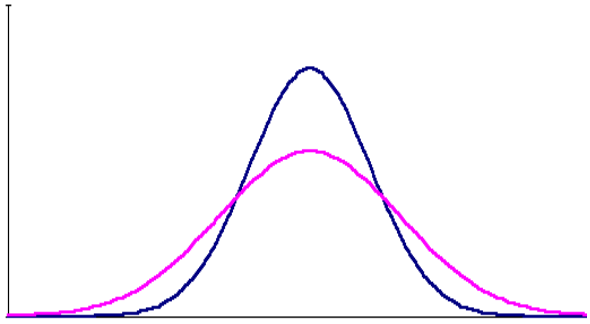
$\mathbf{n_i}$ получено с погрешностью, вероятное значение которой приближенно оценивается как $\sqrt{\mathbf{n_i}}$. При неограниченном возрастании объема выборки ***N***, число интервалов **m** также стремится к бесконечности, а ширина интервала ΔX к нулю, и мы получаем непрерывную кривую распределения, которую часто называют вариационной кривой. Приближенно вариационную кривую можно получить путем визуального сглаживания гистограммы таким образом, чтобы площади между осью абсцисс и гистограммой и осью абсцисс и вариационной кривой были равны.

Опыт изучения физических свойств показывает, что обычно распределение их подчиняется нормальному или логнормальному закону. При нормальном законе распределение описывается выражением:

$$\mathbf{F}(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left(\frac{(X - m_x)^2}{2\sigma^2}\right) \qquad (2.3),$$

где $\mathbf{m_x}$- математическое ожидание (среднее значение) параметра, **σ -** стандарт распределения. Величина $\mathbf{D=\sigma^2}$, представляющая собой математическое ожидание величины $(X\text{-}\mathbf{m}_x)^2$, носит название ***дисперсии***.

Нормальному закону подчиняется обычно распределение плотности, пористости, скорости продольных волн. На рис.5.2 приведен пример нормального распределения с двумя различными значениями стандарта.



8. Кривые нормального распределения.

Кривая характеризуется симметрией относительно моды и полностью определяется двумя величинами - $\mathbf{m_x}$ и $\mathbf{D=\sigma^2}$.

Логнормальный закон соответствует случаю, когда нормальному закону подчиняется логарифм параметра ($\log X$). Этому закону обычно подчиняется распределение магнитной восприимчивости, удельного электрического сопротивления, нефтенасыщенности. Для практического построения гистограмм или вариационных кривых в предположении существования логнормального закона, по измеренным значениям X_k вычисляются значения $\log X_k = Y_k$ которые обрабатываются способом, описанным выше.

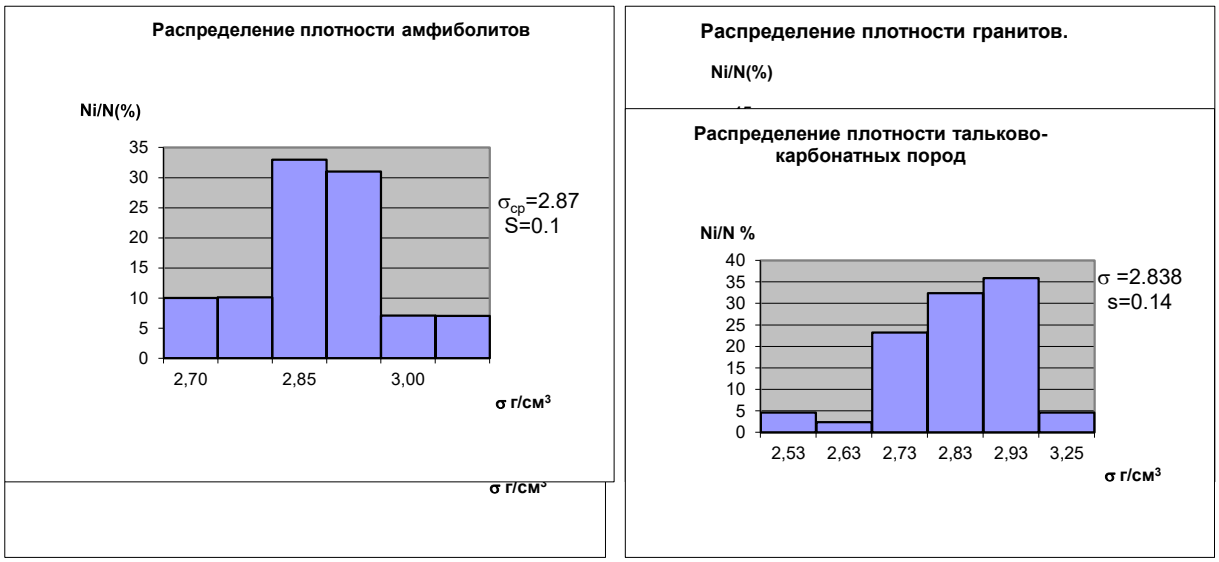
Реальные кривые распределения часто отличаются от теоретических. Они могут быть асимметричными и даже иметь два и более максимумов.

В первом случае появляются новые характеристики распределения (одна или более), например параметр асимметрии. В любом случае выборки считаются статистически одинаковыми если все (!!!) статистические параметры их одинаковы.

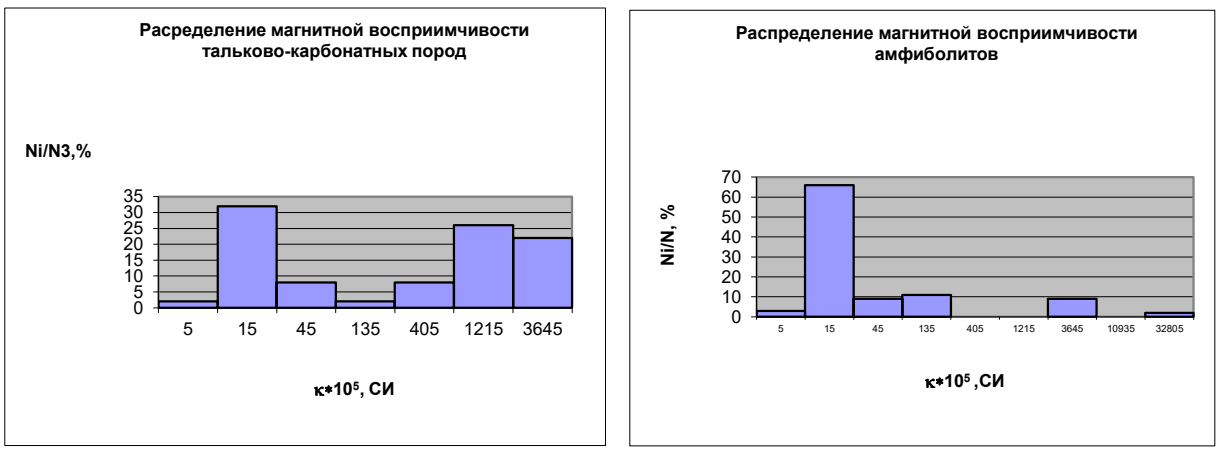
Асимметрия обычно связана со вторичными процессами изменения физических свойств в результате выветривания, регионального или локального метаморфизма и т.д.

Второй случай свидетельствует о неоднородности выборки: в одну группу объединены различные по каким-либо характеристикам породы (возраст, условия образования, минеральный состав, структура, степень изменения и т.д.). Необходимы дополнительные исследования для разделения выборки. Примеры гистограмм пород района приведены на рис.9. Обратите внимание на пологий левый край гистограмм распределения плотности. Вероятнее всего часть выборки представлена выветрелыми образцами.

9.Гистограммы распределения плотности и магнитной восприимчивости пород В-Сысертьского района.



На гистограммах магнитной восприимчивости (амфиболиты, тальково-карбонатные породы) наблюдаются по два максимума в распределении, что обусловлено включением выборку различных по магнитным характеристикам пород. В этом случае необходимо разделить выборку по граничным значениям параметра и попытаться установить различия по литолого-петрографическим либо пространственно-структурным признакам. Для гранитов и углисто кремнистых сланцев гистограммы не приведены, так как это практически не магнитные породы (k=(1-20)*10^{-5} ед. СИ).



2.2.5, Обработка результатов измерений

Оценка погрешности измерений

Любые измерения неизбежно сопровождаются погрешностями (ошибками).

* По способу выражения погрешности принято делить на **абсолютные** и **относительные**. Абсолютные имеют размерность измеряемой величины, относительные являются безразмерными.

* По типу связи между погрешностью и измеряемой величиной различают **постоянные**, значение которых не зависит от самой измеряемой величины, и **пропорциональные** погрешности, значение которых пропорционально измеряемой величине. Пропорциональные погрешности становятся постоянными, если оценивать их в относительной шкале. Как правило, измерениям физических свойств, значения которых могут изменяться в широких пределах, присуще наличие пропорциональных погрешностей, тогда как при малом диапазоне значений погрешности можно считать постоянными.

* В зависимости от характера причин их возникновения, погрешности разделяют на три группы: **систематические, случайные и грубые** (промахи).

Грубые ошибки возникают из-за невнимательности оператора, сбоев аппаратуры и др. подобных причин. Обычно результат измерений при этом сильно отличается от истинной величины и легко обнаруживается при внимательном просмотре.

Систематические погрешности являются следствием несовершенства метода измерений, неточной градуировки или настройки измерительной аппаратуры. Они остаются постоянными при выполнении серии измерений (в абсолютной или относительной шкале). В зависимости от знака погрешности результаты измерения могут систематически завышаться либо занижаться. Систематические погрешности исключают путем введения поправок, найденных экспериментально. Значения поправок можно определить путем проведения измерений на стандартных образцах либо сопоставлением с результатами контрольных измерений тех же образцов, выполненных более точными приборами с использованием более совершенных методов измерения.

Случайные погрешности обусловлены влиянием на результат измерения значительного количества неконтролируемых факторов: вибрации, неровностей поверхности образца, трения в опорах измерительных приборов, наличия потоков воздуха и др. причин. При этом равновероятны как положительные, так и отрицательные отклонения от истинного значения. В качестве меры случайной погрешности принято использовать абсолютную либо относительную (в случае пропорциональной ошибки) среднюю квадратическую погрешность.

Средняя квадратическая погрешность может быть найдена путем проведения многократных измерений на одном и том же образце. По полученным **n** значениям измеряемой величины $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_{n-1}, x_n$ вычисляют среднее арифметическое, используемое в качестве приближения к истинному значению:

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \qquad (2.4)$$

Среднюю квадратическую погрешность единичного измерения находят по формуле

$$\Delta x_{сл} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \qquad (2.5)$$

Случайная погрешность среднего арифметического из **n** измерений меньше погрешности единичного измерения:

$$\Delta \bar{x}_{сл} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n(n-1)}} \qquad (2.6)$$

Вместо проведения многократных измерений на одном образце для определения случайной погрешности обычно проводят двойные (контрольные) измерения на ряде образцов. Контроль, выполняемый по той же методике, на том же приборе, называют **внутренним**. Если контрольные измерения выполняются в другой лаборатории, по другой методике или на другом приборе, такой контроль называют **внешним**. Как правило, для внешнего контроля используются более совершенные методики и приборы.

Объем контрольных измерений зависит от общего количества образцов и составляет 5÷10%, а в особо ответственных случаях используют 100% контроль. При двойных измерениях вычисление абсолютной средней квадратической погрешности единичного измерения производится по формуле:

$$\Delta x_{сл} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_{1i} - x_{2i}\right)^2}{2n}} \qquad (2.7),$$

где **n** - число контрольных измерений,

x_{1i} - результат основного измерения **i**-го образца,

x_{2i} - результат контрольного измерения **i**-го образца.

Если случайная погрешность вычисляется по данным внешнего контроля, в результаты измерений сначала должна быть введена поправка за имеющееся систематическое расхождение.

Как уже отмечалось, если ошибка пропорциональна значению измеряемой величины, относительная погрешность постоянна, поэтому в качестве меры случайной ошибки используют **относительную среднюю квадратическую погрешность**:

$$\delta x_{сл}\% = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_{1i} - x_{2i}}{\bar{x}_i}\right)^2}{2n}} \times 100\% \qquad (2.8),$$

где **n** - число контрольных измерений,

x_{1i} - результат основного измерения **i**-го образца,

x_{2i} - результат контрольного измерения **i**-го образца,

$\bar{x}_i = \frac{x_{1i} + x_{2i}}{2}$ - среднее по результатам основного и контрольного измерений **i**-го образца.

Систематическая погрешность может быть обнаружена ***только при внешнем контроле***, так как при повторных измерениях тем же прибором и по той же методике ошибка будет повторяться, и расхождения могут быть только случайного характера. Контрольные измерения единичных образцов, как правило, не позволяют выявить систематическое расхождение, так как оказывается невозможно разделить случайную и систематическую составляющую погрешности. Однако, при наличии ряда контрольных измерений такая возможность появляется. При суммировании расхождений между основными и контрольными анализами (с учетом знака) случайные погрешности разных знаков взаимно компенсируются, тогда как систематическая погрешность, знак которой постоянен, накапливается и может быть вычислена по формуле:

$$\Delta x_{\text{сист}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})}{n} \qquad (2.9)$$

Так как случайные ошибки разного знака в этой формуле именно в силу своего случайного характера компенсируются неполностью, результат может получиться ненулевым даже при полном отсутствии систематической погрешности. Поэтому считается, что систематическая погрешность отсутствует, если значение, найденное по формуле (6.6), не превышает величины $\frac{5\Delta x_{\text{сл}}}{\sqrt{n}}$.

При пропорциональном характере ошибок результаты измерения могут регулярно завышаться (или занижаться) в $k = 1 + \frac{\delta_{\text{сист}}\%}{100}$ раз. В этом случае систематическую погрешность можно найти, просуммировав относительные расхождения основных и контрольных измерений:

$$\delta_{\text{сист}}\% = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_{1i} - x_{2i}}{\bar{x}_i}}{n} \times 100\% \qquad (2.10)$$

Вычисление погрешностей производят, сводя в таблицу результаты основных и контрольных измерений. Ниже приведена форма таблицы для вычисления абсолютных погрешностей.

Наличие в результатах хотя бы одного промаха может существенно исказить оценку погрешности, поэтому попавшие в таблицу значения с грубыми ошибками просто вычеркиваются. Согласно теории, вероятность появления случайной ошибки с величиной, превышающей среднее квадратическое значение погрешности в три раза и более, составляет 0,3%, поэтому все значения, где расхождение результатов анализа превышает указанную величину, следует считать промахами и не учитывать при расчете случайной и систематической погрешности.

Форма таблицы для расчета относительных погрешностей отличается только содержанием колонок 5 **и 6**, в которых вычисляется, соответственно, относительное

расхождение и его квадрат. Относительное расхождение в этой таблице выражено в процентах.

2.2.6 Задание.

1. По указанию преподавателя провести отбор образцов горных пород.
2. Провести определение типов горных пород, составить каталог.
3. Выполнить измерение физических свойств с организацией контроля и оценкой погрешностей измерений.
4. Занести данные измерений в каталог.
5. Провести статистическую обработку физических параметров основных типов. горных пород района с расчетом статистических параметров, разделением сложных выборок.
6. Данные измерений вынести на петрофизические карты.

Литература.

1.Определение петрофизических характеристик по образцам. Москва. Недра.1977.

2. Г.С.Вахромеев, Л.Я.Ерофеев и др. Петрофизика. Изд. Томского Унив. 1997.

Глава 3.

Изучать старуху-природу

Мы наукой на век заряжены,

За Россию – в огонь и в воду,

За карьерой – в любые скважины.

Сконечный Ю., выпускник СГИ 1962.

Скважинная геофизика и каротаж. И.Г.Сковородников.

.1. Введение. Наиболее распространенным, важным и достоверным методом геологической разведки является поисково-разведочное бурение. В результате колонкового бурения геологи получают в свое распоряжение керн - тонкий столбик горной породы, извлеченный из скважины. Изучая керн, геологи определяют последовательность залегания пластов, их мощность, литологию, т.е. минералогический и вещественный составы, содержание полезных ископаемых, условия залегания и т.п. Однако, при бурении с извлечением керна никогда не удается добиться полного, стопроцентного выхода керна из-за того, что одна часть пород разрушается при бурении, другая теряется при подъеме керна с забоя скважины на поверхность. Это приводит к неточностям и ошибкам в построении геологического разреза скважины по данным документации керна: пропуску отдельных пластов, искажению их мощности, неточному определению положения контактов пород.

В исправлении этих ошибок и неточностей огромную роль играет раздел ГИС, называемый каротажем.

Каротаж — это совокупность геофизических методов изучения геологического строения разрезов (стенок) буровых скважин. Измерения в каротаже производятся непрерывно при перемещении измерительного устройства (скважинного снаряда) по стволу скважины, поэтому отличительной особенностью каротажа является очень высокая детальность и точность исследовании. С помощью методов каротажа определяют последовательность залегания горных пород в разрезах скважин, их мощность, физические свойства, содержание в них полезных ископаемых. Методы каротажа подразделяются по природе изучаемых в них физических полей на электрические, радиоактивные и прочие. Каротаж — это наиболее развитый и дифференцированный раздел ГИС.

Другой важный раздел ГИС - это так называемые "операции в скважинах", имеющие целью изучение технического состояния резервуара скважин и выполнение в скважинах различных операций, направленных как на уточнение их геологического строения, так и на извлечение из скважин полезных ископаемых. Примером методов этого раздела могут служить кавернометрия (определение среднего диаметра) и инклинометрия (определение углов искривления) скважин, отбор проб пластовых флюидов и отбор грунтов из стенок скважин, дефектометрия обсадных колонн (ОК) и

др. методы. Сюда же относятся и прострелочные работы в скважинах: перфорация ОК, отбор проб грунтов стреляющими грунтоносами, торпедирование. Операции в скважинах, выполняемые геофизической службой, имеют важное значение, поскольку в конечном итоге позволяют предотвратить аварии при бурении и тем самым избежать больших дополнительных затрат.

Третьим разделом ГИС является скважинная геофизика - геофизические методы изучения геологического строения межскважинного и призабойного пространства. Таким образом, скважинная геофизика, в отличие от каротажа, изучает очень большие объемы пород. В настоящее время этот раздел ГИС находит применение, главным образом, на рудных месторождениях, характеризующихся большой изменчивостью геологического строения как по простиранию, так и по падению пород.

Понятно, что за время учебно-методической практики невозможно изучить все методы ГИС, поэтому учебно-методическая практика по ГИС имеет целью ознакомить студентов с наиболее распространенными методами этой отрасли разведочной геофизики, привить им навыки работы с современной каротажной аппаратурой, дать возможность освоить методику проведения работ непосредственно на скважинах, обучить наиболее простым приемам оперативной интерпретации и геологическому истолкованию полученных результатов.

Программа практики по ГИС составлена с учетом специализации студенческих групп, а также технического состояния учебных скважин и имеющегося аппаратурного обеспечения. Основное внимание в программе уделено методам каротажа, из операции в скважинах и скважинной геофизики в программу включены только отдельные методы.

В настоящем руководстве будут описаны только общие характеристики применяемых методов. Описание аппаратуры и конкретных схем приведено в отдельных методических разработках [4,11,14,15].

Для проведения учебно-методической практики по ГИС на территории базы практик УГГГА в пос. В.Сысерть пробурены три учебных скважины глубиной от 140 до 180 м.

Характерной особенностью скважины № 1 является наличие в ней сульфидной минерализации; скважине № 2- присутствие в ее разрезе мощной дайки гранитов, обладающих повышенным содержанием радиоктивных элементов и, как следствие, аномальной высокой радиоактивностью; особенность скважины № 3 –чередование в ее разрезе пачек графито-кварцевых сланцев и амфибол-биотитовых гнейсов. Точное местоположение и мощность различных литологических разностей в разрезе исследуемых скважин и предстоит определить в результате проводимой учебно-методической практики. Практика по ГИС организуется таким образом, чтобы каждая бригада студентов провела весь комплекс исследований на одной из этих скважин и в конце практики могла выполнить сводную интерпретацию полученных материалов, решить поставленные геологические и технические задачи, и сравнить полученные

результаты с геологическим разрезом скважины, составленным по данным описания кернового материала.

3.2. КАРОТАЖНАЯ АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ

Аппаратура для проведения каротажа подразделяется на основную и специальную.

Основная используется для выполнения многих методов ГИС. Это так называемые "каротажные станции и лаборатории.

Специальная используется для выполнения отдельных методов, к ней относятся скважинные снаряды.

Электрическая и механическая связь между каротажной станцией и скважинным снарядом осуществляется через каротажный кабель (одно-, трех- или семижильный).

Каротажные станции размещаются, как правило, на автомашинах повышенной проходимости и включают в себя измерительную аппаратуру и спуско-подъемное оборудование.

Обобщенная функциональная схема измерильной аппаратуры каротажной станции представлена на рис.3. I.

1.Силовой блок предназначен для питания всех остальных узлов и блоков лаборатории необходимыми переменными и постоянными напряжениями. Блок содержит мощный трансформатор, первичная обмотка которого подключается к внешней электрической сети или собственному генератору (бензоэлектрическому агрегату) каротажной станции. Вторичных обмоток у трансформатора несколько, от них питаются устройства стабилизации, контроля и регулирования напряжения или тока, размещенные в остальных блоках станции. Конструкция силовых блоков каротажных станций унифицирована.

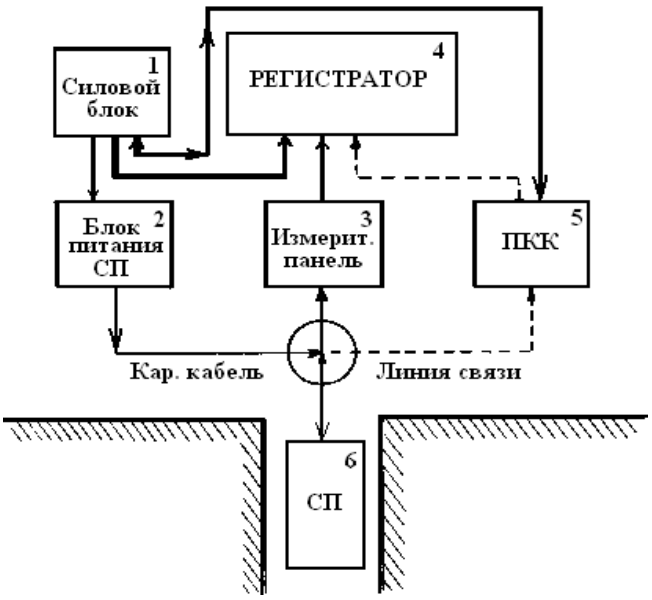
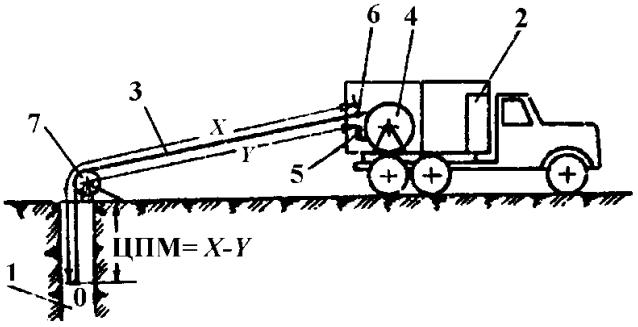


Рис.3.1.Обобщенная функциональная схема измерительной аппаратуры каротажной станции.

Рис.3.2. Определение ’’цены первой метки’’ на кабеле.

1-скважина; 2-каротажная станция; 3-каротажый кабель; 4-лебедка; 5-кабелеукладчик; 6-первая мотка на кабеле; 7-блок-баланс.



2.Блок питания скважин снарядов содержит приборы контроля и регулирования тока, необходимого для питания скважинного снаряда. Этот блок в станции может быть сменным, т.к. /для питания одних скважинных приборов (СП) нужен постоянный ток, для других - низкочастотный (5 25 Гц) переменный, для третьих - переменный ток средней частоты (300-2400 Гц).

3.Измерительная панель отфильтровывает полезный сигнал, пришедший из скважинного прибора, от помех, усиливает его и преобразует в постоянный ток. Измерительные панели могут быть свои (сменные) для каждого скважинного прибора.

4.Регистратор — это основная часть каротажной станции. Регистратор обеспечивает запись измеряемого параметра в функции глубины скважины в аналоговой или цифровой форме. В качестве аналоговых регистраторов используются каротажные светолучевые осциллографы (Н-015, Н-028, Н-065) или автоматические каротажные потенциометры (например, ПАСК-8). В качестве цифровых - накопители на магнитной ленте с аналого-цифровыми преобразователями, например, Н-078.

Регистраторы включают в себя различные дополнительные устройства для повышения точности измерений: отметчики меток глубин и марок времени, приспособления для разграфки ленты вертикальными и горизонтальными линиями, компенсаторы поляризации, переключатели масштабов глубин.

5.Панель контроля каротажа (ПККК) служит для обеспечения самого процесса каротажа. Она содержит счетчик глубин, приборы для измерения скорости подъема и силы натяжения кабеля, приспособления для "отбивки11 меток глубин.

6.Скважинные приборы очень разнообразны. Они содержат, как правило, первичные преобразователи измеряемых величин в электрический сигнал и некоторые вспомогательные блоки.

Спускоподъемное оборудование включает в себя лебедку с каротажным кабелем, собственный генератор переменного тока с бензиновым двигателем, комплект соединительных проводов. Лебедка с кабелем имеет привод от двигателя автомашины.

Синхронное перемещение диаграммной ленты и скважинного прибора достигается с помощью электрической автосинной (или сельсинной) передачи.

Более подробно устройство конкретных каротажных станций и скважинных приборов описано в специальной литературе [5,7,9] и в соответствующих инструкциях, которые выдаются студентам по мере необходимости.

Рис. 3.3. Общий вид компьютерризированной каротажной станции "Мега".

На рис.3.3. представлен общий вид компьютезированной каротажной станции "Мега", безвозмездно переданной кафедре геофизики Западно-Сибирской корпорацией «Тюмень- промгеофизика». 3.3. Правила техники безопасности при проведении каротажа. При проведении ГИС необходимо помнить, что источниками опасности являются: движущийся кабель и работающая лебедка, источники тока и электрооборудование.

При работе на скважине необходимо соблюдать следующие правила:

Каротажную станцию на буровой устанавливают так, чтобы была обеспечена хорошая видимость устья скважины. Каротажную станцию после установки необходимо надежно застопорить, подложив под колеса тормозные упоры.

Всякие работы на каротажной станции, связанные с ее подключением к сети, начинать с заземления станции. В качестве заземления используют металлический штырь, который забивают во влажную почву не менее чем на 0,5 м.

Перед спуском снаряда в скважину на кабеле необходимо установить контрольную метку ("ведьму") для того, чтобы предотвратить затаскивание скважинных снарядов на блок-баланс при их подъеме из скважины.

При спуске и подъеме снаряда категорически запрещается находиться в лебедочном отделении станции или просовывать руки через перегородку из аппаратурного отдаления в лебедочное.

Запрещается укладывать кабель руками или помогать кабелю спускаться в скважину, вращая лебедку руками.

Перед началом подъема кабеля необходимо отсоединить ходовую часть автомобиля от мотора.

Запрещается затаскивание скважинных снарядов на блок-баланс или кабелеукладчик лебедки.

При сильном натяжении кабаля, освобождающегося от "прихвата" в скважине, запрещается находиться между устьем скважины и лебедкой.

Во время грозы необходимо отсоединить станцию от внешней сети, а провод "бесконечность" от станции.

Студенты допускаются к прохождению практики по ГИС, только после ознакомления с настоящими правилами.

В отсутствии преподавателя ответственность за нарушение правил техники безопасности при работе на скважине возлагается на бригадира.

3.4. МЕТОДЫ КАРОТАЖА

В зависимости от специализации учебных групп в программу практики по ГИС включено разное количество методов каротажа. По каждому из методов студенты должны четко представлять себе физическую сущность метода, его принципиальную схему, знать основные расчетные формулы, методику измерений и основные правила интерпретации. Кроме того, студент должен уметь объяснить результаты, полученные по каждому из методов.

Все эти вопросы, в порядке их перечисления, должны быть отражены в отчете студента, который составляется в день прохождения метода и на следующее утро представляется для проверки преподавателем. Отчеты должны быть индивидуальные, комплект графических приложений (каротажные диаграммы, инклинограмма, результаты поверок и т.п.) - общий для всей бригады.

3.4.1. Подготовительные операции. Развертывание и настройка станции, определение цены первой метки (ЦПМ)

При выполнении работ по геофизическим исследованиям скважин каротажную станцию устанавливают в 10-20 м от скважины таким образом, чтобы ось вращения лебедки с кабелем была перпендикулярна линии, соединяющей середину лебедки с устьем скважины. Между лебедкой и устьем не должно быть посторонних предметов.

"Развертывание" станции начинают с установки заземления. Затем сматывают с катушки в лебедочном отделении сетевой кабель, дотягивая его контактную вилку до ближайшей розетки внешней сети. Одновременно сматывают соединительный кабель с другой катушки, предназначенной для подключения сельсина-датчика, и доставляют концевой штепсельный разъем (ШР) на нем к устью скважины. На устье скважины устанавливают и закрепляют блок-баланс таким образом, чтобы он был направлен на середину барабана лебедки, а каротажный кабель с него проходил через центр сечения скважины (рис 3.3.).

На блок-баланс надевают сельсин-датчик так, чтобы шестеренка на оси последнего вошла в зацепление с соответствующей шестеренкой на оси блок-баланса. Подключают ШР соединительного кабеля к гнезду на торце сельсина-датчика.

Соединяют штепсельные разъемы на щечках катушек с сетевым и сельсильным кабелем с соответствующими отрезками кабелей, идущих к аппаратурному стенду станции.

Включают в сетевую розетку штепсельную вилку сетевого кабеля.

Включают питание станции и производят ее настройку согласно соответствующей инструкции. С помощью тестера определяют назначение штырьков коллекторного кабеля.

В отстойник с буровым раствором (или яму с водой) опускают поверхностный электрод-"рыбу".

Измеряют расстояние X от точки записи до первой метки на кабеле, для чего растягивают каротажный кабель со скважинным снарядом по прямой линии на поверхности земли.

Опускают снаряд в скважину и, затормозив лебедку, измеряют расстояние У от поверхности земли, через блок-баланс до кабелеукладчика каротажной станции. Вычисляют "цену первой метки" (ЦПМ = X - У или, если X < У , ЦПМ = (X + 20) - У), как это показано на рис.3.2.

При том же положении скважинного снаряда, опущенного в скважину, но расположенного у поверхности земли, напротив порога лебедочного отделения станции на кабеле привязывают так называемую "контрольную метку" или "ведьму". Для контрольной метки используют либо полоску цветной ткани, либо проводок в яркой изоляции, либо какой-нибудь другой подручный материал. Контрольную метку устанавливают заново перед каждым каротажем, старые контрольные метки при этом снимают. Нужна контрольная метка для того, чтобы предотвратить аварии, связанные с затаскиванием скважинного снаряда на блок-баланс. При подъеме кабеля лебедчик должен внимательно следить за контрольной меткой и не допускать ее перемещения дальше порога лебедочного отделения станции (не пускать "ведьму" в станцию).

После установки контрольной метки, показания счетчика глубин сбрасывают на "нуль11, включают питание датчика глубин (сельсин-датчик), и снаряд опускают в скважину. Скорость спуска не должна превышать 2,5-3 тыс. м/ч.

При подъеме снаряда лебедчик "отбивает" метки на диаграмме, нажимая кнопку "Метка" на панели лебедчика в момент прохождения кабельной метки через кабелеукладчик.

3.4.2 Электрический каротаж

Метод кажущихся сопротивлений - КС

Метод КС - один из основных методов каротажа. Назначение метода – расчленение геологического разреза скважин по электрическое сопротивлению и определение величины этого сопротивления.

В методе КС измеряется именно кажущееся, а не удельное электрическое сопротивление (УЭС) горных пород, т.к. его величина зависит не только от УЭС, но и еще от ряда факторов: длины зонда, мощности пласта и диаметра скважины,

сопротивления жидкости, заполняющей скважину, сопротивления вмещающих пород и пр.

При благоприятных условиях по величине КС может быть определено УЭС пород [3,13].

Измерение КС производится, как правило, с помощью двух питающих электродов AB, через которые пропускают ток I и двух приемных электродов MN, между которыми измеряют разность потенциалов ΔU.

Один из упомянутых электродов (B или N) заземляют на поверхности вблизи устья скважины. Обычно его помещают в отстойник с буровым раствором или яму с водой. Три других электрода перемещают по стволу скважины, сохраняя неизменным расстояние между ними. Эти три электрода образуют зонд КС кажущееся сопротивление.

В зависимости от назначения электродов и расстояния между ними, различают градиент- и потенциал-зонды (см.рис.3.3) за точку записи (точку 0) градиент-зонда принимают середину расстояния между сближенными парными электродами (АВ или MN) за точку записи потенциал-зонда - середину расстояния между непарными электродами А и М. Длину зонда обозначают буквой L Для градиент-зонда его длиной является расстояние от точки записи до удаленного электрода, т.е. АО или МО, для потенциал-зонда L = АМ.

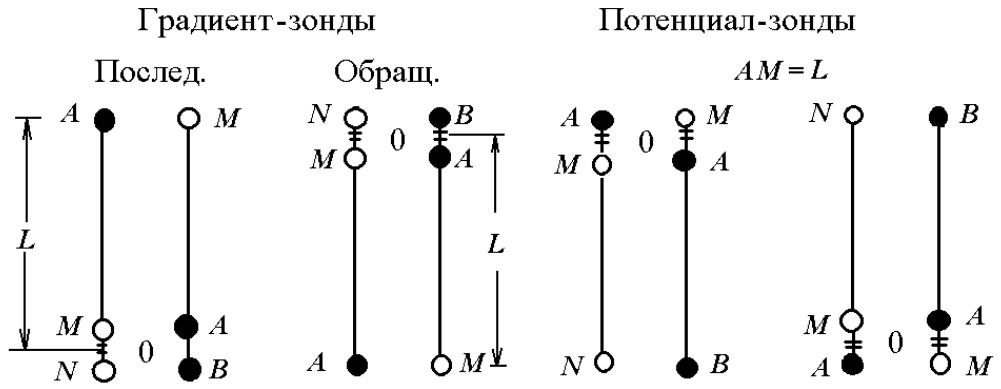


Рис.3.3. Типы зондов КС.

Зонды КС для трехжильного кабеля, - отечественной промышленностью не выпускаются и их приходится изготавливать работникам геофизической службы самостоятельно. Для изготовления зонда используют каротажный кабель (лучше всего шланговый), сырую резину, тонкую резиновую ленту (ленту пара), изоленту, шпагат. Электроды зонда навивают из полосок листового свинца. Выше и ниже электродов располагают "буфера" из неэлектропроводного материала - сырой резины или резиновой изоляции кабеля. Буфера служат для уменьшения влияния скважины на результаты измерения КС. Внешний вид зонда КС представлен на рис.3.4., а его изготовление подробно описано в [4].

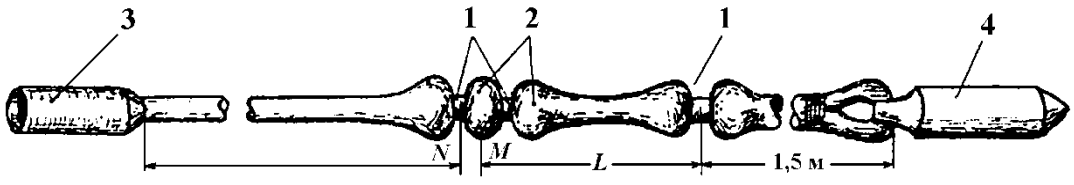


Рис.3.4. Общий вид зонда КС. 1-электроды; 2-буфера; 3-соединительная полумуфта;4-груз.

Обобщенная: схема для записи диаграмм КС представлена на рис.3.5. Схема содержит токовую и измерительную цепь.

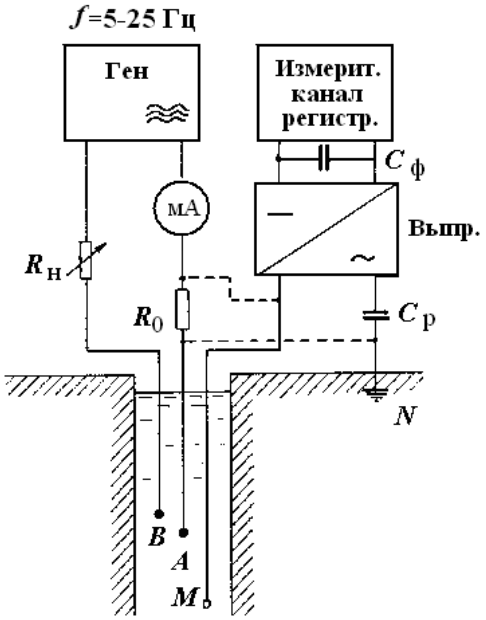


Рис3.5. Принципиальная схема метода КС.

Токовая цепь включает источник переменного тока низкой (от 5 до 25)частоты - Ген, миллиамперметр мА, переменное нагрузочное сопротивление RH контрольный шунт R0 и питающие электроды А и В.

Приемная цепь содержит измерительные электроды MN, разделительный конденсатор Ср , выпрямитель и регистрирующий прибор.

Питание токовых электродов АВ осуществляется переменным током низкой частоты с тем, чтобы избавиться от мешающего действия естественных потенциалов Л $\Delta U_{кс}$ на результаты измерения КС. В качестве источника питания используют специальные электронные генераторы (например, в станциях СК-1), электромашинные усилители (АКС/Л-64) или выпрямитель с электромеханическим пульсатором (станции АЭКС). Нагрузочное сопротивление $R_{н}$ служит для регулировки питающего тока, а миллиампермвтр мА для его визуального контроля. Контрольный шунт R0 предназначен для измерения силы тока в цепи АВ тем же регистрирующим прибором, которым измеряется КС.

При пропускании переменного тока в цепи АВ между электродами М и N возникает разность потенциалов ΔU ХС, имеющая частоту питающего тока. Эта разность потенциалов выпрямляется выпрямителем Выпр и поступает на регистрирующий

прибор Рег. Конденсатор СФ служит для сглаживания пульсаций после выпрямления сигнала, конденсатор СР не пропускает на вход канала КС постоянную разность потенциалов пс.

Запись диаграмм осуществляют в следующем порядке.

После установки каротажной станции на скважине, подключения ее к сети и настройки, включают счетчик глубин и опускают зонд за забой. Собирают схему КС и на вход измерительного канала КС подают разность потенциалов с контрольного шунта. Добиваются расчетного значения отклонения l0. Фиксируют это отклонение на диаграммной ленте, также как и нулевой уровень (положение блика до включения тока в цепи АВ). Затем отключают измерительный канал КС от контрольного шунта и подключают его к приемным электродам MN. При этом блик гальванометра должен отклонится вправо от нуля. Если блик отклоняется влево, нужно сменить полярность измеряемого напряжения, снимаемого с электродов MN. Включают нужный масштаб глубин и начинают подъем зонда, фиксируя на диаграммной ленте все изменения измеряемой величины? КС. Метки глубин "отбивают" без остановки подъема снаряда. После окончания каротажа на диаграмме повторно записывают нулевой уровень и величину отклонения l0.

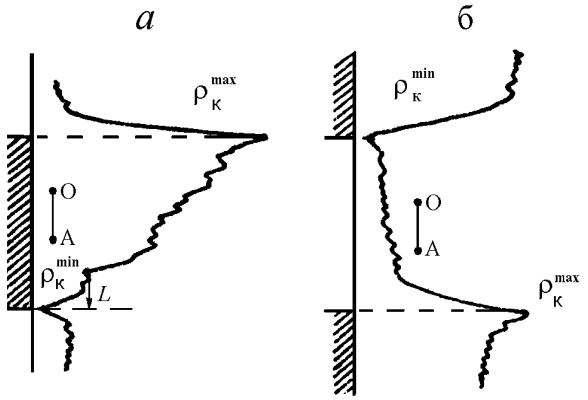


Рис.3.6. Диаграммы КС над мощным пластом высокого (а) и низкого (б) сопротивлений.

Показателем правильности записанной диаграммы КС может служить зона нулевых значений КС в верхней части кривой, соответствующей части скважины, обсаженной металлическими трубами. От уровня кривой КС над обсадными трубами разбивают масштаб диаграммы через каждые 2 см (большую клетку).

После обработки диаграммы приступают к ее интерпретации. На диаграмме определяют положение нижнего конца ("башмака") обсадной трубы, выделяют зоны

низкого и высокого сопротивления, увязывают их с геологическим строением разреза и изменениями диаметра скважины [1,3,6].

Как показывает теория метода КС [1,3,6], градиент-зонды выделяют асимметричными кривыми пласты высокого и низкого сопротивления.

Обращенный градиент-зонд "отбивает" кровлю мощного пласта высокого сопротивления максимумом, а подошву - минимумом КС. Для пластов низкого сопротивления соотношение обратное (см. рис.3.7.). Тонкие пласты создают более сложные аномалии КС. Правила интерпретации кривых КС над пластами различной мощности и разного сопротивления описаны в учебниках и методических разработках

Метод потенциалов самопроизвольной поляризации - ПС

Метод ПС заключается в измерении потенциалов естественного электрического поля по стволу скважины. Причиной возникновения полей ПС, как известно [1,3,6] служат диффузионно-адсорбционные, фильтрационные или окислительно-восстановительные процессы.

В учебных скважинах В.Сысертской базы преобладают поля последнего типа, связанные с окислением сульфидных минералов и графита, входящего в состав графито-кварцевых сланцев.

Окислительно-восстановительные поля ПС могут достигать нескольких сотен мВ.

Схема для записи диаграмм ПС предельно проста. Она включает регистрирующий прибор, подключенный к поверхностному электроду N и электроду М, перемещаемому по скважине (см.рис.3.7.). В качестве электрода М можно использовать любой из трех электродов зонда КС, В разрыв провода, идущего от одного из электродов, включают градуированный компенсатор поляризации ГКП, который используют для определения масштаба кривой ПС.

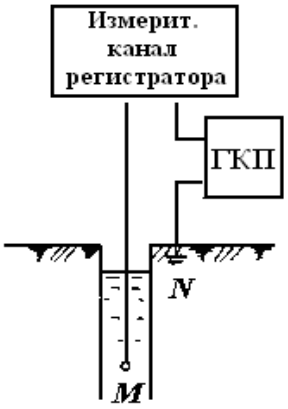


Рис.3.7. Принципиальная схема метода ПС

С этой целью перед началом каротажа (зонд на забое скважины), с ГКП подают в цепь ПС известную разность потенциалов ?ГКП и замечают вызываемое ею отклонение блика гальванометра –l0. Введение ГКП в измерительный канал обеспечивается схемой каротажной станции. Положение блика до и после подачи сигнала с ГКП фиксируют на диаграмме.

Рассчитывают масштаб записи ПС:

[мВ/см], (3.6.), который численно равен постоянной измерительного канала по напряжению.

Перед началом записи диаграммы блик гальванометра (или перо потенциометра) устанавливают в средней части дорожки для записи с помощью ГКП или электрического корректора нуля фоторегистратора. Начинают подъем зонда.

В случае "зашкала" кривой в ту или иную сторону, подъем зонда прекращают и блик гальванометра снова возвращают на середину дорожки с помощью ГКП или корректора нуля регистратора.

При обработке диаграммы ПС масштаб ее указывают в виде стрелки длиной 2 см, над которой подписывают количество милливольт, соответствующее этому отрезку.

При интерпретации диаграмм ПС выделяют аномалии, проявляющиеся как локальные отклонения кривой от среднего уровня. Эти аномалии возникают над зонами сульфидной вкрапленности и над толщами графито-кварцевых сланцев.

Теория показывает [1,3,6], что пласты, обладающие повышенной окислительно-восстановительной способностью, при идентичности этого параметра у подстилающих и перекрывающих пород выделяются простыми симметричными аномалиями ЛС. Границы интервалов, создающих аномалии ПС, определяют по правилу полумаксиума аномалии, как это показано на рис.3.8.

Очень интенсивные аномалии ПС наблюдаются над металлическими обсадными трубами.

.

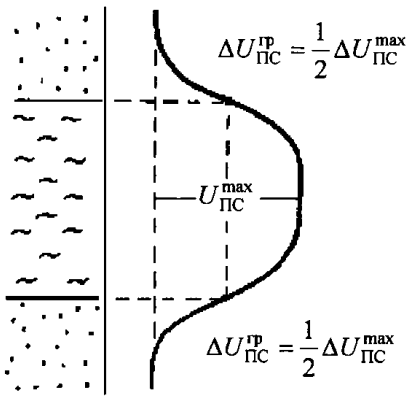


Рис.3.8 Определение контактов пород по диаграмме ПС.

Метод скользящих контактов- МСК

Этот метод применяется в качестве детализационного на месторождениях различных руд и ископаемых углей.

МСК представляет собой разновидность токового каротажа, использующую щеточный зонд, электроды которого скользят по стенке скважины.

В токовом каротаже (рис.3.9) измеряют ток в цепи источника Е, включенного между электродом А, перемещаемым по скважине, и электродом В, заземленным на поверхности. Поскольку сопротивление электрода А зависит от сопротивления горных пород, через которые он проходит, то изменения силы тока в цепи АВ дают возможность дифференцировать разрез скважины по сопротивлению. Однако, поскольку регистратор каротажной станции является не амперметром, а потенциометром или гальванометром, то для измерения силы тока в цепи АВ в нее включают контрольный шунт R0 выводы от которого подсоединяют ко входу регистрирующего прибора (рис.3.9.).

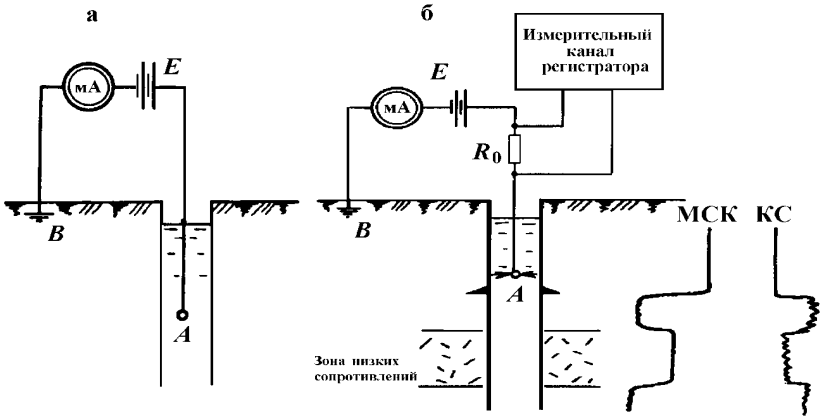


Рис.3.9. Схема метода МСК. а- принципиальная схема метода; б- схема реализации метода с помощью каротажной станции. '

Масштаб кривой МСК вычисляют как отношение:

[м/см], (3.7.)

где m-постоянная измерительного канала по напряжению.

Для получения диаграмм МСК, записанных с достаточно большими отклонениями кривой, но без "зашкалов", при спуске зонда его останавливают ниже уровня бурового раствора в скважине, но выше "башмака" обсадной трубы. В этих условиях сопротивление щеточного электрода А будет минимальным, а ток в цепи АВ– максимальным. Подбирают такое напряжение источника тока Е, величину шунта R0 или постоянную измерительного канала по напряжению так, чтобы блик гальванометра (перо регистратора) отклонился до правого края дорожки для записи (диаграммной ленты). Затем опускают зонд на забой и при его подъеме ведут регистрацию кривой МСК.

Границы интервалов, обладающих повышенной электропроводностью, определяют по точкам резкого возрастания кривой МСК, как это показано на рис.3.11.

Преимуществом МСК перед КС является то, что в зонах низкого сопротивления, где уровень кривой КС близок к нулю, диаграмма МСК дает максимальные отклонения, на фоне которых хорошо фиксируются все непроводящие включения и пропластки.

Метод электродных потенциалов - МЭП

Этот метод также как и МСК относится к числу детализационных при каротаже рудных скважин. Его назначение - разделение аномальных зон низкого сопротивления по природе проводимости на зоны с электронной (рудные) и ионной (нерудные) проводимостью.

Для выполнения: МЭП использует тот же щеточный зонд, что и для МСК, но его предварительно снабжают еще одним электродом - N, называемым электродом сравнения, выполненным из то же металла, что и щеточный электрод (из цинка или железа) и состоящим из двух частей, расположенных выше и ниже щеточного электрода (см. рис.11.)

Оба электрода подключают ко входу регистрирующего прибора.

Когда электроды M и N находятся в буровом растворе, их электродные потенциалы одинаковы, а регистрирующий прибор дает нулевые показания.

Когда, при перемещении зонда M возникает разность потенциалов. щеточный электрод касается рудных вкраплений, он приобретает потенциал, равный электродному потенциалу этих материалов и между электродами M и N возникает разность потенциалов.

Как известно [1,3,6], электродные потенциалы всех сульфидных минералов положительны, ЭП металла, из которого изготовлены электроды - отрицателен, поэтому зоны сульфидной вкрапленности (рудные) отмечаются резкими положительными аномалиями на диаграммах МЭП, а нерудные зоны (зоны трацинова-тих, обводненных пород) не отмечаются вовсе.

Масштаб диаграмм МЭП определяется постоянной измерительного канала по напряжению n =m. Поскольку аномалии МЭП достигают большой величины, устанавливают m = 25-50 мВ/см.

Перед началом записи зонд опускают на забой и блик гальванометра располагают у левого края дорожки для записи с помощью ГКП или электрического корректора нуля.

Границы рудных зон на диаграммах МЭП определяют по точкам резкого возрастания кривых (рис.3.10).

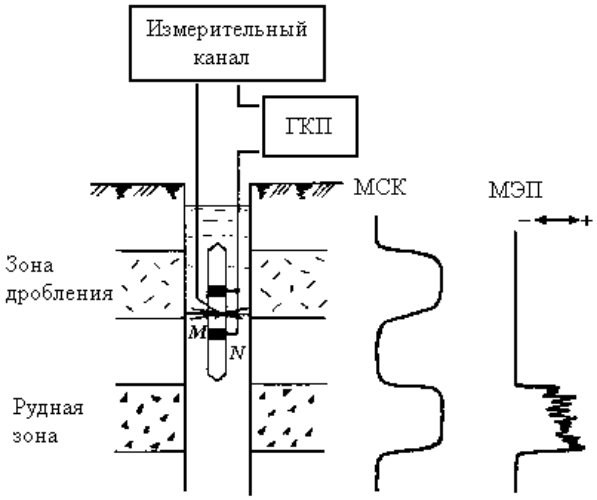


Рис.3.10. Схема метода МЭП и сопоставление результатов МЭП и МСК над рудной (1) и нерудной (2) зонами.

3.4.3 Радиоактивный каротаж

Метод гамма-каротажа – ГК

Гамма-каротаж заключается в измерении естественной радиоактивности гарных пород, слагающих стенки скважины. Как известно [1,3,6], естественная радиоактивность пород зависит от содержания в них радиоактивных элементов U,Th,K.

Среди изверженных пород наибольшей активностью отличаются кислые породы (граниты, гранодиориты), в состав которых входит калиевый полевой шпат, содержащий естественный радиоактивный изотоп калия – 40K.Среди осадочных пород наиболее активны глины, которые благодаря своей высокой сорбирующей способности содержат повышенное количестве радия, или тория.

Аппаратура для ГК - каротажные радиометры состоят из скважинного снаряда и наземной измерительной панели [2].

Наиболее важной частью скважинного снаряда является детектор гамма-квантов газоразрядного или сцинтилляционного типов. Кроме детектора гамма-квантов в снаряде, как правило, содержится генератор высокого напряжения для питания детектора (блокинг-генератор с выпрямителем и сглаживающим фильтром) и предварительный усилитель (рис.3.11.). Питается снаряд о поверхности постоянным током, а информация из снаряда выводится в виде импульсов той или иной полярности [2,5,7,9].

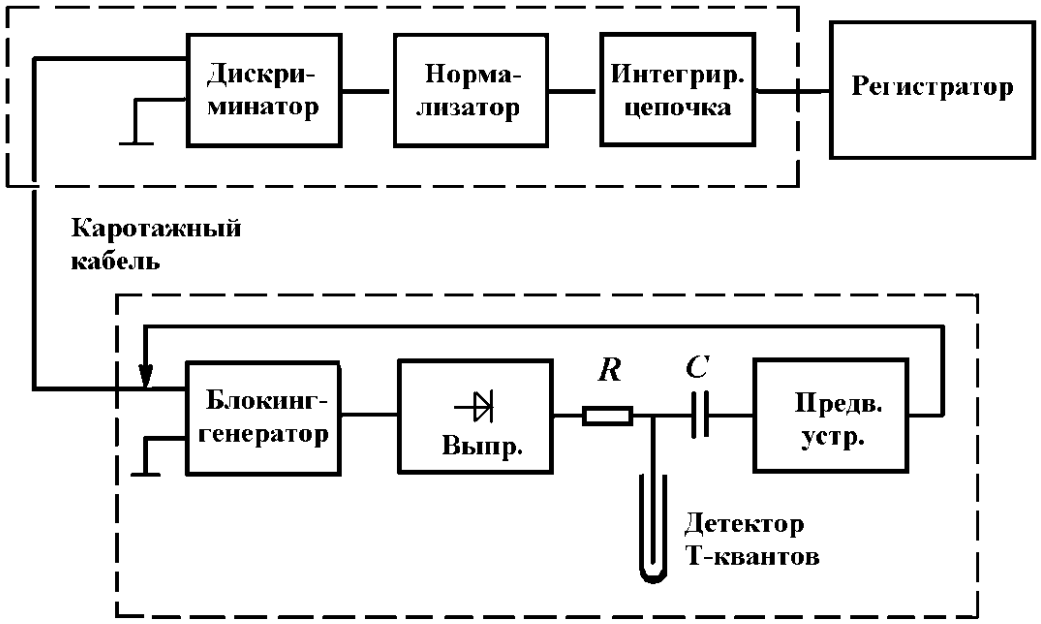


Рис.3.11. Блок схема аппаратуры ГК.

Наземная измерительная панель содержит блоки обработки сигналов информации (дискриминаторы, нормализаторы, интегрирующие ячейки).

Перед началом каротажа на диаграмме записывают нулевую линию, натуральный фон и интенсивность излучения рабочего эталона. Эти же показания фиксируют и после окончания каротажа.

Запись диаграмм ведут, как обычно, при подъеме снаряда. Скорость каротажа из-за большой постоянной времени интегрирующей ячейки должна быть низкой: 120 м/ч для газоразрядных детекторов и 240-300 м/ч для сцинтилляционных.

Диаграммы ГК хорошо дифференцируют разрез, т.к. каждая из литологических разностей характеризуется своим уровнем естественной радиоактивности (см. табл. Физических свойств пород).

Границы интервалов повышенной радиоактивности для пластов большой мощности (H > 0,6 м) определяют по правилу полу-максимума аномалии, как это показано на рис.3.12.

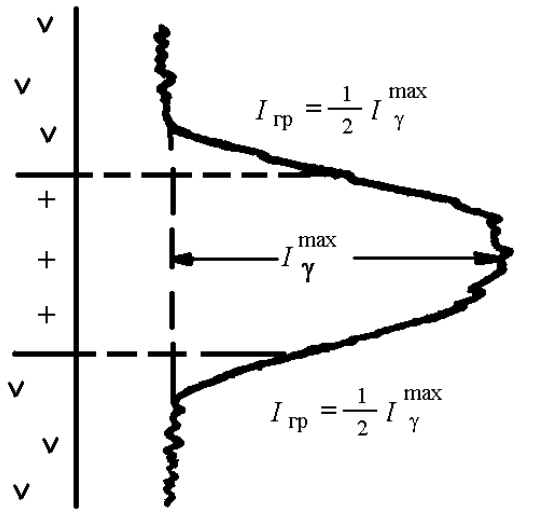


Рис.3.12. Пример интерпретации диаграммы ГК.

3.5. ОПЕРАЦИИ СКВАЖИНАХ.

3.5.1. Кавернометрия.

Кавернометрией называется операция измерения среднего диаметра буровых скважин. Знание этого параметра необходимо как для чисто технических целей (правильной установки обсадной трубы, расчета количества цемента при цементировании скважины), так и для количественной интерпретации результатов целого ряда методов каротажа.

Скважинные снаряды для выполнения этой операции называются каверномерами. Они обычно включают в себя какой-либо следящий механизм, следующий за неровностями стенок скважины и преобразователь диаметра скважины в электрический сигнал. В раде случаев каверномеры (например, КМ-1, КМ-2 и др.) содержат еще замковое устройство, с помощью которого следящий механизм приводится в рабочее положение. Замковое устройство раскрывается дистанционно с помощью электромагнита.

Упрощенная схема измерений с каверномером, оснащенным электрическим преобразователем реостатного типа, приведена на рис.3.

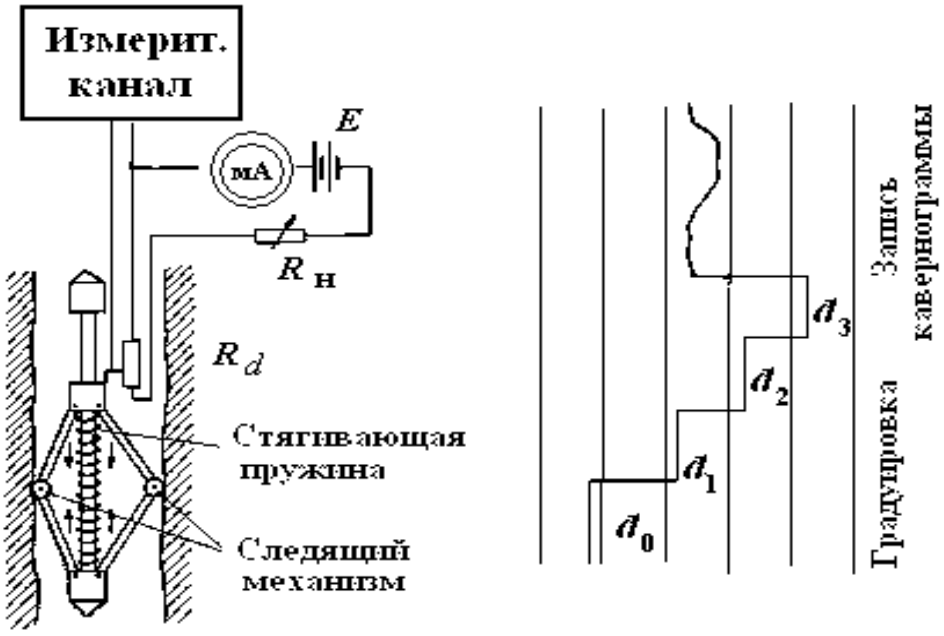


Рис.3.13. Схема (а) и результаты градуировки (б) каверномер 1 – следящий механизм, 2- реостатный преобразователь, 3 – градуировка, 4 - кавернограмма

Перед спуском каверномера в скважину производят его градуировку. Для этого на следящий механизм надевают кольца или треугольники, соответствующие определенному диаметру скважины. Сигнал, снимаемый с реостатного преобразователя при каждом из диаметров, записывают на диаграммной ленте. Для получения удобного масштаба кавернограммы градуировку начинают с кольца наибольшего диаметра и, регулируя питающий ток изменением нагрузочного сопротивления Rн или меняя чувствительность измерительного канала, добиваются, чтобы каждому I см среднего диаметра соответствовал I см или 0,5 см отклонения блика гальванометра.

После градуировки следящий механизм (рычаги) складывают и закрепляют. Каверномер опускают на забой, раскрывают замковое устройство, подавая на электромагнит в скважинном снаряде импульс постоянного тока. Запись кавернограммы ведут при подъеме снаряда. После извлечения снаряда на поверхность повторяют его градуировку.

О правильной записи свидетельствует наличие ровного участка диаграммы внутри обсадной трубы.

Рекомендуется определить внутренний диаметр обсадной трубы по кавернограмме и сравнить его с результатом непосредственного измерения с помощью линейки. Расхождение не должно превышать погрешности измерений с каверномером, т.е 0,5 см.

Сопоставление кавернограммы с кривой КС помогает объяснить природу зон низкого сопротивления, находящихся в верхней части скважины, ниже "башмака" обсадной трубы.

3.5.2 . Инклинометрия

Инклинометрией называются операции по измерению искривления скважин. Искривление скважин характеризуется зенитным углом, т.е. углом отклонения скважины от вертикали и азимутальным углом, т.е. углом между направлением магнитного меридиана и вертикальной плоскостью, проходящей через ось скважины б точке измерения.

В большинстве современных скважинных инклинометров измерение зенитного угла производят с помощью отвеса, а азимутального - с помощью магнитной стрелки, находящихся в скважинном снаряде.

Положение отвеса и магнитной стрелки относительно корпуса инклинометра преобразуются в электрический сигнал с помощью реостатных преобразователей и измеряются дистанционно.

Упрощенная схема такого инклинометра изображена на рис.3.14.

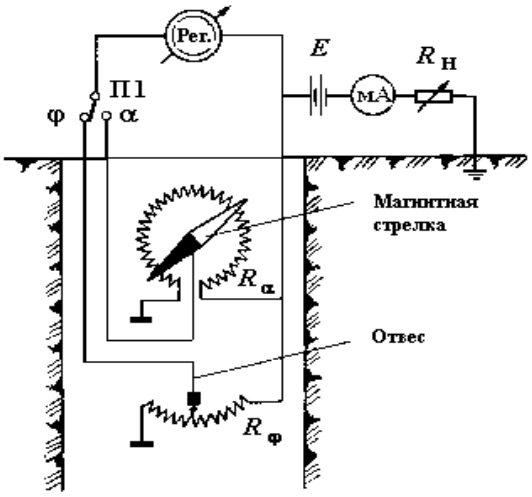


Рис. 3.14. Упрощенная электрическая схема скважинного инклинометра.1-отвес;2-магнитная стрелка.

Измерения производятся поточечно при остановках прибора в скважине. На каждой точке наблюдения поочередно измеряют зенитный и азимутальный углы.

Погрешность измерения зенитного угла около ±0,5°; азимутального - ± 5°.

Измерения азимута возможны при зенитных углах от 4° и более.

Перед началом измерений с инклинометром производят его контроль. Для этого скважинный снаряд закрепляют в предварительно отнивелированном и сориентированном установочном инклинометрическом столе, где придают инклинометру определенные зенитные и азимутальные углы. Сравнивая показания инклинометра с заданными значениями зенитного и азимутального углов, вычисляют среднюю абсолютную погрешность измерений. Если погрешность превышает допустимую, выполняют настройку прибора так, как это описано в его заводской инструкции, после чего контроль повторяют.

Перед спуском снаряда в скважину на его нижний конец навинчивают удлинитель с целью уменьшения перекоса корпуса инклинометра относительно оси скважины. Измерения проводят при спуске снаряда через 10 или 20 м, при подъеме снаряда выполняют контрольные замеры. Расхождение между основными и контрольными замерами не должно превышать погрешности измерений.

Азимутальные углы измеряют только за пределами обсадной трубы.

Обработка результатов инклинометрии_ и их изображение описаны в соответствующих учебниках [1,3] и методических разработках [4,10,14]

5.3. Расходометрия

Расходометрия – это измерения расхода (или дебита) потока жидкости или газа по стволу скважины.

Датчиком расхода в механических скважинных расходомера служит крыльчатка, соосная со скважиной и приходящая во вращение под действием потока (рис.3.15.). Число оборотов крыльчатки с помощью тахометрического преобразователя преобразуется в электрический сигнал. При обработке результатов измерений от числа оборотов переходят к объемному расходу Q флюида, пользуясь тарировочными графиками, полученными опытным путем и характеризующими зависимость $n = f(Q)$ для разных постоянных диаметров (рис.3.15б).

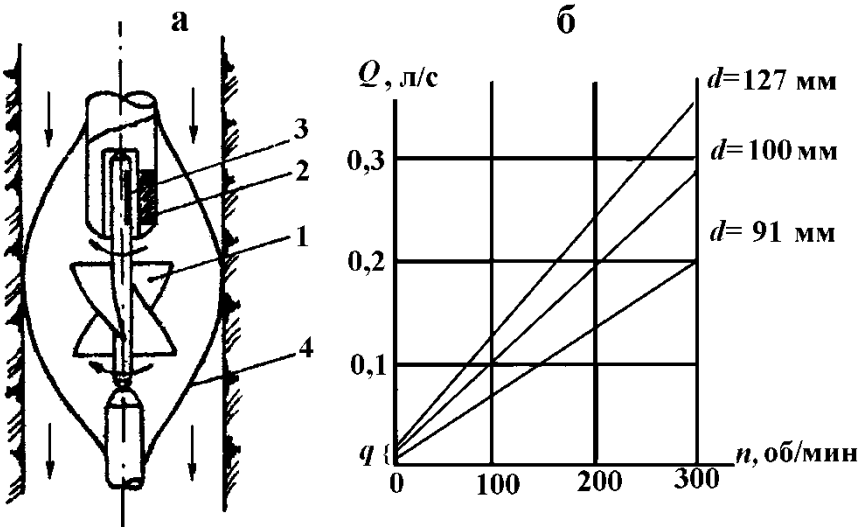


Рис.3.15. Принцип действия скважинного расходометра(а).

1-крыльчатка; 2-тахометрический преобразователь; 3-управляющий элемент преобразователя; 4-центрирующие рессоры.

Для возбуждения движения жидкости по стволу скважины производят долив или откачку из нее до наступления установившегося режима поступления жидкости в водоносные пласты (при доливе) или из пласта в скважину (при откачке).

В условиях учебных скважин базы практик удобнее проводить возбуждение доливом. Для этого с помощью шланга доливают в скважину воду из водопровода до тех пор, пока динамический уровень не стабилизируется у верхнего обреза обсадной трубы.

Наблюдения с расходомером проводят поточечно, при остановке снаряда в скважине через 10 м в обсадной трубе и через 1-2 м ниже ее "башмака".

Графики изменения расхода по стволу скважины позволяют определить местоположение и дебит (или поглощение) водоносных горизонтов, оценить их однородность, емкостные и фильтрационные свойства.

Интерпретация результатов расходометрии базируется на известном теоретическом положении утверждающем, что водоприток из однородного пласта в совершенную скважину при возбуждении его откачкой или водопоглощение в случае налива являются равномерными по всей мощности пласта. Поэтому границы водоносных или водопоглощающих пластов с различными свойствами определяются по точкам перегиба (изменения наклона отрезков) на графиках расходометрии, а коэффициент фильтрации рассчитывается, но одной из формул, учитывающих условия фильтрации жидкости из скважины в пласт (или в обратном направлении) [11].

При установившемся режиме возбуждения в пределах прямолинейной зависимости между расходом и повышением уровня можно воспользоваться формулой Дюпюи для напорных вод, (3.8)

Q - расход (или дебит) горизонта, мэ/сут;

kф- коэффициент фильтрации, м/сут;

h - мощность водоносного горизонта, м;

R - радиус влияния скважины, м;

r - радиус скважины, м;

P9 - давление у стенки скважины, м;

pk- давление у контура питания водоносной зоны, м водяного столба

Из этого уравнения, перейдя к десятичным логарифмам и заменив разницу давлений разницей статического и динамического уровней, т.е. повышением уровня при доливе (или понижением при откачке) S=Нд-Нст, можно выразить коэффициент фильтрации: (3.8.)

Все величины, входящие б формулу (3.8.), за исключением радиуса влияния, определяют по результатам измерений в скважине. Мощность пласта h- как расстояние между соседними точками оси скважины, в которых меняется наклон графика расходометрии, расход Q определяется как разница между расходом потока в стволе скважины на кровле и подошве водоносного горизонта Q=QК-QП, положение статического и динамического уровня, установившегося в результате возбуждения, определяют по измерениям со скважинным уровнемером, радиус скважины r - по данным кавернометрии.

Величина радиуса влияния R может быть определена только с помощью дополнительных измерений в наблюдательных скважинах, но поскольку в формуле (3.8.)

величина R находится под знаком логарифма, то для приближенной оценки коэффициента фильтрации можно воспользоваться значением R, найденным для сходных гидрогеологических условий, или принять какую-то условную величину радиуса влияния. Для трещинных вод В.Сысерткой базы может быть принято R = 200 м.

3.6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КАРОТАЖА

По окончании каротажа в верхней части диаграммы на уровне, соответствующем самому верхнему положению зонда в скважине, проводят лучом гальванометра или пером самописца линию начала диаграммы, после чего диаграммную ленту извлекают из приемной кассеты.

Непосредственно на скважине сразу после окончания записи в нижней части диаграммы (на "хвосте" диаграммы) записывают все сведения, которые будут необходимы при ее оформлении и обработке. Здесь указывают: дату, участок работ, номер скважины, сокращенное название метода, тип зонда или скважинного снаряда, данные о масштабе кривой, значения Х, У и ЦПМ.

На нулевой линии разбивают через 2 см масштаб диаграммы и "оцифровывают" (т.е. подписывают значения) все метки глубин, начиная с верхней. В случае использования осциллографа Н-065 или других с видимой записью диаграмм, каждую метку отмечают коротким штрихом карандаша или шариковой ручки, чтобы предотвратить утрату этих меток с течением времени.

При камеральной обработке кривые, записанные этими осциллографами, обводят шариковой ручкой или фломастером.

В верхней части - диаграммы наклеивают и заполняют ее "паспорт"" - стандартный бланк, в котором содержатся все сведения, необходимые для учета, обработки и интерпретации диаграммы (Прил.1)

Для облегчения в дальнейшем копирования и сопоставления диаграмм различных методов, на диаграммах проводят отметки глубин, кратные 10. Их проводят сплошными линиями через всю ширину ленты. Положение этих линий определяют по ближайшей к ним метке глубины с учетом масштаба глубин диаграммы.

На левую колонку диаграммной ленты выносят результаты интерпретации: условными значками показывают положение различных литологических разностей, ослабленных зон, обсадной трубы, уровня грунтовых вод и т.п.

Обработанную и проинтерпретированную диаграмму складывают "книжкой-гармошкой" с длиной стороны 25 с. Паспорт каждой диаграммы должен бить обложкой этой "книжки-гармошки".

При оформлении всего комплекса полученных результатов диаграммы всех методов копируют на сводную кальку (см.рис.3.17)

Слева направо калька содержит: узкие колонки "Глубина скважины", "Геологический разрез по керну" и "Интерпретационную колонку", и широкие колонки для диаграмм КС, ПС, ГК и т.д. На кальке проведены горизонтальные линии через каждые 10 м. При вынесении диаграмм на кальку каждый 10-ти метровый интервал диаграммы укладывают в отведенное для него место на

кальке с тем, чтобы избежать накапливания ошибок по глубине.

Диаграммы, которые были записаны с переносами, например ПС, монтируют в непрерывную прямую.

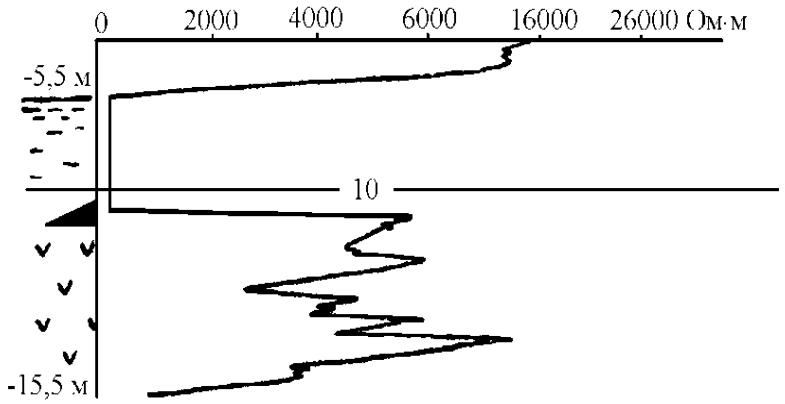


Рис 3.16 Образец каротажной диаграммы и паспорта к ней

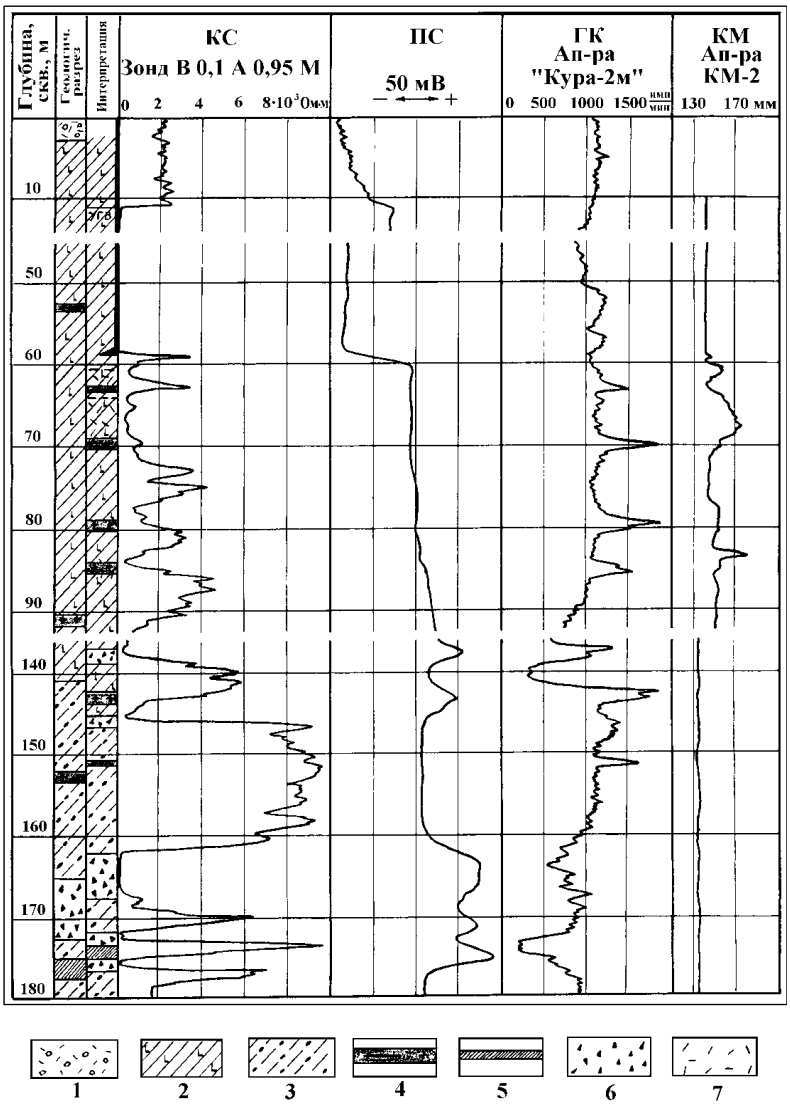


Рис 3.17 Комплекс каротажных диаграмм по учебной скважине №1 и результаты их интепритации

После построения кальки с комплексом диаграмм выполняют их сводную интерпретацию.

3.7. Сводная интерпретация комплекса каротажных диаграмм

В результате интерпретации комплекса каротажных диаграмм по каждой учебной скважине должно быть выполнено литологическое расчленение разреза скважины и охарактеризовано техническое состояние ее ствола.

Для облегчения студентам работы по выполнению этого раздела практики ниже приводится перечень вопросов, на которые должен быть дан ответ в результате сводной интерпретации.

1. Как характеризуются по данным метод ГИС различные литологические разности, встречающиеся в геологическом разрезе скважины:

а) амфибол-биотитовые гнейсы;

б) амфибол-биотитовые гнейсы с гранатами;

в) графито-кворцевые слайды;

г) граниты;

д) кварцевые жилы;

е) метаморфические талък-карбонаткые породы.

2. Как проявляется на диаграммах ГИС наличие сульфатной вкрапленности?

3.Как отличаются зоны низкого сопротивления рудной и нерудной природа?

4.По каким методом каротажа и как определяется положение границ (контактов) между различными литологическими разностями?

5.На какой глубине в скважине располагается обсадная труба, как она проявляется на диаграммах различных методов ГИС, как определяется положение се "башмака" (нижнего конца)?

6.На какой глубине располагается в скважине уровень грунтовых вод и как он проявляется на диаграммах разных методов?

7.Опишите геологический разрез исследованной скважины, построенный по данным интерпретации ГИС (тип породы, интервал, занимаемый ею в скважине, ее характеристики). Сопоставьте этот разрез с разрезом, построенном по данным документации
керна. Объясните причину расхождений.

8.Охарактеризуйте результаты кавернометрии: укажите средний диаметр скважины, диаметр обсадной трубы, диаметры каверн, интервалы наибольшей кавернозности, определите породы, к которым приурочены каверны. Как каверны влияют на результаты каротажа? Сопоставьте кавернограмму с диаграммой КС.

9.Охарактеризуйте результаты инклинометрии скважины: у кажите диапазон изменения зенитных углов скважины, средний азимут искривления, смешение проекции забоя скважины относительно ее устья в горизонтальной плоскости.

Ответы на перечисленные вопросы должны составить содержание раздела "Сводная интерпретация" в отчете о практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. - М.: Недра, 1984.-432 с.

2.Заяц А.П., Нагля В.В. Радиометрическая аппаратура и оборудование. - М.: Недра. 1983. - 240 с.

3. Интенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. - М.: Недра, 1987. - 375 с.

4. Козырин А.К., Алексеева З.П., Сковородников И.Г. Инструкция для проведения учебно-методической- црактики по буровой и скважинкой геофизике. - Свердловск: изд. Свердл.горн. ин-та, 1969. - 145 с.

5. Кривко Е.Н.. Шароварин В.Д., Широков В.Н. Промыслово-геофизическая аппаратура и оборудование. - М.: Недра. 1961. -280 с.

6. Мейер В.А. Геофизические исследования скважин. - Л,: Изд. Ленингр. ун-та, 1981. - 464 с.

7. Померанц Л.И., Белокопь Д.В., Козяр В.Ф. Аппаратура и оборудование геофизических методов исследования скважин.

М.; Недра, 1985. - 271 с.

8.Скважинные геофизические информационно- измерительные системы: Учебное пособие/В.Н.Шроков, Е.М.Митюшин, В.Д.Неретин и др. - М: Недра 1996-317с.

9. Скважинная и шахтная рудная геофизика: Справочник геофизика. В 2-х кн. /Под ред. В.В.Бродового. - ГЛ.: Недра, 1988. - 320 и 440 с.

10.Сковородников И.Г., Макаров Л.В., Калашников В.Н. Применение методов скважинной расходометрии в гидрогеологических исследованиях: Методическое руководство к курсу лекций.-Свердловск: УГГГА, 1982.-40с.

11.Сковородников И.Г. Методическое руководство по учебно-методической практике по геофизическим исследованиям скважин на базе практик в пос. В. Сысерть.-Свердловск: изд. СГИ 1990.-43с.

12.Сковородников И.Г. Геологические и геометрические построения по данным каротажа: Указания к практическим занятиям по ГИС.- Екатеринбург: изд. УГГГА,1995.-24с.

13.Сковородников И.Г. Практическое руководство по обработке и интерпретации результатов геофизических исследований скважин: Учебное пособие. – Екатеринбург: изд.УГГГА,2001.-80с.

14.Шумаков М.С. Инклинометрия: Методическое руководство для студентов. – Свердловск: изд.СГИ, 1991. – 25с.

15.Шумаков М.С. Кавернометрия и профилеметрия: Методическое руководство для студентов. –Екатеринбург: изд. УГИ, 1992. –32.

ГЛАВА 4

РАДИОМЕТРИЯ И ЯДЕРНАЯ ГЕОФИЗИКА

доц. Ж.Н. Александрова, доц. Ю.В. Белышев

Окутан мифами, покрыт японским матом,
Он равно воспеваем и гоним,
Описанный Нильс Бором странный атом
В познанье вещества незаменим
Г.Г. Коргуль, выпускник СГИ 1975 г.

4.1. Задачи практики

Учебно-методическая практика по радиометрии и ядерной геофизике проводится с целью закрепления теоретических знаний, полученных студентами при изучении соответствующего курса, а также получения необходимых практических навыков при выполнении полевых и лабораторных исследований.

Радиометрические и ядерно-геофизические методы широко используются для получения дистанционной информации об особенностях состава и свойств природных сред, что имеет важное значение при поисках, разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, в особенности месторождений радиоактивных руд и редких металлов.

Пешеходная γ-съемка является универсальным радиометрическим методом поисковых работ, которая применяется на всех стадиях геолого-геофизических и геохимических исследований. Сущность пешеходной γ-съемки состоит в планомерном измерении с помощью переносных радиометров по заданной сети мощности экспозиционной дозы γ-излучения на поверхности земли, в шпурах и открытых горных выработках. Пешеходные γ-поиски (γ-съемка) применяются для решения следующих геологических задач:

1. Поиски и разведка месторождений радиоактивных руд;

2. Поиски и разведка полезных ископаемых, находящихся в генетической или парагенетической связи с радиоактивными элементами;

3. Геологическое картирование (литологическое расчленение) горных пород, изучение тектоники и поведения радиоактивных элементов.

Существует несколько модификаций пешеходной γ-съемки:

Наземная γ-съемка. Эта съемка, выполняемая интегральными радиометрами СРП-68 или СРП-88, занимает ведущее место по значению и объему полевых работ. Процесс съемки состоит в дискретных измерениях мощности экспозиционной дозы (МЭД) γ-излучения (в пА/кг, мкР/ч) по сети наблюдений, соответствующей заданному поисковому масштабу. Гамма-спектрометрическую съемку проводят путем измерений

содержаний U, Th, K с целью изучения закономерностей распространения радионуклидов на заданной территории.

Бета- и бета-гамма-съемка. Основана на регистрации β- и γ-составляющих излучения радионуклидов. Проводится на площадях, где радиоактивное равновесие между U и Ra в породе резко смещено в сторону U (заболоченные территории). Для раздельного учета β-излучения Ra, Th и K γ-съемку выполняют в спектрометрическом варианте.

Шпуровая γ-съемка. Основана на измерении γ-излучения в шпурах глубиной до 1 м, обычно вручную проходимых в грунтах и рыхлых отложениях. Хорошие результаты шпуровая γ-съемка дает в условиях гумидного климата, когда элювиально-делювиальные отложения обеднены U на глубину до 1.5 м. Радиометрическая документация горных выработок. Является составной частью геологической документации канав, шурфов и др. выработок. Эти объекты исследуются переносным радиометром по заданной сети γ-опробования, расстояние между пунктами которой может быть от 0.2 до 1 м.

Основной вклад в естественное-поле горных пород вносят естественные радиоактивные элементы (ЕРЭ) семейств U, Th и изотоп 19K40 (0.0119% в составе естественной смеси изотопов калия). Для изверженных горных пород в среднем наблюдается корреляционная связь содержания U, Th и K с кислотностью: уменьшение содержания по мере увеличения основности. Содержание ЕРЭ в осадочных породах в целом несколько ниже, чем в изверженных. Наименьшая радиоактивность отмечается для химических осадков, солей и карбонатных пород, наибольшая – для глин.

На различии содержания ЕРЭ в породах, а следовательно, интенсивности их γ-излучения и основана методика γ-съемки. При этом следует учитывать, что по интегральной интенсивности γ-излучения 1 г/т U эквивалентно 2.5 г/т Th и 0.4% K. При среднем соотношении U:Th:K в породах 1:5:104 в суммарном γ-излучении преобладает излучение Th и K. Для U часто наблюдаются отклонения от общих закономерностей в связи с его высокой химической активностью.

Величина γ-излучения горных пород выражается в единицах мощности экспозиционной дозы (МЭД) – пА/кг. До недавнего времени широко использовалась внесистемная единица МЭД – мкР/ч (1 пА/кг = 13.95 мкР/ч). Термин «мощность экспозиционной дозы» часто для краткости заменяется термином «интенсивность». Следует отметить, что такая замена допустима лишь в геофизике в связи с ее исторически сложившейся терминологией (под «интенсивностью» в физике понимается плотность потока энергии).

Представительность наземных γ-методов. При интерпретации результатов пешеходной γ-съемки необходимо учитывать сведения о расстоянии между детектором и поверхностью земли, толщине поглощающего почвенного и элювиально-делювиального слоя. Например, при высоте детектора над землей h = 1 м 80% от

излучения I∞ (2π-геометрия) создает площадка диаметром около 10 м, при h = 20 см ее диаметр составляет 2 м, а при h = 5 см – 0.5 м. Следовательно, для широких излучающих объектов измерения на некоторой высоте над поверхностью земли являются более представительными по сравнению с результатами, полученными у поверхности. В тоже время удаление от края аномальной зоны шириной 5 м на расстояние 4 м приводит к снижению интенсивности до 0.02I∞ при высоте детектора h = 50 см и до 0.04I∞ при h = 1 м. Это лишний раз подчеркивает необходимость исследования всех обнажений, попадающих в поле зрения оператора, иначе даже при съемках масштаба 1:10000 более 94% площади оказывается радиометрически не обследованной.

С другой стороны, 80% γ-излучения I∞ создает слой рыхлых отложений толщиной около 25 см при плотности 1.5 г/см3 или слой коренных пород толщиной ~15 см плотностью 2.7 г/см3. Это означает, что регистрируемая интенсивность излучения характеризует содержание радионуклидов лишь в тонком слое почвы и элювия-делювия. До 95% γ-излучения поглощает слой рыхлых отложений с массовой толщиной 80 г/см2. Это надо помнить при выполнении γ-съемки в условиях островной обнаженности пород. Иначе могут возникнуть аномалии, обусловленные не особенностями распределения ЕРЭ на исследуемой площади, а переменной мощностью чехла неактивных наносов, перекрывающих геологические объекты. Например, аномальный эффект над погребенным урановым телом, обусловленный Rn, поднимающимся к поверхности земли, даже в благоприятных условиях (мощность неактивных наносов 2 м, богатые руды в пласте бесконечного простирания) составляет только 0.1-0.2 пА/кг (1.5-3 мкР/ч).

4.2. Пешеходные гамма-поиски

4.2.1. Полевой сцинтилляционный радиометр СРП-68.

Прибор СРП-68 является радиометром интегрального типа и предназначен для измерения МЭД горных пород в условиях их естественного залегания. В блоке детектирования для наземной съемки применяется кристалл NaI(Tl) диаметром 30 и высотой 25 мм со среднем коэффициентом преобразования до 56 имп/с на 1 пА/кг (4 имп/с на 1 мкР/ч). У всех модификаций СРП-68 нижний энергетический порог регистрации можно настраивать от 5 до 100 кэВ. Диапазон измеряемой МЭД до 3 тыс. мкР/ч с поддиапазонами 30, 100, 300, 1 тыс. и 3 тыс. мкР/ч. Постоянные времени интегрирования 2.5 и 5 с. Основная погрешность прибора по МЭД ?10%. Дополнительная температурная погрешность до ?3% на каждые 10 С. Относительная среднеквадратическая погрешность измерений: где – постоянная времени; – средняя скорость счета импульсов.

4.2.2. Проверка энергетического порога регистрации СРП-68. Под энергетическим порогом регистрации интегральной радиометрической аппаратуры понимается минимальная энергия γ-квантов, регистрируемых детектором.

Энергетический порог регистрации радиометра устанавливается, как правило, уровнем амплитудной дискриминации импульсов на выходе предусилителя в блоке детектирования. Температурные и временные дрейфы коэффициента преобразования

энергии γ-кванта, а так же изменение порога дискриминации импульсов приводит к изменению энергетического порога регистрации. В полевой аппаратуре интегрального типа изменения порога регистрации могут быть весьма значительными. Так, в СРП-68 температурный дрейф порога регистрации может достигать нескольких процентов от установленного значения при изменении температуры на 1°С, а в полном рабочем температурном диапазоне (от –30 до +50° С) может изменяться в несколько раз.

Для обеспечения стабильной работы радиометра начальный порог регистрации должен устанавливаться равным 25±5 кэВ. Уменьшение порога до 15 кэВ и ниже нецелесообразно из-за возможности регистрации температурных шумов и наводок преобразователя напряжения питания ФЭУ.

При проверке и настройке порога регистрации используются источники низкоэнергетического γ-излучения, например Cd109 (22 кэВ), Am241 (60 кэВ), Tl204 (71 кэВ) или Tu170 (84 кэВ). Наиболее удобным источником является Am241.

Настройка проводится в следующем порядке. Источник подносится к блоку детектирования на такое расстояние, чтобы показания прибора были во второй половине шкалы на поддиапазоне 1000 имп/с, после чего производится первый отсчет N1. Второй отсчет N2 производится при нажатой и удерживаемой кнопке контроля на пульте радиометра (при этом происходит уменьшение напряжение питания блока детектирования и увеличение порога регистрации в два раза). Отношение N2/N1 должно быть в проделах 0.6–0.9, что соответствует энергетическому порогу регистрации 15–30 кэВ. Если отношение N2/N1 меньше 0.6 – следует увеличить коэффициент усиления ФЭУ, если больше 0.9 – уменьшить усиление. Для этого необходимо вскрыть блок детектирования и изменить напряжение питание ФЭУ.

4.2.3. Градуировка радиометра СРП-68. Радиометр градуируют 1-2 раза в месяц с целью установления зависимости между показаниями измерительного прибора СРП-68 и мощностью экспозиционной дозы. Результаты градуировки используются при обработке полевых измерений. Градуировку проводят ампульным радиевым источником (например эталоном С-41, С-42 и др.) с известным количеством Ra. Мощность экспозиционной дозы (мкР/ч) первичного γ-излучения на расстоянии R (м) от источника может быть найдена по теоретической формуле

$$\boldsymbol{I = 840\frac{Q}{R^2}} \qquad , (5.2)$$

где Q – количество Ra226 в эталонном источнике, мг.

Сущность градуировки заключается в том, что изменением расстояния R от источника до детектора в точке измерений создают набор значений МЭД и фиксируют показания измерительного прибора. Градуировку выполняют на специальном стенде, включающем площадку для крепления блока детектирования и горизонтальный шнур на 10-20 см выше поверхности площадки. Шнур размечается метками через 20 см. Радиевый эталон подвешивается таким образом, чтобы по горизонтальной линии он находился напротив детектора.

Для уменьшения вероятности регистрации, рассеянного от поверхности земли γ-излучения, высота расположения источника и детектора над землей должна быть не менее 2 м. С этой же целью блок детектирования дополнительно экранируют от земли листовым свинцом толщиной 3-5 мм.

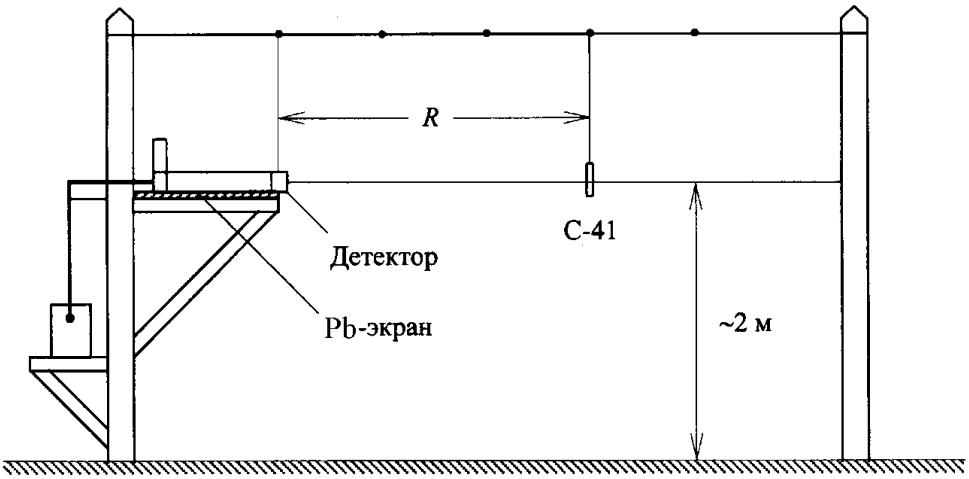


Рис. 4.1. Стенд для градуирования полевых радиометров

Соблюдается следующий порядок градуировки:

1. Радиевый источник помещают в свинцовый контейнер, поглощающий его излучение (или убирают далеко от градуировочной площадки).

2. На приборе устанавливают поддиапазон, градуировка которого осуществляется (30 или 100 мкР/ч), после чего производят измерение естественного γ-фона (до 10 отсчетов с интервалом времени около 5 с).

3. Радиевый источник подвешивают на шнур на расстояние 4-5 м от торца детектора и производят первое измерение (тоже 10 отсчетов).

4. Операции повторяют на других расстояниях, постепенно приближая источник к детектору (прямой ход). Следует избегать измерений на расстояниях $R < 20$ см, где погрешность градуировки увеличивается за счет неточности измерения расстояния. Не рекомендуется проводить градуировку на расстояниях более 4 м, при которых возрастает доля рассеянного γ-излучения.

5. После измерений на ближайшей точке повторяют измерения для обратного хода (при удалении источника). Результаты измерений записывают в табл. 4.1:

Таблица 4.1

Результаты градуирования полевого радиометра

Дата градуировки _____ СРП № _____

Эталон _____ № _____, _____ мг Ra^{226}

Место градуировки _____

Оператор _____

R, м	$I_и$, мкР/ч	Поддиапазон	Отсчеты $I_п$, мкР/ч	Средний отсчет
∞	0,0	30 мкР/ч		
.....	.....	.....	....	.....

Примечание: Iи – истинное значение МЭД, Iп – интенсивность γ-поля по шкале измерительного прибора.

С использованием данных из вышеприведенной таблицы строится градуировочный график. Первая слева точка графика соответствует измерениям γ-фона. Линия графика проводится осреднением точек прямого и обратного хода. Учет фонового излучения Iф на градуировочной площадке производится продолжением графика до пересечения с осью абсцисс и смещением нуля графика в эту точку. Полученный график со смещенной шкалой Iи = kIп применяется для перевода показаний радиометра в МЭД γ-излучения (пересчетный коэффициент определяется как k = ΔIи /ΔIп).

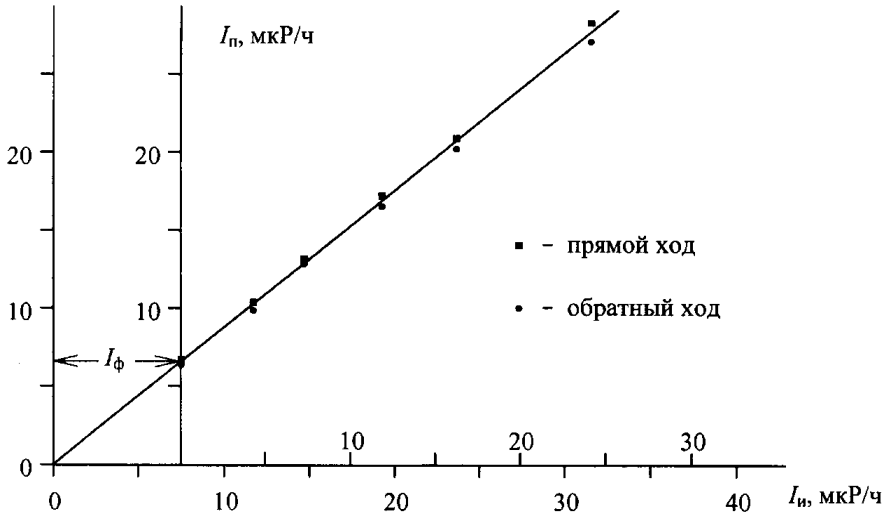


Рис. 4.2. Градуировочный график СРП-68

Как правило, градуировочные графики должны быть линейны на всех поддиапазонах, за исключением предельных значений (30 тыс. имп/с и 10 тыс. мкР/ч), на которых может наблюдаться отклонение от линейности за счет просчета части импульсов детектором при их большой скорости следования. Отклонение от линейности может наблюдаться и в том случае, если градуировка выполняется на поверхности земли.

4.2.4. Методика полевых работ. Под гамма-поисками понимают исследования гамма-активности горных пород по поисковым маршрутам в направлениях наиболее вероятного распространения ореолов и потоков рассеяния радиоактивных элементов. Пешеходные гамма-поиски наиболее эффективны в районах с хорошо расчлененным рельефом, развитой гидросетью, с небольшой мощностью элювиально-делювиальных отложений. Рудопроявления радиоактивных элементов в этих условиях образуют открытые механические и солевые ореолы и потоки рассеяния, легко доступные при пешеходных поисках. Неблагоприятными для пешеходных поисков районами являются районы с развитыми современными отложениями при резко выраженном промывном режиме.

4.2.5. Рекогносцировочные (маршрутные) γ-поиски. Маршрутные γ-поиски проводятся в слабоизученных районах с целью общей оценки γ-активности горных пород. Маршруты прокладываются вкрест простирания геологических структур и решают ограниченные задачи: оценка доступности площадей для дальнейших γ-поисков, уточнение средней γ-активности основных по распространенности горных пород.

Работа на маршруте при пешеходных γ-поисках состоит в непрерывном прослушивании в телефон частоты следования импульсов и в измерениях интенсивности излучения горных пород по измерительному прибору пульта радиометра. Скорость перемещения по маршруту 1-2 км/ч, при этом детектор радиометра располагается на высоте 10-15 см от поверхности земли. Оператором в зоне маршрута шириной до 100 м должны также обследоваться все обнажения горных пород, свалы и осыпи. Результаты

всех измерений по маршруту, а также на обнажениях пород и в других пунктах, заносятся в полевой журнал. В журнале фиксируются ориентиры по маршруту, смена пород, места отбора образцов горных пород. В процессе съемки ведется абрис маршрута.

При обнаружении по маршруту повышенной интенсивности гамма-излучения аномальная зона исследуется более детально. Из аномальной зоны отбираются образцы горных пород на лабораторное исследование.

Работоспособность прибора в процессе гамма-съемки проверяется измерениями на контрольном пункте (КП) в начале и в конце маршрута и измерениями с контрольным источником Со60 в фиксированной точке относительно детектора (на торце датчика). Измерения с изотопом Со60 проводятся через каждые 1-2 часа работы и записываются в журнал.

Первичная обработка полевых материалов заключается в переводе показаний радиометра по градуировочному графику в единицы мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (мкР/ч), в обработке результатов измерений на КП и контрольных измерений в процессе рабочего дня. При нормальной работе прибора флюктуации не должны превышать 3 % для источника Со60. Разность показаний на КП в начале и в конце рабочего дня не должна быть больше 5 %.

4.2.6. Площадная гамма-съемка. Площадная гамма-съемка выполняется по подготовленной топографической сети на учебном полигоне.

Топографическая сеть полигона проложена широтными профилями через 250 м друг от друга. Пикеты по профилю идут через 50 м и отмечены колышками с маркировкой номеров профиля и пикета, рис. 5.3. Маркировка пикетов выполнена с запада на восток с пикета № 0 до пикета № 40 (длина профиля 2 км). Пикеты №10 всех профилей расположены на меридиональной квартальной просеке.

Площадная γ-съемка проводится по маршрутам между профилями в масштабе 1:2000. Расстояние между маршрутами 50 м, расстояние между фиксированными измерениями на маршруте 20 м, при детализации аномалий – 5 м. Маршруты прокладываются между одноименными пикетами профилей по компасу, расстояние измеряется шагами. Начинается площадная γ-съемка с пикета № 0 южного для каждой площади профиля с выходом на пикет № 0 северного профиля, затем продолжается по профилю от пикета № 0 до пикета № 1, далее от пикета № 1 северного профиля на пикет № 1 южного профиля и т.д. (рис. 4.4).

Для более точной прокладки маршрутов применяется две вешки с флажками (из бумаги яркого цвета для хорошего различения на фоне лесной растительности), которые выставляются на пикетах профилей.

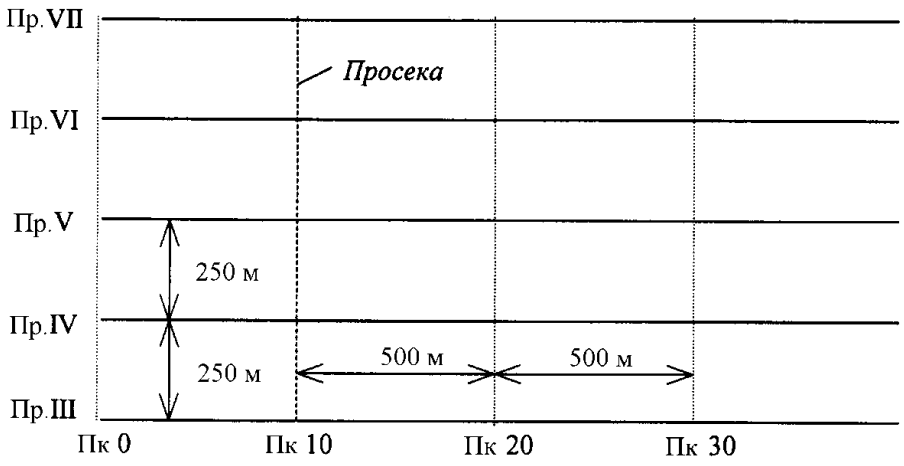


Рис. 4.3. Схема топографической сети Верхне-Сысертского геофизического полигона

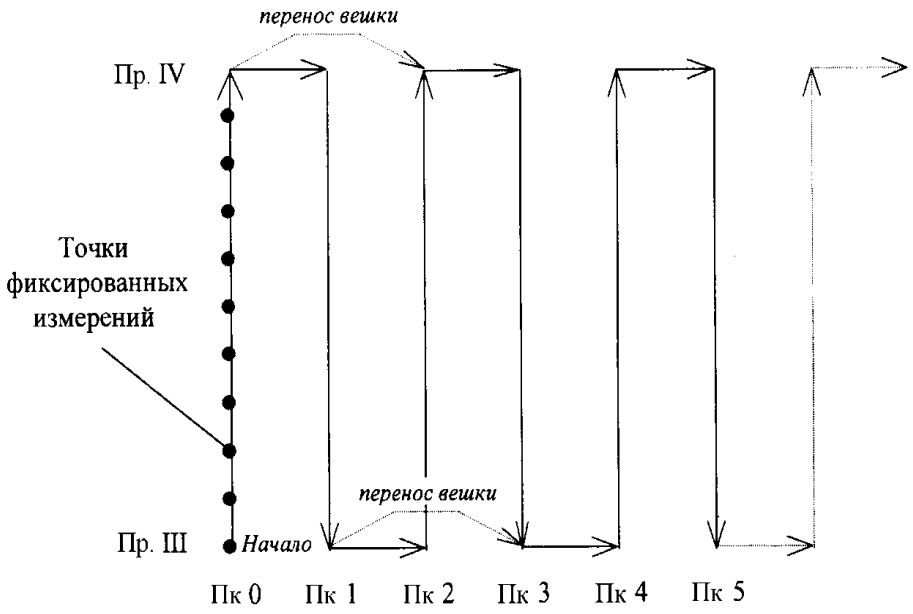


Рис. 4.4. Порядок прокладки маршрутов при площадной гамма-съемке

Методика измерений при площадной гамма-съемке такая же, как и при маршрутных поисках. После проведения площадной γ-съемки строится рабочий план изогамм (план изолиний интенсивности γ-поля в мкР/ч) и уточняются участки для постановки работ по геофизической разведке поверхности.

4.2.7. Шпуровая гамма-съемка.

Разведка поверхности на выделенных аномальных участках проводится вкрест простирания аномалий в масштабе 1:200. Измерение интенсивности γ-излучения проводятся в шпурах, проходка которых до коренных пород или крупнообломочных

фракций коры выветривания осуществляется ручными бурами. Расстояние между профилями детальной разведки должно быть 10 м, расстояние между шпурами по профилю – 5 м. По точкам детальной разведки выполняется также спектрометрическая гамма-съемка в (прибором СП-4 или РКП-301) с раздельным определением содержания урана, тория и калия для выяснения природы радиоактивности.

По результатам детальной разведки строятся рабочие планы изогамм (интенсивности естественного γ-излучения в шпурах), планы распределения U, Th и K. Все планы строятся в одном масштабе. Совместным анализом данных планов выделяется «ядро» аномалии.

4.2.8. Проверка «ядра» аномалии.

«Ядро» аномалии детализируется по аналогичной методике в масштабе 1:50 по профилям через 2 м с расположением шпуров на профиле через 1 м. По результатам дополнительной детализации строится рабочий план разведки «ядра». Анализом плана выделяется место заложения горной выработки (шурфа) для ее радиометрического опробования и взятия на лабораторный гамма-спектрометрический анализ образцов пород для уточнения радиометрической природы аномалии. Канава (вкрест простирания аномалии длиной до 3 м и шириной 0.5 м) или шурф (размером 1×1 м) проходятся до коренных пород или крупнообломочных фракций коры выветривания.

После проходки горной выработки ее дно и стенки опробуются радиометрами направленного приема или радиометром СРП-68-01 со свинцовым цилиндрическим экраном на блоке детектирования (радиометр для опробования предварительно должен быть отградуирован в комплекте с экраном). Сетка опробования 10×10 см. Одновременно с проведением опробования выполняется геологическая зарисовка стенок и дна горной выработки.

По дну горной выработки отбираются образцы горных пород весом до 1.5 кг для последующего лабораторного γ-спектрометрического анализа. Пробы пород измельчаются до крупности зерна 1-3 мм и анализируются на лабораторной γ-спектрометрической установке.

4.3. Обработка результатов гамма-поисков

4.3.1. Построение графиков маршрутной гамма-съемки.

Графики маршрутной гамма-съемки строятся в масштабе 1:5000 на миллиметровке. Линию маршрута, независимо от истинной формы рельефа, изображают в форме прямой, под которой отмечают точки изменения маршрута и указывают его новый азимут, номера обнажений горных пород и особенности рельефа (рис. 5.5).

Геологическая интерпретация результатов съемки сводится к уточнению границ между горными породами, прослеживанию тектонических нарушений, отмечающихся аномальным содержанием радиоактивных элементов.

По профилям, общим для двух бригад, на график наносятся также данные гамма-съемки соседних бригад (другим цветом) и вычисляется среднее арифметическое расхождение измерений по профилю с учетом его знака.

4.3.2. Построение плана изогамм.

План площадной γ-съемки строится в масштабе 1:2000. Построение начинается с перенесения на ватман топоосновы съемки и всех съемочных маршрутов с четким выделением мест фиксированных отсчетов. После нанесения топоосновы и привязки точек отсчетов рядом с точками подписываются значения интенсивности γ-излучения. Затем в таком же порядке на план наносятся данные маршрутной γ-съемки по периметру площади. Для совпадающих точек площадной и маршрутной γ-съемок (точки внутреннего контроля) результаты измерений при маршрутной γ-съемке наносятся на план под результатами измерений площадной γ-съемки.

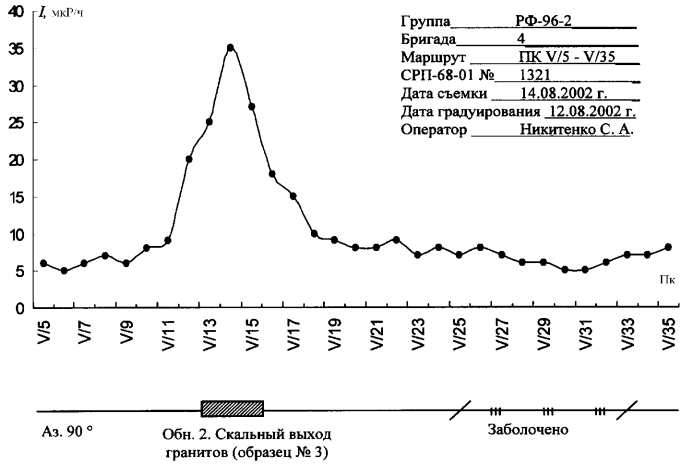


Рис.4.5. График маршрутной гамма-съемки масштаба 1:5000

Построение плана изогамм начинается с общей оценки изменения интенсивности гамма-излучения по площади работ и выбора масштаба изогамм. Для учебного полигона он обычно составляет 1-2 мкР/ч. Прослеживание изогамм следует начинать с точек максимальной интенсивности гамма-излучения.

Далее плана изогамм переносится на кальку (с маркировкой изогамм в мкР/ч) и раскрашивается. Интервалы изогамм с низкой по сравнению со средней интенсивностью закрашиваются разными оттенками синего цвета с увеличением насыщенности цвета по мере понижения интенсивности излучения. Интервалы изогамм с более высокой интенсивностью γ-излучения закрашиваются оттенками красного цвета.

После подготовки плана изогамм производится геологическая интерпретация γ-съемки и на ватмане вычерчивается геологическая карта площади поисков. При интерпретации используются материалы всех других видов геофизических работ, выполненных на данной площади, геологические данные по полигону практики, а также собственные геологические наблюдения во время проведения гамма-съемки. Калька площадной гамма-съемки склеивается с геологической картой в виде накладного

планшета. На геологической карте и плане изогамм контуром выделяются площади, по которым принято решение о закладке шурфа и проведении геофизической разведки поверхности.

Материалы площадной γ-съемки используются в дальнейшем для составления сводной геологической карты и сводной карты площадной γ-съемки всего учебного полигона.

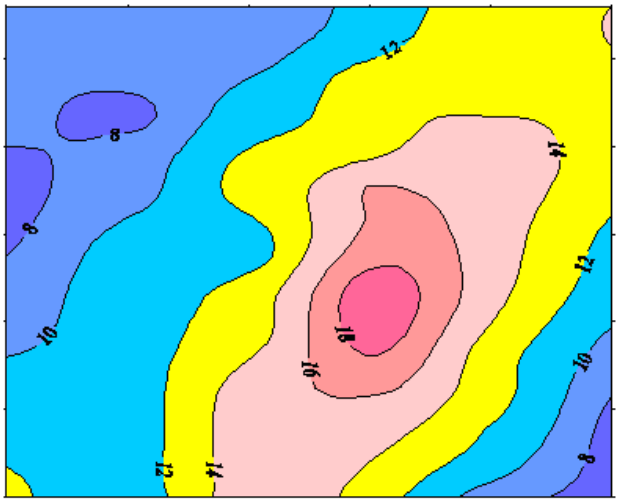


Рис. 4.6. Результаты площадной гамма-съемки (изолинии оцифрованы в мкР/ч)

4.3.3. Составление сводной карты площадной гамма-съемки.

Перед составлением сводной карты производится общая коррекция полевых материалов бригад по измерениям на границах площадей. Для этого производится вычисление среднего арифметического расхождения (с учетом знака) измерений бригад на широтных профилях, по которым соприкасаются рабочие площади. Основой для вычислений являются графики маршрутной γ-съемки, на которые дополнительно наносятся результаты измерений площадной γ-съемки по тем же профилям. Измерения маршрутной и площадной съемок по одним и тем же точкам одной бригады осредняются. Полученные таким образом значения сопоставляются со значениями по тем же точкам измерений соседней бригады и вычисляется среднеарифметическое расхождение измерений

После вычисления среднего арифметического расхождения измерений на границах всех бригад строится график увязки. При построении графика и проведении увязки уровень измерений одной из бригад условно принимается за нулевой. Так, на приведенном рисунке уровень измерений бригады № 1 принят за нулевой. По сопоставлению измерений на профиле IV уровень измерений бригады № 2 относительно бригады № 1 выше на 0.7 мкР/ч. Уровень измерений бригады № 3 относительно бригады № 2 (по сопоставлению на профиле V) ниже на 1.3 мкР/ч и, соответственно, ниже уровня измерений бригады № 1 на 0.6 мкР/ч и т.д. После построения графика за средний уровень может быть принят уровень измерений любой бригады. Измерения остальных бригад при построении сводной карты изогамм должны быть приведены к среднему уровню.

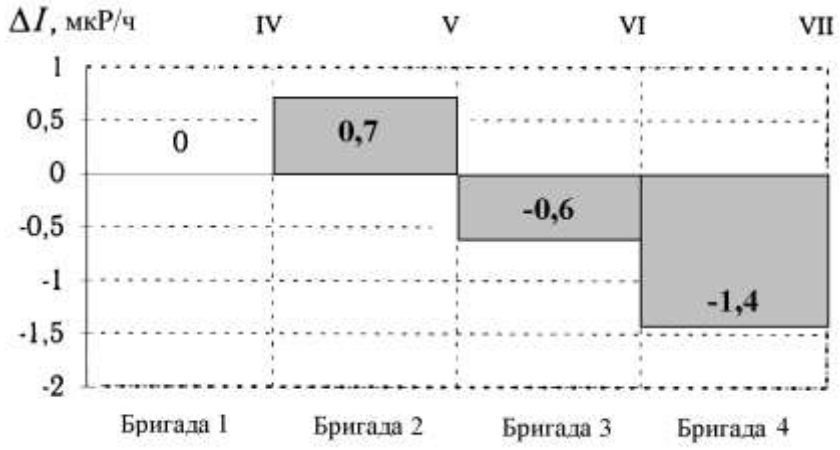


Рис. 4.7. График увязки результатов площадной гамма-съемки

При увязке площадей из вычислений следует исключать единичные экстремальные точки, отличающиеся по интенсивности излучения от соседних точек профиля в три и более раз. Приведение уровня измерений какой-либо бригады к среднему уровню всех бригад следует производить только в том случае, если этот уровень отличается от среднего значения на величину, большую половины принятого интервала изогамм. Так, при интервале изогамм 2 мкР/ч приведение следует производить, если невязка составляет более 1 мкР/ч. Для примера, приведенного на рисунке выше, приведению к нулевому (или среднему) уровню подлежат только измерения бригады № 4. После увязки измерений строится сводный план изогамм и геологическая карта всего полигона в масштабе 1:2000.

4.3.4. Обработка материалов геофизической разведки поверхности и проверки «ядра» аномалии. Обработка материалов геофизической разведки поверхности производится аналогично обработке материалов площадной гамма-съемки. Все планы разведки поверхности строятся в масштабе 1:200 на кальке. Планы детализации ядра аномалии вычерчиваются в масштабе 1:50. На планах указывается место заложения горной выработки.

При геологической интерпретации материалов разведки делается заключение о геологической природе аномалии с учетом данных всех видов разведки, горных работ и лабораторного анализа отобранных образцов горных пород.

По результатам гамма-опробования горной выработки строятся площадные развертки стенок и дна горной выработки в масштабе 1:20, а также геологическая основа развертки.

4.3.5. Оценка точности полевых наблюдений.

Точность полевых наблюдений оценивается по результатам внутреннего и внешнего контроля.

Внутренний контроль – это повторные измерения на одних и тех же точках, выполненные одной бригадой, тем же прибором, что и основные измерения. Точками внутреннего контроля являются точки, измерения на которых бригадой производились дважды: первый раз в ходе маршрутной съемки по периметру исследуемой площади и второй раз - в ходе площадной гамма-съемки.

Внешний контроль – это повторные измерения на одних и тех же точках, выполненные другим прибором. Определение погрешности полевых наблюдений по точкам внешнего контроля производится по аналогичной формуле, только под I1 и I2 следует понимать интенсивности γ-излучения на точке, измеренные первым и вторым прибором.

Фото 4.1. Студенты Беляева А.А. и Сальтьяшева А.А. (РФ-96-2) выполняют измерения интенсивности γ-поля радиометром СРП-68

4.4. Полевая гамма-спектрометрия

Важные сведения о геологическом строении и условиях образования горных пород могут быть получены в результате изучения спектрального состава естественного γ-излучения, что позволяет осуществлять раздельное определение концентраций K, U, и Th в природных средах. Методом полевой γ-спектрометрии решаются задачи выявления у U-Ra ореолов рассеяния на фоне γ-излучения K и Th, определение природы радиоактивности в коренном залегании горных пород при изучении и оценке радиометрических аномалий, геохимическое картирование различных литологических комплексов горных пород по кларковым концентрациям естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ).

4.4.1. Радиоактивные свойства горных пород.

Основными α-, β- и γ-излучателями горных пород являются изотопы K40, U238, Th232 и группа радионуклидов, являющихся продуктами их распада. Для изверженных образований известково-щелочной серии магматических пород характерно постепенное возрастание содержания U и Th в ряду ультраосновные → основные → средние → кислые породы, пропорционально росту содержания SiO2 и K.

Таблица 4.2

Содержание естественно-радиоактивных элементов в основных типах горных пород

Группа пород	Породы	K, %	U, г/т	Th, г/т	Th/U
Интрузивные Известково-Щелочной серии	Дуниты, пироксениты	0.15	0.03	0.08	2.7
	Габбро, диабазы	0.7	0.6	1.8	3.0
	Диориты, кварцевые диориты	1.8	1.8	6.0	3.3
	Гранодиориты	2.3	2.1	8.3	4.0
	Биотитовые граниты	3.4	4.0	15.0	3.7
	Кимберлиты неалмазоносные	1.06	2.6	8.8	3.4
	Кимберлиты алмазоносные	1.2	3.2	16.3	5.1
	Нефелиновые сиениты	5.0	10.3	28.3	2.8
	Трахиты	4.8	5.5	40.0	7.3
Эффузивные	Базальты, диабазы	1.0	0.7	2.3	3.2

	Андезиты, андез. порфириты	1.7	1.2	4.0	3.3
	Дациты, дацит. порфириты	2.3	2.5	10.0	4.0
	Липариты, кварц. порфиры	3.7	4.7	19.0	4.0
Гранулитовая и эклогитовая фация	Эклогиты	0.8	0.2	0.4	2.0
	Амфиболиты	0.6	0.7	1.8	2.6
	Аподиабазовые порфириты	0.8	0.9	2.7	3.0
	Гиперстеновые гнейсы	1.6	0.6	2.1	3.5
	Плагиоклазовые мигматиты	1.7	0.8	2.3	2.9
	Силлиманитовые гнейсы	2.6	1.3	4.2	3.2
Амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фации	Амфиболиты	0.8	1.0	4.0	4.0
	Мраморы, мрам. известняки	0.2	1.1	2.2	2.0
	Кварциты	0.6	0.8	3.1	3.9
	Метаморфизов. песчаники	2.5	2.7	9.2	3.4
	Полевошпатовые гнейсы	3.4	3.5	15.0	4.3

Интрузивные и эффузивные образования с повышенной характеризуются еще более высокой радиоактивностью по сравнению с аналогичными по кислотности породами известково-щелочной серии. Метаморфические породы по содержанию U и Th делятся на слаборадиоактивные и нормально- или слабо повышенной радиоактивности (гнейсы, кристаллические сланцы и др., характеризующиеся избыточным содержанием SiO_2, K_2O, CO_2 и H_2O). Процессы метаморфизма приводят к повышению содержаний U и Th. В осадочных породах наибольшей радиоактивностью обладают конгломераты и глинистые породы, повышенной – песчаники, фосфориты, калийные соли, некоторые углистые породы. Наименьшей активностью характеризуются карбонаты, сульфаты и некалийные соли.

Почвы имеют радиоактивность, зависящую от содержания ЕРЭ в почвообразующих породах. Торий остается в приповерхностном слое; уран, наоборот, может легко выносится. Содержание К в почвах составляет 1.4÷2.5 %, U – 0.1÷0.9 г/т, Th – от 3÷7 г/т.

Сходство геохимического поведения K, U и Th с поведением ряда других элементов (W, Mo, Ta, Nb и др.) может привести к образованию устойчивых ассоциаций ЕРЭ с соответствующими полезными ископаемыми и служить важным поисковым

признаком при их поисках и разведке. Значительные концентрации ЕРЭ установлены практически на всех редкометальных месторождениях.

4.4.2. Физические основы метода. Полевыми поисковыми приборами типа СРП-68 измеряется интегральная интенсивность γ-излучения пород, обусловленная присутствием в геологических средах ЕРЭ и продуктов их распада.

Принципиальная возможность раздельного количественного определения ЕРЭ создается существенным отличием энергетического состава γ-излучения K, U, Th и продуктов их распада. Предметом изучения γ-спектрометрии в общем плане являются дифференциальные энергетические спектры γ-излучения, регистрируемые конкретным прибором. На спектрах урановой модели отчетливо выделяются спектральные γ-линии энергий 1.12 и 1.76 МэВ (Bi214) и менее отчетливо, но тоже достаточно хорошо – 1.24, 1.38, 2.20, 2.44 (Bi214). В спектре ториевой модели отчетливо выделяются только две линии – 1.59 (Ac228) и 2.61 (Tl208) МэВ. В спектре калия присутствует только одна γ-линия – 1.46 МэВ (K40). Высокий квантовый выход γ-излучения с энергией 1.76 МэВ для U и 2.61 МэВ для Th, монохроматичность излучения K при значительном отличие энергий на фоне малого рассеяния квантов, создают благоприятные условия для использования указанных линий при раздельном определении K, U и Th.

4.4.3. Определение энергетического разрешения СП-4. Энергетическое разрешение спектрометра характеризует его способность разделять близко расположенные γ-линии. Энергетическое разрешение детектора определяется по γ-спектру контрольных источников, обычно Cs137 (662 кэВ), Zn65 (1.12 МэВ) или K40 (1.46 МэВ). Энергетическое разрешение R в численном виде определяется как отношение ширины (в кэВ) фотопика полного поглощения на половине высоты к энергии измеряемого моноэнергетического излучения:

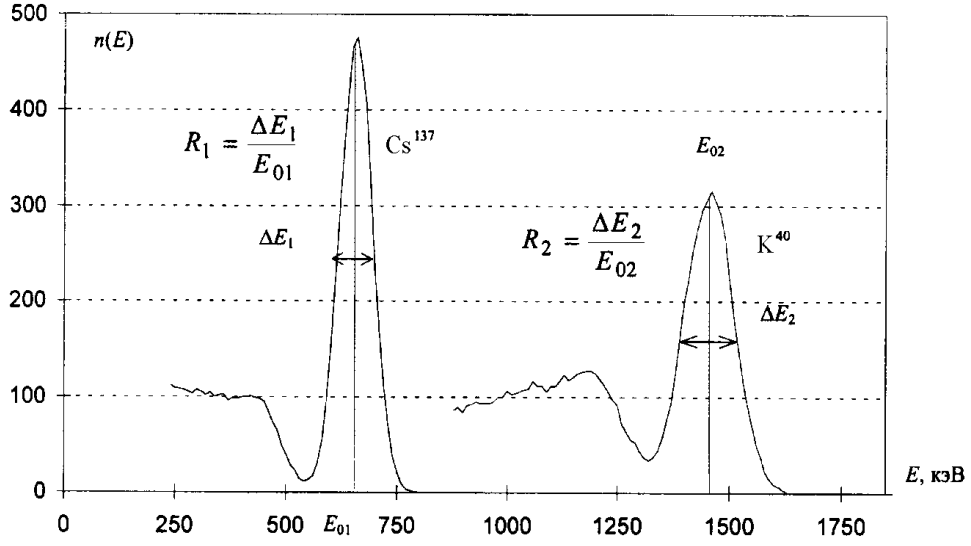


Рис. 4.8. Определение энергетического разрешения по γ-спектрам Cs137 и K40

Энергетическое разрешение является одним из основных критериев работоспособности блока детектирования. Для спектрометров СП-4 энергетическое разрешение по γ-линии 662 кэВ (Cs137) должно превышать 16% а по γ-линии изотопа1.12 МэВ (Zn65) – 13%.

4.4.4. Калибровка энергетической шкалы спектрометра. Калибровка энергетической шкалы производится для установления соответствия положения уровня дискриминатора энергии регистрируемого γ-излучения. Для спектрометрических целей необходимо, чтобы эта зависимость была линейной. Калибровка энергетической шкалы СП-4 производится перед началом полевых работ, после ремонта прибора, замены сцинтиллятора, ФЭУ.

Для калибровки используются как моноэнергетические источники γ-квантов с известной энергией так и полиэнергетические, но с хорошо разрешенными линиями (например, образцы урановых или ториевых руд).

Калибровка шкалы спектрометра СП-4 производится в следующем порядке. При нормальной настройке энергетической шкалы (50 кэВ/кан.) регистрируются γ-спектры контрольных источников: Cs137 (каналы 5-17, экспозиция 12.5), К40 (каналы 20-34, экспозиция 50 с) и Co60 (каналы 18-30, экспозиция 12.5 с; каналы 45-55, экспозиция 100 с). Хотя распад изотопа Co60 сопровождается испусканием двух квантов с энергией 1.17 и 1.33 МэВ, при их одновременном поглощении в детекторе формируется суммарный фотопик 2.50 МэВ, который хорошо выделяется в сцинтилляторах больших размеров.

По результатам всех измерений строятся γ-спектры и определяются положения максимумов фотопиков по шкале спектрометра, после чего строится калибровочный график – соответствие шкалы дискриминатора энергии γ-излучения. По калибровочному графику определяется энергетический уровень первого канала («смещение нуля») и линейность энергетической шкалы в диапазоне до 3.0 МэВ, которая должна быть не хуже 3%.

Таблица 4.3

Характеристики образцовых источников γ-излучения

Нуклид	Период полураспада	Энергия (кэВ) и квантовый выход (%) γ-линий	Нуклид	Период полураспада	Энергия (кэВ) и квантовый выход (%) γ-линий
Na22	2.60 лет	511(81), 1275(100)	Cs137	29.9 лет	662(85)
Co57	272 сут	122(85)	Hg203	46.8 сут	279(81)
Co60	5.275 лет	1173(100), 1332(100)	Tl204	4.26 лет	71(2)
Zn65	245 сут	511(3), 1114(45)	Ra226	1602 года	609(47), 1764(17)

Y88	107.4 сут	898(91), 1836(99)	Am241	433 года	59.5(36)

Фото 4.2. Студенты Артамонова О.А. и Попов А.Н. (РФ-96-2) проводят измерения спектрометром СП-4 космической составляющей гамма-фона n, имп/с

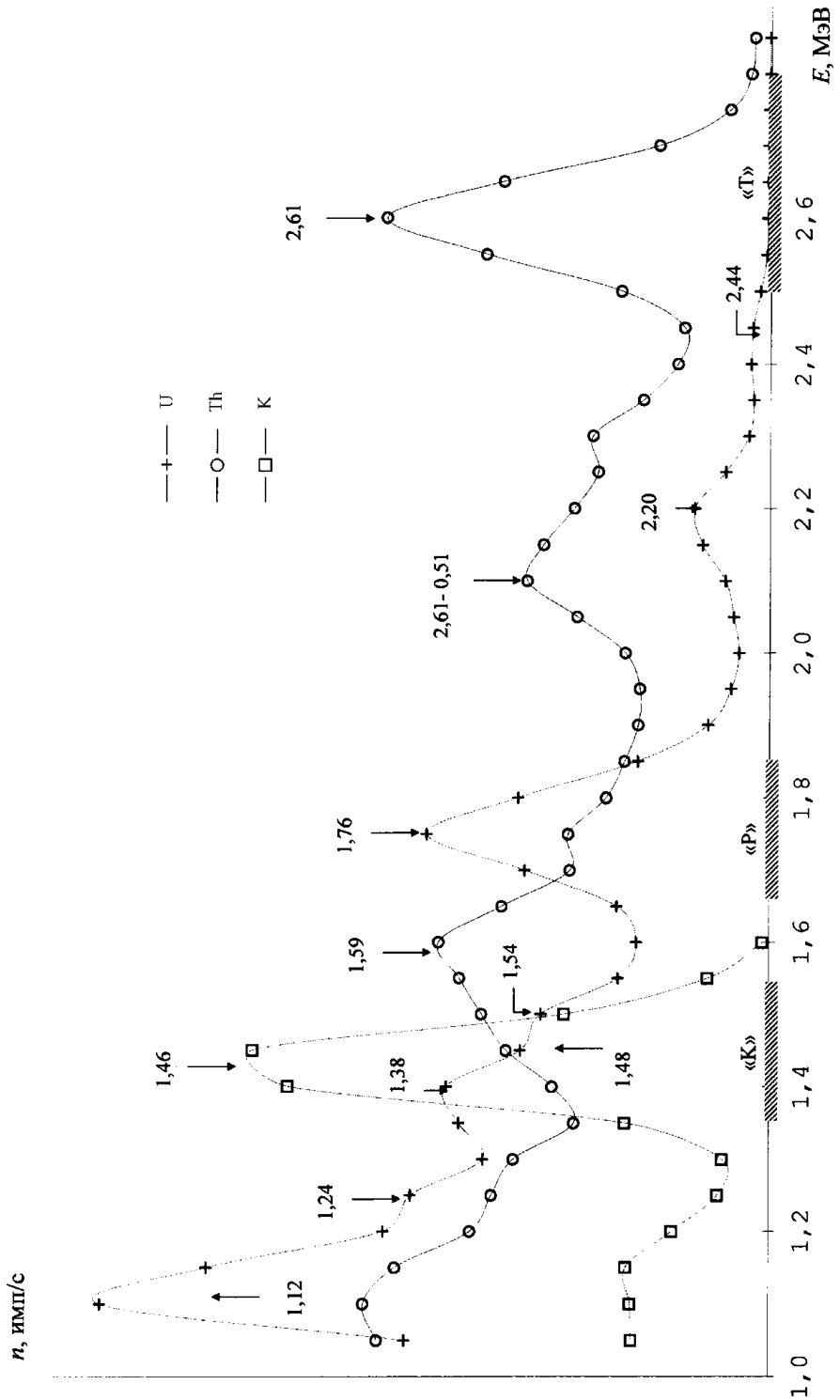


Рис. 4.9. Энергетические спектры γ-излучения моделей K, U и Th руд, снятые спектрометром СП-4 с энергетическим разрешением 13 % по линии 662 кэВ. Штриховкой показаны границы энергетических интервалов: калиевого – «К», радиевого – «Р», ториевого – «Т»

Рис. 4.9. Энергетические спектры γ-излучения моделей K, U и Th руд, снятые спектрометром СП-4 с энергетическим разрешением 13 % по линии 662 кэВ. Штриховкой показаны границы энергетических интервалов: калиевого – «К», радиевого – «Р», ториевого – «Т».

4.4.5. Градуировка спектрометра СП-4.

В задачу градуирования γ-спектрометра входит выявление функциональной связи между показаниями прибора и содержанием ЕРЭ в породе на участке измерений. В основу градуирования положены измерения частоты импульсов в рабочих интервалах СП-4 на излучающей породе (руде) с известным содержанием радионуклидов. Система уравнений, определяющих скорости счета γ-квантов в фиксированных (рабочих) энергетических интервалах «К», «Р и «Т

4.4.6. Методика полевых работ.

Как правило, γ-спектрометрическая съемка проводится на участках выявленных радиоактивных аномалий, которые обнаружились при воздушных или наземных γ-поисках. Спектрометрическая съемка выполняется либо по подготовленной топографической сети (масштабы от 1:100 до 1:10000), либо по отдельным профилям вкрест простирания аномалии. Экспозиции измерений составляет 100 с на площадях с фоновыми значениями γ-поля и 12.5 или 50 с на аномальных участках.

Выполнение пешеходных γ-спектрометрических измерений сводится к следующим этапам: 1) Калибровка энергетической шкалы и градуировка СП-4: настройка энергетической шкалы; определение разрешения детектора; градуировка прибора на рудных моделях с вычислением коэффициентов разделения калия, урана и тория; оценка остаточных эквивалентных концентраций ЕРЭ. 2) Спектрометрическая γ-съемка масштаба 1:500 на учебном полигоне методической геофизической практики проводится в крест простирания аномалий или по широтным и меридиональными профилям в случае сложной картины γ-поля. Расстояние между профилями съемки – 10 м, интервал измерений по профилю – 5 м. Детализация «ядра» аномалии проводится по аналогичной методике в масштабе 1:100 по профилям через 2 м с интервалом измерений 1 м.

Результаты полевых измерений заносятся в полевой журнал, где фиксируются экспозиция измерений, отсчеты в рабочих интервалах, краткая характеристика пород и т.д.

Первичная обработка материалов гамма-спектрометрической съемки включает вычисление концентраций урана, тория и калия.

Площадная съемка оформляется в виде планов изоконцентраций каждого элемента. Все планы строятся в одном масштабе. Шаг построения изолиний должен соответствовать (как минимум) удвоенной погрешности измерения концентраций соответствующего элемента. Анализ полученных планов позволяет выделить перспективные участки («ядра» аномалий) для детальных исследований. По результатам детализационных исследований также строятся рабочие планы изоконцентраций K, U и Th в «ядре».

По итогам поведенных полевых работ дается заключение о природе радиоактивности изученной площади и выявленной аномалии, о размерах выявленной аномальной зоны, перспективности дальнейших исследований.

4.5. Гамма-спектрометрический анализ образцов горных пород

4.5.1. Гамма-спектрометр NP-424L. Четырехканальный γ-спектрометр предназначен для определения содержаний K, U и Th в специально подготовленных пробах. В состав измерительной системы кроме основного блока – спектрометра NP-424L и сцинтилляционного детектора NaI(Tl) 76×50 мм входит установка малого фона (свинцовый экран).

Основным блоком спектрометра, определяющим его метрологические характеристики, является блок детектирования. Он включает в себя детектор γ-излучения (сцинтиллятор), преобразующий энергию γ-кванта в энергию фотона; фотоэлектронный умножитель (ФЭУ); предварительный усилитель.

Для получения линейной зависимости амплитуды выходного электрического импульса от энергии γ-кванта, поглощенного в сцинтилляторе, все типы преобразований (энергия γ-кванта → энергия фотона → число выбитых на катоде ФЭУ фотоэлектронов → число фотоэлектронов на аноде ФЭУ → амплитуда импульса на выходе усилителя) также должны иметь линейный вид. Однако вследствие вероятностного характера преобразования энергии в сцинтилляторе, при фотоэффекте и при лавинообразном умножении заряда в ФЭУ, линейность описанных выше процессов соблюдается лишь статистически. Качество зависимости, позволяющей прогнозировать энергию квантов по зарегистрированному распределению амплитуд импульсов, принято характеризовать понятием амплитудного или энергетического разрешения детектора. Величина этого параметра определяется через отношение ширины фотопика на полувысоте к энергии максимальной амплитуды.

Амплитудный анализатор выделяет из общего потока импульсов только те сигналы, амплитуда которых соответствует заданному диапазону значений. Одноканальный амплитудный анализатор может рассматриваться как селектор с нижней и верхней границей амплитудного отбора (нижним и верхним уровнем дискриминации). Диапазон амплитуд импульсов, пропускаемых таким селектором, называют шириной окна дискриминации.

В γ-спектрометре NP-424L анализатор импульсов выполнен на двух дифференциальных дискриминаторах импульсов с нижним (ДНУ) и верхним (ДВУ) уровнем дискриминации, и на схеме антисовпадений. Значения нижнего и верхнего порога дискриминации задаются регуляторами уровня «Е» (ДНУ) и «2ΔЕ» (ДВУ = Е+ΔЕ), вынесенных на переднюю панель прибора. Сигнал на выходе схемы антисовпадений формируется в том случае, если амплитуда импульса на входе анализатора выше порога ДНУ, но меньше ДВУ, рис. 5.10.

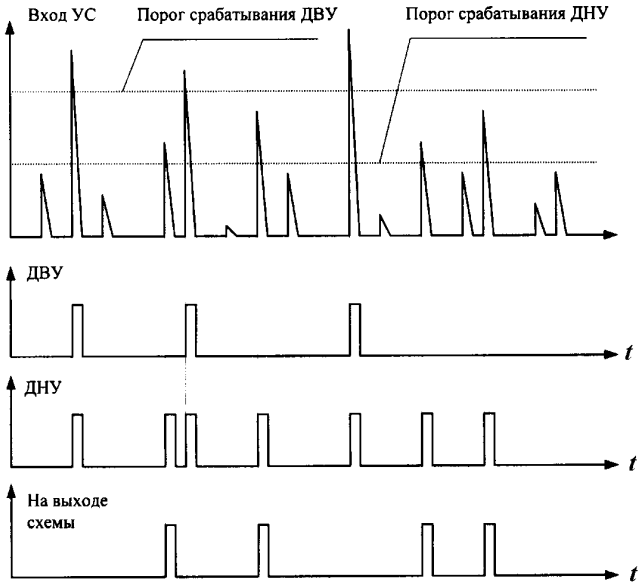


Рис. 4.10. Принцип работы амплитудного анализатора

4.5.2. Подготовка гамма-спектрометра к работе. Включает выполнение следующих операций: 1) Прогрев прибора в течении 20 минут для стабилизации теплового режима ФЭУ. 2) Проверка настройки энергетической шкалы (необходима для контроля положения границ спектральных интервалов, в пределах которых регистрируются скорости счета импульсов N1, N2, N3). При правильной настройке шкалы границы интервалов составляют:

1-й – «К»: 1350÷1600 кэВ при Е = 485, 2ΔЕ = 170;

2-й – «U»: 1650÷1900 кэВ при Е = 585, 2ΔЕ = 170;

3-й – «Th»: 2470÷2800 кэВ при Е = 860, 2ΔЕ = 220.

Настройку шкалы спектрометра проводят по γ-линии 2.61 МэВ с помощью эталона ториевой руды, добиваясь максимума скорости счета импульсов в 4-м (вспомогательном) интервале при положении уровня дискриминации Е = 900, 2ΔЕ = 10 (2610/905 ≅ 2.88 кэВ/дел.). 3) Переключатель времени измерений устанавливают на 2000 с.**4.6. Определение концентрации радона в воде**

Радиоактивные газы (эманации) – радон 86Rn222 (T1/2 = 3.82 сут) торон 86Rn220 (Tn, T1/2 = 55.6 с) и актинон 86Rn219 (An, T1/2 = 3.96 с) входят в радиоактивные цепочки последовательно превращающихся естественных радионуклидов уранового 92U 238 (T

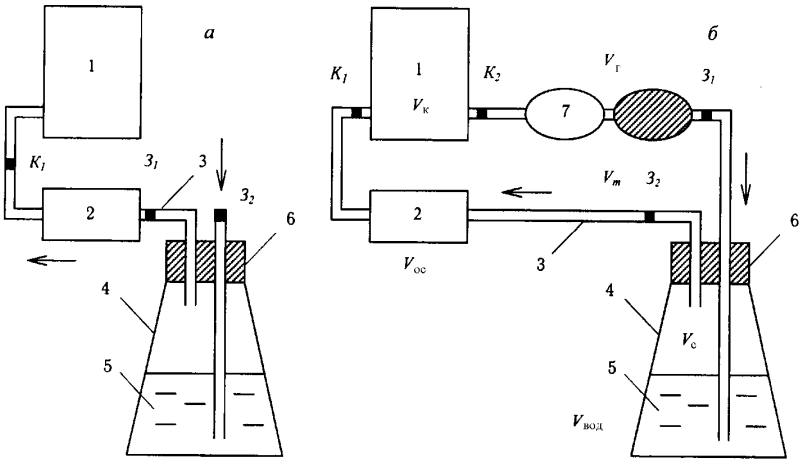
= 4.47·109 лет), ториевого 90Th232 (Т = 14·109 лет) и актиноуранового 92U 235 (Т = 7.04·108 лет) рядов.

Под эманационным методом геофизической разведки понимают исследования распределения концентрации радиоактивных газов в горных породах, рудах, почве, атмосферном воздухе, воде в целях поисков и разведки месторождений радиоактивных руд, а также для решения некоторых геологических (картирование разломов, зон трещиноватости), инженерно-геологических (выявление пород с повышенной пористостью, отслеживание водных горизонтов) и экологических задач.

Эманационный метод представляет собой один из основных радиометрических методов геофизической разведки, что обуславливается его большой по сравнению с другими радиометрическими методами глубинностью, так и его высокой чувствительностью.

4.6.1. Суть эманационных методов анализа. Радиоактивные газы извлекают из твердых или жидких веществ и переводят в сцинтилляционную камеру, чувствительную к α-частицам (радиоактивные эманации Rn, Tn, An – все α-излучатели), которая предварительно градуируется с помощью жидкого радиевого стандартного образца. По количеству импульсов определяют концентрацию эманации в камере и затем в исходной пробе почвенного воздуха или воды. Данные об активности Rn, Tn, An используют для определения содержания долгоживущих материнских веществ – U (по Ra), Th и Ac.

Существует два наиболее распространенных способа анализа концентрации



эманаций в водных пробах – вакуумный и циркуляционный.

Рис. 4.11. Вакуумный (а) и циркуляционный (б) способы эманационного анализа жидкостей. Стрелками показано направление движения воздуха.

При вакуумном способе (а) из сцинтилляционной α-камеры 1 объемом Vк и из осушителя 2 объемом Voc через соединительные трубки 3 с зажимами З1-2 откачивают воздух. Затем кран К1 и зажимы открывают, после чего атмосферный воздух, проходя

через сосуд 4, обогащается растворенным в воде 5 радиоактивным газом, начинает поступать в эманационную камеру со скоростью около 100 пузырьков в минуту. Специальный сосуд плотно закрыт резиновой пробкой 6 с винтовым зажимом, предотвращающей утечку эманации. В замкнутой циркуляционной системе (б) эманация из сосуда с водой 4 (общий объем Vс, объем воды – Vвод) с помощью нагнетательной груши 7 объемом Vг через соединительные трубки 3 объемом Vт в течении времени прокачки tпр равномерно распределяется по всему газовому объему циркуляционной системы Vсист.

Если активность эманации, растворенной в воде и в воздухе, обозначить как Qвод и Qвозд, то общее количество эманации в системе составит

$$Q_{сист} = Q_{возд} + Q_{вод} = C_{возд} V_{возд} + C_{вод} V_{вод}, \quad (4.21)$$

где Vвозд, Vвод – объемы воздуха и воды в циркуляционной системе;

Свозд, Свод – концентрации эманации в воздухе и воде.

С учетом закона Генри:

$$Q_{сист} = C_{возд} V_{возд} + \alpha C_{возд} V_{вод} = C_{возд} (V_{возд} + \alpha V_{вод}). \quad (4.22)$$

Газовый объем циркуляционной системы Vсист определяется как

$$V_{сист} = Q_{сист} / C_{возд} = V_{возд} + \alpha V_{вод} \text{ , или}$$

$$V_{сист} = V_к + V_{ос} + V_г + V_т + V_с – V_{вод} + \alpha V_{вод}. \quad (4.23)$$

После введения Rn в камеру начинает происходить накопление его дочерних продуктов распада (тоже α-излучателей), что приводит к увеличению интенсивности α-излучения во времени. Нарастание I зависит от продолжительности введения tпр эманации в камеру, от формы и размера камеры, типа детектора, поэтому наряду со значением I фиксируют интервал времени tпауз от момента прекращения прокачки системы до начала измерений. Для гидрохимических проб tпр = 3-6 мин. Для анализа на Rn отбирают 0.2-0.5 л воды и помещают ее в сосуд, включенный в циркуляционную систему. Желательно произвести эту операцию не позже 4-5 суток после момента отбора пробы, т.к. если вода не содержит солей Ra, то за это время проба может потерять значительную долю активности.

4.6.2. Эманационная съемка в полевых условиях заключается том, что в определенной точке съемочного профиля производится отбор проб почвенного воздуха с некоторой глубины. Почвенный воздух по соединительной системе с помощью ручного насоса закачивается в эманационную камеру. После введения воздуха в камеру, с помощью ФЭУ и счетного устройства импульсов определяется количество сцинтилляций, которое пропорционально концентрации Rn в камере. Сцинтилляционный метод применим для анализа проб воздуха, содержащих Rn в концентрациях от нескольких десятых долей эмана и выше.

Обозначения:

1 – шпур

2 – пробоотборник воздуха

3 – соединительный шланг

4 – эманационная камера и измерительное устройство

5 – держатель и ручной насос

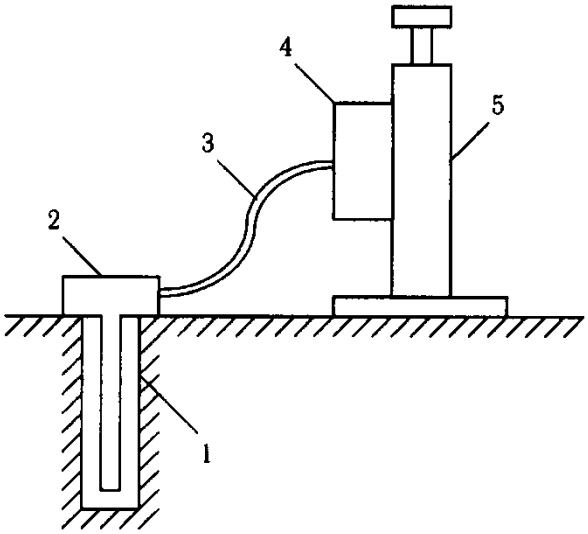


Рис. 4.12. Схема полевых эманационных измерений

4.6.3. Полевой эманометр «РАДОН». Полевой сцинтилляционный эманометр «Радон» предназначен для определения концентрации Rn в почвенном воздухе при эманационной съемке и определения Rn в пробах воды.

Эманометр состоит из следующих основных блоков: сцинтилляционной камеры, фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), блока питания и стабилизатора напряжения, усилителя импульсов, порогового дискриминатора, интенсиметра α-излучения, электромеханического счетчика (ЭМС) импульсов с секундомером. В комплект эманометра входит также ручной насос для закачки почвенного воздуха, осушитель и соединительные трубки.

Сцинтилляционная камера представляет собой металлический стакан покрытый внутри слоем ZnS(Ag) – веществом, фоточувствительным к ионизирующему воздействию α-частиц. При попадании α-частицы на слой сцинтиллятора образуется фотон, который, попадая в ФЭУ в результате фотоэффекта на катоде выбивает из него электрон. Под действием ускоряющего электрического поля напряжением ~600 В фотоэлектрон в дальнейшем столкновении с динодами ФЭУ производит лавинообразное умножение заряда, снимаемого с анода в виде короткого (~1-5 мкс) импульса напряжения. С выхода ФЭУ импульсы попадают на усилитель и далее – на пороговый дискриминатор, осуществляющий их отбор по амплитуде. С выхода дискриминатора импульсы поступают на ЭМС и аналоговый интенсиметр со стрелочным индикатором, принцип работы которого близок для большинства радиометров.

4.6.4. Подготовка прибора к работе. Начинается с зарядки батарей в отсек питания и проверки напряжения питания с помощью переключателя рода работ (положение НБ).

При правильной работе блока питания стрелка измерительного прибора должна находиться во второй половине шкалы. Далее производится проверка высокого напряжения ФЭУ: при переключателе рода работ НВ стрелка ИП должна отклоняться не менее чем на 16 делений шкалы. Если этого не происходит, то необходимо подождать 3-5 минут пока не установится рабочий режим (~18-20 делений).

Непосредственно перед началом измерений концентрации Rn необходимо проверить работоспособность эманационных камер и оценить их собственный фон. Камера считается пригодной к работе если фон не превышает 30-40 имп/мин. Дочерние продукты распада Rn, оседая на стенках сцинтилляционной камеры, могут вызвать ее радиационное загрязнение. Поэтому после измерений высокоактивных проб рекомендуется заменить камеру и не использовать ее до тех пор, пока фон не снизится до нормального уровня.

4.6.5. Подготовка установки для измерения концентраций Rn в воде заключается в сборе циркуляционной системы (см. соответствующий рисунок, б). Перед подключением соединительных трубок к эманационной камере краны К1-2 должны быть обязательно закрыты во избежание попадания эманации в детектор до начала измерений. Следует также проверять герметичность системы в целом и отсутствие в ней утечек воздуха. Следует обратить внимание на направление подключения груши, в противном случае при прокачке вместо воздуха в камеру может попасть вода и вывести прибор из строя.

Глава 5

СЕЙСМИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

Тучки, тучки, облака – белые овечки.
Два геолога штаны штопают у речки.
С речки песня слышится, сейсмограммы пишутся.
Ой, ты, горе-сейсмограмма, ой, ты, гой еси!
Нету истины ни грамма сколько не тряси.
Но из этакой халтуры мы настряпаем структуры,
Наплевав в беспечности в обе бесконечности
Л. Тальвинский, выпускник СГИ 1952 г.

5.1. ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

Сейсмическая разведка – ведущий полевой геофизический метод. Он позволяет решать разнообразные геологические задачи с наибольшей детальностью и точностью по сравнению с любым другим геофизическим методом.

Сущность сейсморазведки состоит в том, что вблизи земной поверхностей при помощи взрывов или невзрывных источников (ударов, вибраций) искусственно возбуждают поле упругих (сейсмических) волн. Распространяясь в земных недрах по всевозможным направлениям, сейсмические волны отражаются и преломляются на границах слоев с различными физическими свойствами и регистрируются с помощью специальной высокочувствительной аппаратуры на поверхности земли или в скважине. При этом они приносят важную и большую по объему информацию о внутреннем строении геологической среды.

Сейсмические волны представляют собой механические колебательные движения, распространяющиеся через геологическую среду в виде деформаций, т.е. изменений взаимного расположения материальных частиц среды. В теории сейсмических волн используют два предположения. Во-первых, среда считается **упругой**, это означает, что после прохождения волны частицы среды возвращаются в исходное равновесное состояние. Во-вторых, смещения частиц считаются **малыми.**

Сейсмические волны разделяются на поверхностные и объемные. Распространение поверхностных волн связано с наличием границы раздела упругих свойств, например, земля-воздух. Вблизи границы сосредоточена подавляющая часть энергии поверхностных волн. Объемные волны распространяются внутри среды. Важнейшими для сейсморазведки являются объемные волны, в которых направление смещения частиц совпадает с направлением распространения волны - продольные (P) волны, а также волны, в которых смещение частиц перпендикулярно к направлению распространения волны – поперечные (S) волны. Скорость распространения продольных волн в среде V_P всегда больше скорости распространения поперечных волн V_S. Их отношение превышает $\sqrt{2}$.

При решении *структурных* задач изучают времена регистрации сейсмических волн. Динамические параметры волн (амплитуда, частота) позволяют получать информацию о *вещественном* составе пород - производить литологическое расчленении изучаемых разрезов, устанавливать тип флюидов в породах (вода, нефть, газ).

Наиболее широкое применение сейсморазведка получила при поиске и разведке месторождений нефти и газа. Вторым по значению применением сейсморазведки является ее использование при инженерно-геологических изысканиях.

Особенности строения сейсмического разреза в окрестности пос. В. Сысерть обусловили содержание геологических задач, которые решаются на практических занятиях по сейсморазведке. Это *задачи изучения верхней части разреза для инженерно-геологических целей* методом преломленных волн (МПВ):

- определение мощности рыхлых аллювиальных отложений в долине р. Сысерть и элювиально-делювиальных отложений на территории сейсмического полигона (рис. 5.1);

- изучение пространственного распределения неоднородностей, отображающих особенности строения рыхлой толщи мезо-кайнозойских отложений до глубины 20 м;

- регистрация элементов волнового поля с целью определения физико-механических характеристик и основных упругих модулей рыхлых отложений в разрезе и плане;

- определение состава и состояния горных пород;

- определение основных структурно-тектонических элементов рыхлой и кристаллической толщи;

- использование сейсмических методов для изучения современных геологических и инженерно-геологических процессов, таких как изменение уровня грунтовых вод (УГВ), изменение положения сейсмических границ, связанных с состоянием горных пород.

5.2. УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

В ходе практических занятий по сейсморазведке проводятся исследования на площадках двух основных типов.

Первый тип представлен главным образом в северной части поселка, второй - в пойменной части р. Сысерть.

Рельеф местности в пределах полигонов первого типа холмистый. Абсолютные отметки от 260 до 265 м. Относительные превышения составляют 2 – 4 м на 100 метров. Участки залесены. Лес представлен соснами высотой 20-30 м, диаметром до 60 см.

Рельеф местности в пределах полигонов второго типа равнинный, иногда заболоченный, слабозалесенный. Мощность почвенно-растительного слоя на залесенных участках составляет 0,1 - 0,2 м, в пойме реки – свыше 0,2 - 0,4 м .

В пределах полигонов имеются ЛЭП, трубопроводы.

Полигоны первого типа

Эти полигоны отличаются сложным строением. Для них характерно наличие зон тектонических нарушений, круто падающих складок и других элементов, благодаря которым в сейсмическом разрезе присутствуют границы с большими углами падения. Изучение строения участков этого типа с помощью сейсморазведки представляет собой непростую задачу. Представление о разнообразии скоростных законов в пределах площадок этого типа дают результаты сейсмического каротажа и данные изучения керна в скважинах № 1, 2, 3, 4, 5 (бурение выполнено трестом УралТИСИЗ в 1989 году). Эта информация приведена на рис. 5.2.

Полевые материалы МПВ, полученные на этих площадках, характеризуют среду, как градиентно-слоистую, с плавным изменением скорости в плане и по глубине. Форма годографов первых вступлений также плавная. Годографы могут быть проинтерпретированы как годографы рефрагированных волн. Градиент скорости наблюдается не только по вертикали, но и по горизонтали. Для отдельных участков этих полигонов характерна неувязка встречных годографов, связанная с наличием субвертикальных и крутопадающих границ. Максимальная глубина исследований на участках этого типа составляет 8-12 м при длине годографов 46 м и 6 - 7 м при длине годографа 34,5 м.

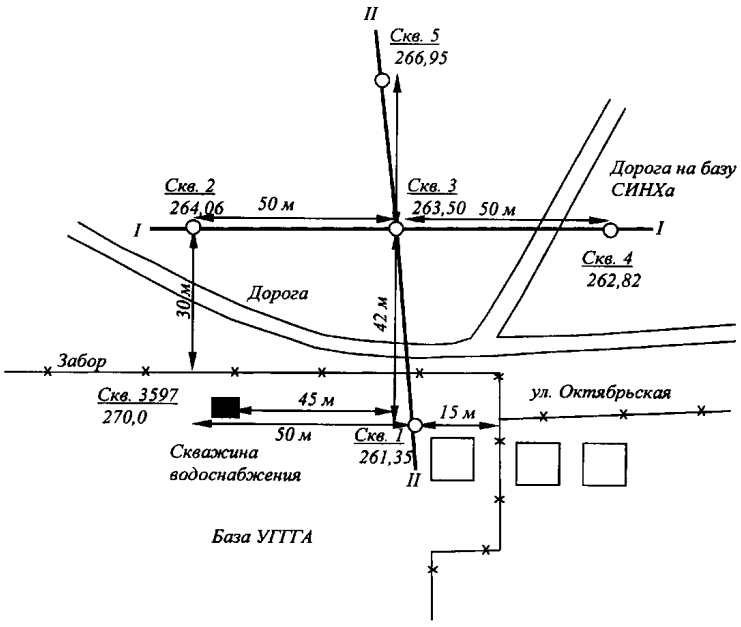


Рис. 5.1. Схема расположения инженерно-геологических скважин

Полигоны второго типа

на сейсмическом полигоне первого типа к северу от территории базы практики

Полигоны этого типа расположены на пойменных террасах. Для верхней части геологического разреза здесь характерно горизонтально-слоистое строение. Уровень грунтовых вод (УГВ) находится на глубине от 0 до 5 м. Кровля малоизмененных скальных пород расположена на глубине от 4 до 15 м. Наиболее сложным по строению участком этого типа является участок вблизи мостового перехода через р. Сысерть, находящегося около плотины. Он осложнен наличием слоев, представленных техногенными отложениями (шлак, насыпной грунт). Эта особенность разреза создает помехи при получении материалов МПВ.

Годографы первых вступлений для полигонов этого типа хорошо увязываются между собой и характеризуют среду как однородно-слоистую. Преломляющие границы горизонтальны либо слабо наклонены в сторону реки.

Максимальная глубина исследования на участке "футбольное поле" (восточная окраина п. В.Сысерть) составляет 20 м при длине годографа 92 м, на участке "мостовой переход" – 7 м при длине годографа 23 м.

Наиболее яркими сейсмическими границами в пределах описываемых участков являются:

- граница УГВ, которая характеризуется резким скачком скорости продольных волн до 1500 м/с и более в аллювиальных отложения;

-граница скальных пород (в основном разной прочности и трещиноватости) с рыхлыми четвертичными или рыхлыми мезозойскими отложениями;- граница УГВ в сильно-трещиноватых скальных породах низкой прочности.

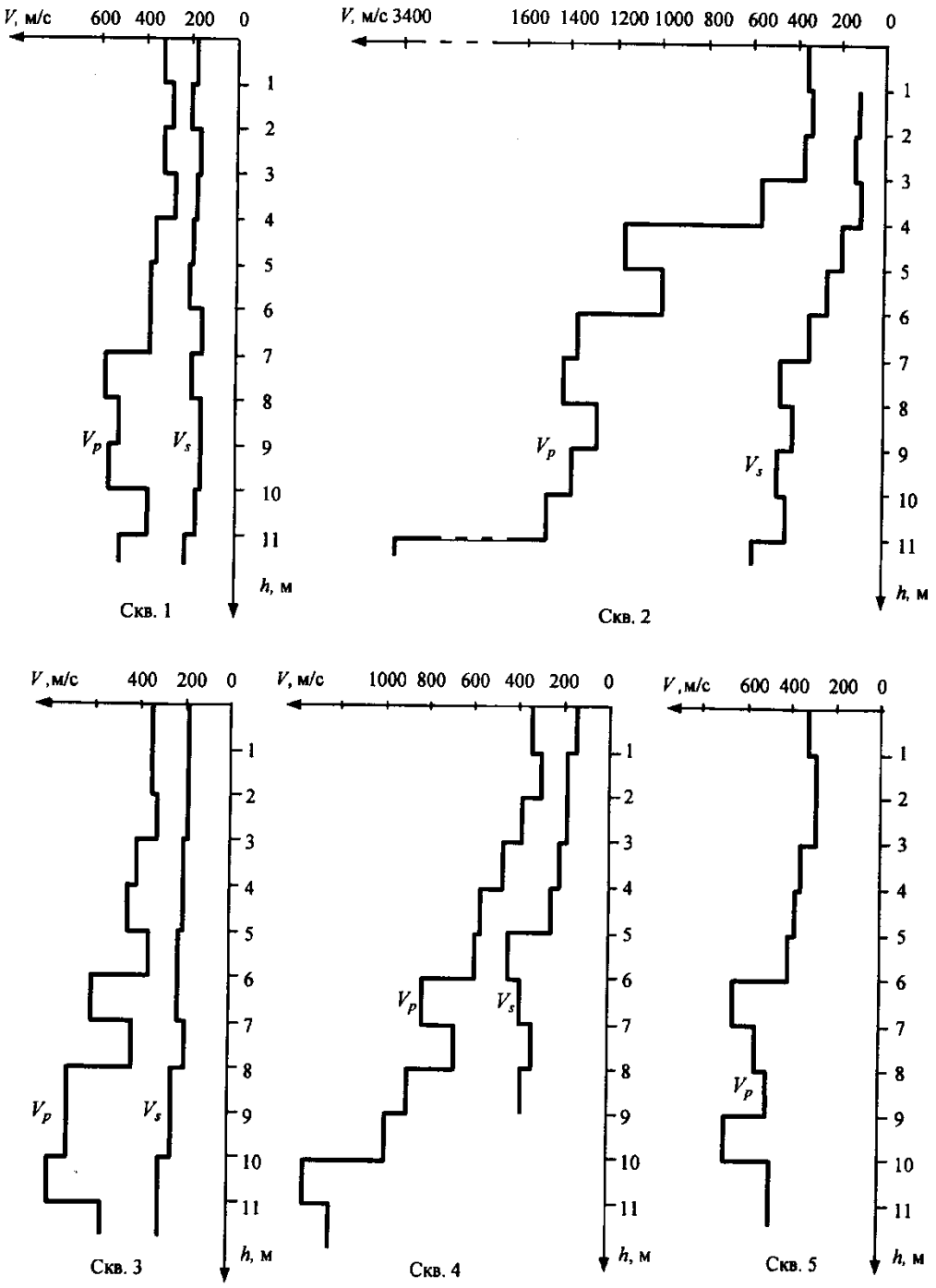


Рис. 5.2. Скоростные разрезы, полученные по скважинам № 1, 2 , 3, 4, 5 при проведении сейсмического каротажа

5.3. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.3.1. Сейсмические станции.

Особенности проведения инженерно-сейсмических исследований определяют следующие требования к сейсморазведочной аппаратуре: - портативность, небольшие габариты и масса; - возможность синхронного накопления слабых воздействий; - наличие дисплея для оперативного контроля принимаемых сигналов, устройства воспроизведения на переносной накопитель (магнитный диск, флэш-память и т.п.).

В настоящее время в России и за рубежом выпускают цифровые сейсмические станции, отвечающие указанным требованиям. Они представлены станциями двух типов: малоканальные (12 - 48 каналов) и многоканальные (свыше 48 каналов).

Сопоставление технических параметров некоторых современных сейсмостанций, применяемых при инженерно-сейсмических работах приведено в табл. 5.1. Некоторые серийные цифровые сейсмостанции, из этого списка, например "Интромарин-L2", предназначены и для глубинных исследований на нефть и газ.

Таблица 5.1

Основные технические характеристики современных отечественных сейсморазведочных станций, применяемых в инженерной сейсморазведке

Параметры сейсмостанций	Названия сейсмостанций						
	ЭХО-3М	Интромарин –L2 "Калипсо", "Гея"	"ДИОГЕН"	ПРИСТАВКА "ДИОГЕН"	Лакколит-М	Талгар-6М"	GS-TE
Количество каналов	6-96	48-128	24-48	3-32	2-1024	12	96
Динамический диапазон, дБ	116	139	72-140	72-84	96	54	140
Частотный диапазон	1-500	3-500	5-8000	5-8000	10-2000	16-2000	0-1650
Разрядность АЦП	19	24	12-24	12-14	16	10	24
Усиления, дБ	12-96	12-48	0-90	0-90	0-52		12-48
Длина записи, с		32	4	2	2	1	32
Нелинейные искажения, %	0,002	0,001					0,001
Число накоплений			256	256	32000		
Режекторные фильтры	50Гц, 90дБ/ октаву	50Гц, 90 дБ/ октаву	50 Гц, 50 дБ/ октаву	50 Гц, 50 дБ/ октаву	50 Гц, 50 дБ/ октаву		50Гц, 90 дБ/ октаву
Бортовой компьютер	Notebook	Pentium - 3	Notebook	Notebook	Notebook	Нет	Notebook Pentium

Накопитель сейсмической информации	HDD, FDD	HDD, MO	HDD, FDD	HDD, FDD			
Сейсмический формат		SEG-D, SEG-Y					SEG-Y
Вес, кг	3	40		7		20	
Рабочие температуры, град С		0-40			-20 +40		- 40 + 60
Питание	Акк. бат. 12 В	Акк. бат. 24 В	Акк. бат. 12 В	Акк. бат. 12 В	Акк. бат. 12 В	Акк. бат. 12 В	Акк. бат. 12 В
Энергопотребление, Вт/канал	0,5	3	0,6-1,2	2,6	0,5	2,9	
Цена 1 канала, у.е.	370	500			300-350	290	

Рассмотрим принципиальные особенности устройства современной сейсмостанции на примере системы сбора сейсмической информации ***"Интромарин L2***" .

Сейсморазведочная система "Интромарин L2" предназначена для проведения профильных сейсмических исследований с высокой разрешающей способностью как в транзитной зоне (переходная между водой и сушей зона), так и на суше. Она рассчитана на ведение работ, как с импульсными, так и вибрационными источниками возбуждения сейсмических колебаний. Импульсные источники могут быть взрывного и невзрывного типа. Система может работать практически с любой из известных систем синхронизации с источником. В качестве приемных устройств применяются сейсмоприемники электродинамического типа.

Система "Интромарин L2" позволяет:

– производить регистрацию в стандартном варианте по одной линии профиля;

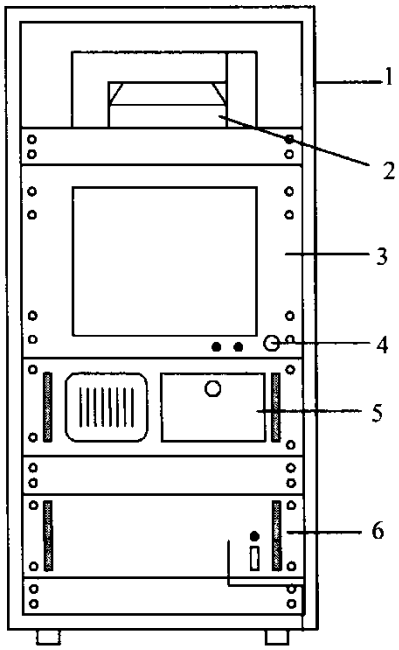
– выполнять оперативный контроль над процессом сбора, предобработки и регистрации данных;

– тестировать систему в автоматическом режиме; регистрировать данные на жесткий диск и магнитооптические диски;

– формировать рапорт оператора на гибком диске;

– выводить на бумагу сейсмограммы, результаты диагностики и рапорт оператора.

–



– *Рис. 4.3. Внешний вид стойки сейсмостанции "Интромарин L2"*

– *с блоками:*

– *1 – стойка; 2 - принтер; 3 - монитор;*

– *4 – ключ зажигания; 5 – промышленный компьютер; 6 - ПАСМ-128*

–

Система предназначена для установки на транспортных средствах или в помещении, обеспечивающих защиту от водных брызг и прямых солнечных лучей. Температура окружающей среды при эксплуатации от 10 до 40 градусов Цельсия.

5.3.2. Блок – схема сейсмостанции ***Интромарин -L2.***

Конструктивно станция выполнена в виде функционально законченного набора блоков, размещенных в стойке. Внешний вид стойки с блоками показан на рис.5.3. Система включает:

– **ПАСМ-128** - преобразователь аналоговых сигналов многоканальный (6);

– **ПК** промышленный компьютер (5);

– жидкокристаллический **монитор** (диагональ - 17”) с сенсорным экраном (3);

– струйный **принтер** HP DeskJet 640 (2);

– **БУП** - блок управления электропитанием;

– накопитель на магнитооптических дисках (**МО**);

– плата синхронизации запуска (**ПС)**

БУП представляет отдельный небольшой блок, расположенный внизу стойки сейсмостанции. Магнитооптический накопитель и плата синхронизации встроены в ПК. Кроме того, на передней панели монитора расположен ключ зажигания (4), относящийся к БУП, и обеспечивающий включение питания сейсмостанции.

Питание системы осуществляется от аккумулятора напряжением 24 В. Блок - схема электрических соединений сейсмостанции показана на рис. 5.4..

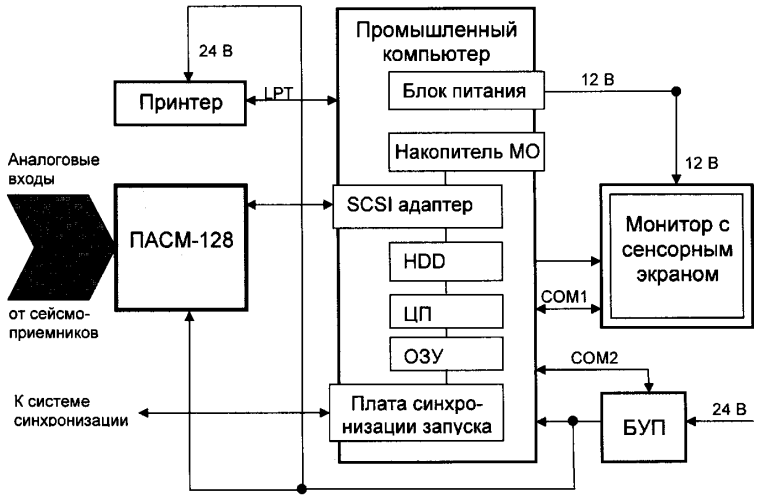


Рис. 5. 4. Блок – схема электрических соединений сейсмостанции "Интромарин-L2".

5.3.3. Устройство и работа составных частей сейсмостанции.

Многоканальный преобразователь аналоговых (сейсмических) сигналов ПАСМ-128

ПАСМ-128 служит для высокоточного аналого-цифрового преобразования напряжений, поступающих для регистрации от сейсмоприемников. Число подключаемых к ПАСМ активных сейсмических каналов составляет 120, вспомогательных - 8. В ПАСМ имеется 16 канальных плат. Каждая канальная плата рассчитана на обработку сигналов с 8 активных сейсмических каналов.

Общее количество каналов, подключаемых к канальной плате равно 16, т.е. в два раза больше, чем число активных каналов. Подключение активных каналов на вход ПАСМ осуществляется с помощью аналогового коммутатора, позволяющего подключить один из двух возможных каналов, что позволяет работать по МОГТ.

Кроме канальных плат в ПАСМ имеются плата устройства управления УУ и плата цифро-аналогового преобразователя (ЦАП).

Плата УУ осуществляет контрольно-управляющие функции. Она передает в промышленный компьютер результаты аналого-цифрового преобразования входных сигналов, а обратно в ПАСМ команды и данные, необходимые для синхронизации и управления процессом регистрации, а также для формирования тестовых сигналов.

Плата ЦАП служит для формирования тестовых сигналов и их подачи на канальные платы в режимах калибровки и диагностики.

ПАСМ-128 обменивается данными с промышленным компьютером через высокоскоростной SCSI интерфейс. Один SCSI - адаптер обслуживает один ПАСМ-128.

На передней панели ПАСМ находится светодиод – индикатор наличия питания в ПАСМ и кнопка включения питания ПАСМ со световой индикацией. Светодиод сигнализирует об отсутствии используемых в блоке напряжений (-5В, ±12В) или о неисправности предохранителя.

Промышленный компьютер

Промышленный компьютер (ПК) предназначен для управления процессами сбора, предобработки, оперативного контроля и регистрации сейсмической информации, а также проведения цифровой калибровки каналов, тестирования и диагностики основных режимов работы.

ПК выполнен в виде встроенного в стойку пылеводозащитного блока (Aquatech 610), оснащенного системой принудительной вентиляции, состоящей из двух вентиляторов и фильтров. Корпус ПК снабжен ручками, служащими для удобства монтажа и демонтажа станции. ПК крепится четырьмя мощными болтами к стойке сейсмостанции для исключения произвольного перемещения при транспортировке.

Питание ПК осуществляется от постоянного напряжения 24 В через блок управления питанием (БУП). Это обеспечивает снижение наводок при регистрации сейсмических данных.

На передней панели компьютера расположены кнопки: "reset" – мягкая перезагрузка компьютера и "power" – включение питания компьютера. Переключатель "установка/работа" служит для выбора режима работы. В режиме "установка" выполняется инсталляция программного обеспечения, а в режиме "работа" - регистрация сейсмограмм и тестирование сейсмостанции. Кроме того, здесь имеются: разъем для подключения клавиатуры (для системных работ), вентиляционная решетка со сменным фильтром, лампочки светодиодов жесткого диска и индикации состояния питания компьютера, щели для установки МО диска и гибкого диска 3.5”.

На задней панели ПК находятся разъемы для соединения с другими блоками системы (рис. 5.5.): монитором, сенсорным экраном, блоком питания, принтером, ПАСМ и системой синхронизации источника.

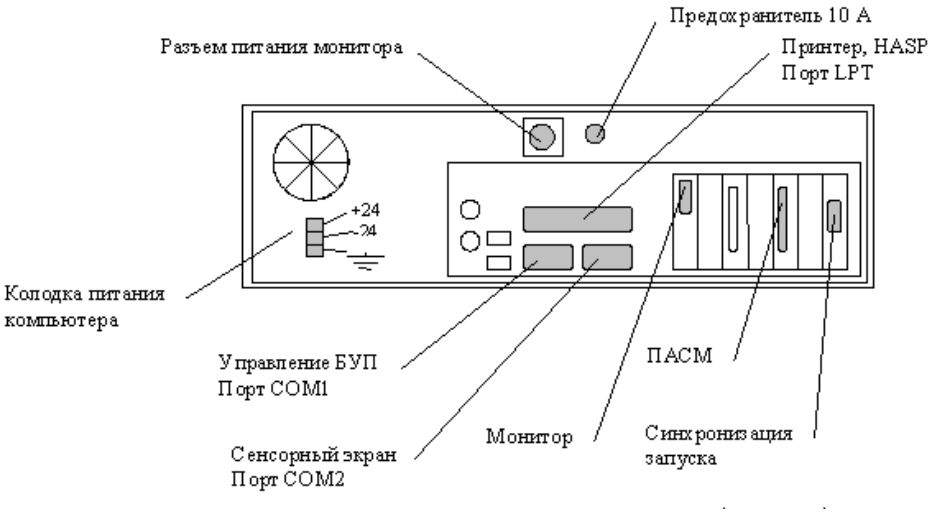


Рис. 5.5. Расположение разъемов на системном блоке (вид сзади)

Компьютер включает следующие компоненты:

- материнскую плату Pentium III 2× 550 МГц;
- оперативную память (ОЗУ) – 128 Мб;
- контроллер SCSI на два канала;
- жесткий диск (HDD) – 10 Гб (IDE);
- магнитооптический накопитель (МО) – 230/640 Мб;
- дисковод 3,5”;
- порты LPT, COM1, COM2;
- плату синхронизации запуска (FIFO).

Программное обеспечение на ПК устанавливается с МО-диска. Количество инсталляций не ограничено. При инсталляции вся сейсмическая информация с жесткого диска затирается. Для защиты программного обеспечения от несанкционированного копирования на разъем LPT подключается HASP – специальный электронный ключ.

Монитор

Монитор предназначен для отображения оперативной служебной информации (управления, тестирования, диагностики) и сейсмограмм. Благодаря наличию встроенного сенсорного экрана (***touch screen***), оператор имеет возможность управлять работой сейсмостанции путем нажатия пальцем на соответствующие участки поверхности монитора. Конструктивно сенсорный экран размещен поверх жидкокристаллического монитора. Вместо сенсорного экрана может быть подключен манипулятор типа "мышь".

Система "Интромарин L2" в стоечном варианте ("Гера") укомплектована жидкокристаллическим (LCD) монитором 17” SVGA. Монитор имеет конструкцию в исполнении "Rack mount", что обеспечивает достаточную прочность в полевых

условиях. Постоянное питающее напряжение 12 В для монитора подается через блок питания компьютера (см. рис.5.5.).

На передней панели монитора имеются скважина для ключа управления питанием (ключ зажигания) и индикаторы питающих сетей. У ключа возможны два положения: горизонтальное "ВКЛ." - включение питания сейсмостанции и вертикальное «ВЫКЛ." - отключение питания. Если включен красный индикатор, то значение напряжения питания или меньше 22 В или больше, чем 29 В, зеленый – наличие питающего напряжения в интервале от 22 В до 29 В.

Магнитооптический накопитель

Магнитооптический накопитель предназначен для записи сейсмической информации на магнитооптические диски, а также для инсталляции программного обеспечения. В отличие от ленточных накопителей МО-диск имеет меньший объем – 230/640 МБ, но зато обладает большей надежностью и высокой скоростью доступа (параллельное чтение информации). Недостатком является то обстоятельство, что этот носитель информации не является стандартным для промышленных систем обработки типа PROMAX, VISTA и др.

Накопитель МО встроен в ПК и подключается по SCSI – интерфейсу. Вставка диска в щель МО-накопителя осуществляется аналогично тому, как это делается для гибких дисков. Для извлечения МО-носителя из дисковода стандартно имеется 2 варианта: 1 – программным способом с помощью процедуры "извлечь", 2 – нажатием специальной кнопки над щелью накопителя МО. Если диск МО не извлекается стандартно, то используется специальная монтировка, которая вставляется в маленькое отверстие на панели МО-накопителя и освобождает застрявший диск.

Блок управления питанием

Блок управления питанием (БУП) предназначен для контроля в процессе мониторинга полярности и величины напряжения питания, подаваемого в блоки сейсмостанции.

БУП представляет собой автономное устройство, оснащенное микроконтроллером и аналого-цифровым преобразователем. Питание БУП осуществляется от постоянного напряжения 24 В. Схема питания сейсмостанции дана на рис. 5.6. Кабель питания от аккумулятора к БУП должен быть как можно короче и экранированным, что обеспечит защиту от электрических наводок. К компьютеру блок питания подключается через последовательный порт COM2.

При переводе ключа управления питанием в положение "ВКЛ." БУП измеряет напряжение питания и, если его значение находится в пределах от 22 В до 29 В, то через электромеханическое реле подает питание на ПК и ПАСМ.

В дальнейшем с периодом около 1 секунды БУП измеряет на входном разъеме электропитания напряжение и ток, потребляемый системой, и передает компьютеру

полученные значения по каналу RS232. Далее БУП действует в соответствии с командами компьютера, формируемыми в зависимости от величины измеряемых параметров, и обеспечивает отключение сейсмостанции при достижении напряжений 19 В и 29.5 В. Таким образом, БУП производит выключение питания станции двумя способами.

В первом случае, если оператор перевел ключ управления питанием в положение "ВЫКЛ.", то из БУП в ПК поступит команда на завершение работы. Программное обеспечение ПК выполнит действия для нормального завершения работы системы с сохранением всех текущих данных. После выполнения сворачивания программного обеспечения ПК выдаст в БУП команду на отключение питания. Через 30 секунд БУП выключает электромеханическое реле и обесточивает систему.

Во втором случае, при выходе напряжения питания за допустимые пределы 19 В и 29.5 В ПК принимает решение о завершении работы, завершает ее нормально и выдает в БУП команду на отключение питания. Через 30 секунд БУП выключает электромеханическое реле и обесточивает систему.

Принтер

Система "Интромарин L2" комплектуется струйным принтером фирмы HEWLETT PACKARD HP DeckJet 640 C. Принтер производит печать по методу термической чернильной струйной печати на обычной бумаге. Напряжение питания принтера 24 В поступает от блока управления питанием. Соединение принтера с компьютером производится по параллельному интерфейсу Centronics, IEEE 1284, совместимому с розеткой 1284 – B (Bi – Tronics, EPS).

Плата синхронизации запуска

Плата синхронизации (ПС) предназначена для синхронизации процесса регистрации информации с событием запуска источника сейсмических колебаний. Плата смонтирована в промышленном компьютере и называется FIFO. Она подключена к PCI слоту (возможны другие параллельные порты). Плата может работать с большинством систем синхронизации: ССВ-1, ССВ-2, SGS, Маша, ГС, Интромарин-S и др.

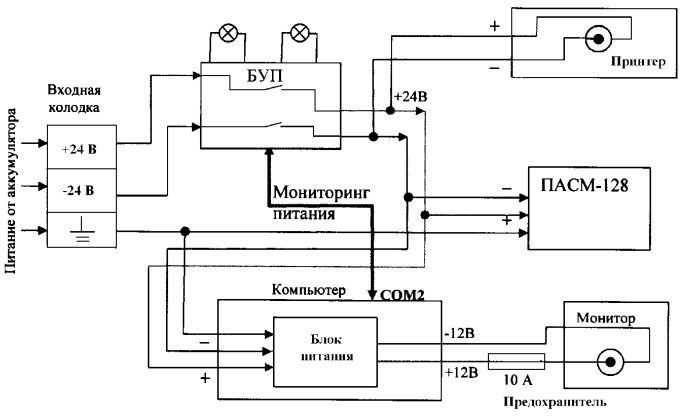


Рис. 5.6. Монтажная схема электропитания системы

5.3.4. Прохождение сейсмических сигналов в сейсмостанции

В станции предусмотрено 3 основных режима прохождения сейсмических сигналов из ПАСМ в управляющий компьютер: запись сейсмических данных, регистрируемых сейсмоприемниками, калибровка сейсмических каналов, тестирование сейсмических каналов.

В режиме записи процесс прохождения сейсмических сигналов в сейсмической станции "Интромарин L2» схематично можно представить следующим образом. Сейсмические сигналы от сейсмоприемников через специальные сейсмические разъемы сначала поступают на входы канальных плат блока ПАСМ, где происходит процесс усиления, предварительной фильтрации и преобразования аналогового сигнала в цифровой. Далее сейсмический сигнал, оцифрованный с частотой 8 кГц, в мультиплексной форме передается по шине данных на компьютер. В компьютере выполняется предварительная обработка сейсмических данных, включающая ввод корректирующих поправок, передецимацию сигнала до частоты дискретизации, более глубокую и качественную фильтрацию, демультиплексацию, суммирование и корреляцию. Обработанные сигналы записываются во внутреннем формате в оперативную память и на жесткий диск компьютера. С жесткого диска данные в стандартном сейсмическом формате могут быть записаны на магнитный накопитель. Описанная схема представлена на рис. 5.7.

В режиме калибровки автоматически измеряются напряжения на выходе АЦП при подаче на входные усилители эталонного гармонического сигнала. Данные измерений записываются в память компьютера и используются программным обеспечением для ввода поправок в амплитуды и фазы сигналов за не идентичность. Калибровка выполняется в процессе регистрации сейсмических данных несколько раз в среднем 1 раз в течение 1 часа.

В режиме тестирования выполняется два вида тестов:

- измерения сопротивления цепи подключения сейсмоприемников (тест короткого замыкания и тест обрыва косы);

- тестирование сейсмических каналов сейсмостанции (максимальные среднеквадратические значения входных напряжений, неидентичность коэффициентов усиления, среднеквадратическое напряжение шумов, коэффициенты гармоник, взаимное влияние каналов).

В обоих случаях в ПАСМ производятся измерения на гармоническом сигнале заданной частоты (31,25 и 62,5 Гц), который подается от контрольного цифро-аналогового преобразователя ЦАП DAC-7, который получает управляющие сигналы от программного обеспечения сейсмостанции при переходе в режим измерения сопротивления датчиков.

5.3.5. Сейсмические косы

Для присоединения большого количества сейсмоприемников к сейсмостанции служат специальные собранные в один пучок провода. Они называются сейсмическими косами. В качестве материала для кос может использоваться кабель КСП-27. Основными параметрами косы являются число ее каналов и шаг между выводами очередной пары проводников – шаг приемников Δx. Для тестирования кос перед работой применяют проверки на целостность соединительных проводов путем измерения сопротивлений - "прозванивания".

5.3.6. Сейсмоприемники

В качестве приемников упругих колебаний в инженерной сейсморазведке применяют стандартные сейсмоприемники вертикального типа СВ-5, СВ-10 Ц, СВ-20, СВ-30 и горизонтального типа СГ-10 (цифра обозначает частоту первого электромеханического резонанса, выше которой располагается рабочая зона частот сейсмоприемника). Внешний вид типичного современного сейсмоприемника приведен на рис. 5.8. Сейсмический приемник состоит из корпуса, жестко соединенного с корпусом сильного постоянного магнита и подвешенной на специальных пружинах катушки из немагнитного материала с намотанным на нее тонким медным проводом. В результате явления электрической индукции, возникающего при относительном перемещении катушки и магнита при быстром смещении частиц грунта в точке расположения сейсмоприемника, в проводе катушки создается малая и переменная по величине и знаку ЭДС, которая через косу передается в сейсмостанцию для усиления и обработки. Сейсмоприемники являются приборами, имеющими полярность, поэтому правильность их присоединения к сейсмической косе обеспечивается специальными разъемами.

Для проверки правильности работы сейсмоприемников с помощью омметра измеряют электрическое сопротивление катушки, а с помошью ампервольтметра можно проверить наличие переменной ЭДС.

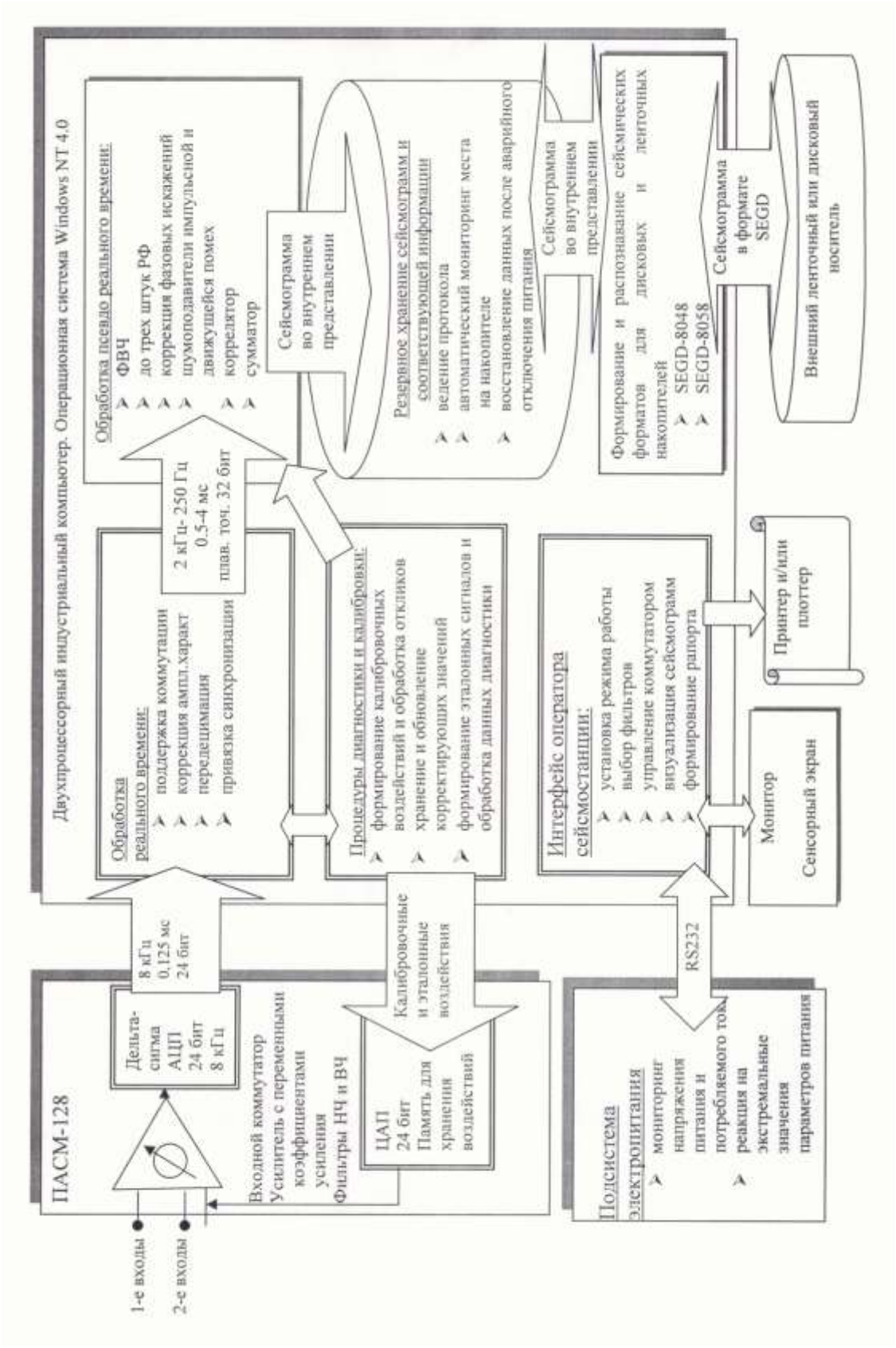


Рис. 5.7. Схема прохождения сейсмического сигнала в сейсмостанции

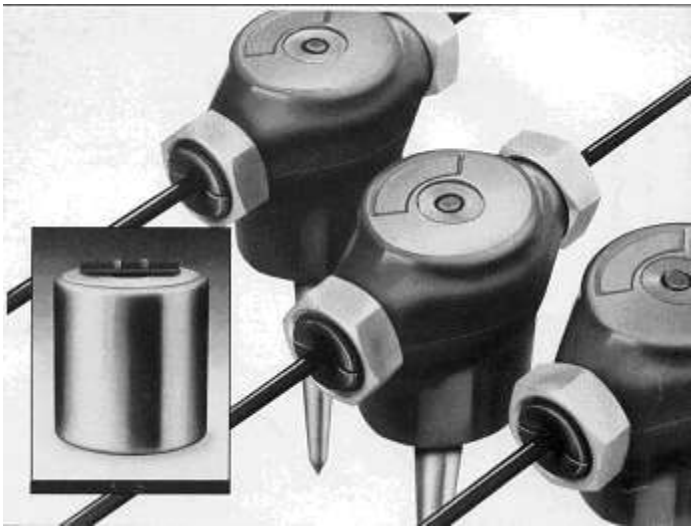


Рис. 5.8. Сейсмоприемники электродинамического типа

Основным приемом для проверки пригодности сейсмоприемников к полевым работам является специально выполняемая с помощью сейсмостанции проверка сейсмоприемников на идентичность. В ходе ее проверяемые сейсмоприемники устанавливаются на твердой площадке небольших размеров (для малого числа каналов - это площадка размером примерно 1 м × 1 м) и присоединяются последовательно к сейсмической косе. Получается ряд записей сейсмических волн с пункта возбуждения, удаленного на значительное (20 - 40 м) расстояние от этой площадки. На основе анализа полученных записей делается вывод о работоспособности, полярности и идентичности сейсмоприемников, подключенных к определенным каналам. Пример сейсмограммы с проверкой на идентичность приводится на рис. 5.9. На этой записи все сейсмоприемники работают идентично и могут быть использованы в поле.

5.3.7. Источники упругих волн

При проведении инженерно-сейсмических исследований применяются, как правило, импульсные источники сейсмических волн. Излучающим элементом импульсного источника является жесткая металлическая плита, по которой производится удар. Действие вертикальной силы на нее приводит к возбуждению продольных - P поперечных - S и поверхностных волн. На долю волн P приходится только 7 % от общей энергии, на долю волн S – 25 %, на долю поверхностных волн – 68%.

Несмотря на определенные достоинства взрывного метода (неограниченная глубинность, широкий частотный спектр), невзрывные источники исключают вредное воздействие на окружающую среду; они экономичны, обеспечивают возможность проведения исследований в населенных пунктах, могут создавать направленное воздействие для записи поперечных волн.

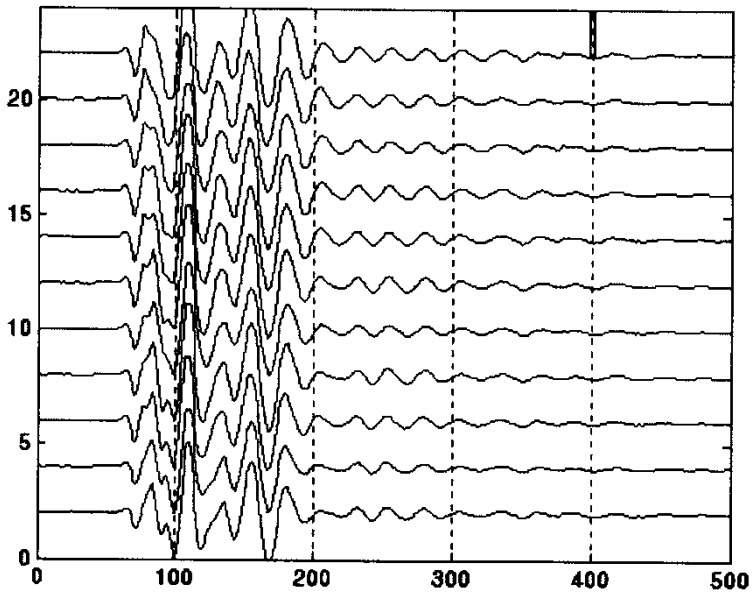


Рис. 5.9. Сейсмограмма, показывающая результаты проверки сейсмоприемников на идентичность. По горизонтали показано время в мс.

5.4. МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.4.1. Особенности технологии метода преломленных волн (МПВ)

Основным сейсмическим методом, который применяется при решении инженерно- геологических задач, является метод преломленных волн.

Метод преломленных волн (МПВ) основан на регистрации и последующем использовании записей головных, рефрагированных и др типов волн, которые показаны на лучевой схеме рис. (лучевая схема СС308). Особенностями метода являются: большой диапазон исследуемых глубин (от метров до десятков км), малая зависимость получения хороших по качеству записей от наличия регулярных волн-помех (многократноотраженных и поверхностных), сравнительно высокая детальность расчленения среды по вертикали. При интерпретации данных МПВ могут быть определены глубина залегания и форма преломляющих границ, скорости в покрывающей толще и граничные скорости, выделены и протрассированы по площади разрывные нарушения, контакты и т.д. Граничная скорость в МПВ определяется с очень высокой точностью (1-2 %).

МПВ применяется при региональных исследованиях, при проектировании инженерных сооружений, разведке грунтовых вод, для определения упругих параметров пород разреза.

Основным видом наземных сейсмических исследований является продольное профилирование. В зависимости от решаемых геологических задач наблюдения проводят по отдельным профилям или по системе пересекающихся профилей (площадная съемка). Профили стремятся располагать вдоль элементов рельефа.

5.4.2. Системы наблюдений в сейсморазведке МПВ

Взаимное расположение пунктов возбуждения ПВ и пунктов приема ПП называется **системой наблюдений**. Системы могут быть *продольными*, когда пункты возбуждения и приема располагаются на одной линии, и *непредельными* - когда пункты возбуждения располагаются на некотором расстоянии от линии наблюдений. Участок профиля, занимаемый совокупностью сейсмоприемников для записи волны от одного пункта возбуждения, называют стоянкой или базой наблюдений. Участок профиля, расположенный между соседними ПВ называют **взрывным интервалом**.. Расстояние между соседними сейсмоприемниками называют **шагом наблюдений Δx**. Системы наблюдений обычно изображают на плоскости годографа или на обобщенной плоскости (рис.5.10).

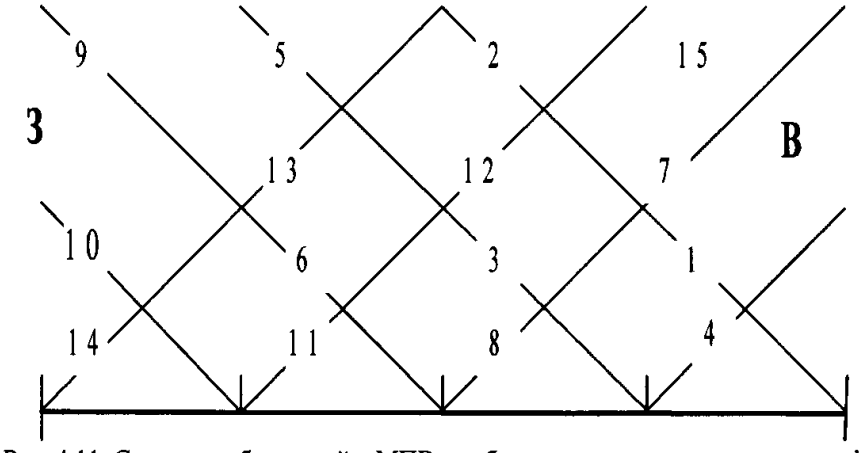


Рис. 5.10. Система наблюдений в МПВ, изображенная на плоскости годографа.

Цифрами показаны номера сейсмограмм. На горизонтальной линии располагаются сейсмоприемники. Наклонные линии пересекают ее в местах расположения пунктов возбуждения и показывают качественно вид годографов первых вступлений

Как правило, при работах МПВ выбирается система наблюдений, которая является полной, обеспечивающей увязку и корреляцию волн для прослеживаемой преломляющей границы. Это достигается получением встречных и нагоняющих годографов первых вступлений волн вдоль всего профиля. Если прослеживается несколько границ, то система наблюдений должна быть полной для самой глубокой (опорной) границы, а другие границы можно изучать по неполным системам. Выполнение названных требований к системе наблюдений позволяет использовать при интерпретации интерполяцию между отдельными точками наблюдений.

Для изучения азимутальной изменчивости граничных скоростей используют системы из нескольких пересекающихся профилей ("звездочки"), а также сочетание продольного и непродольного профилирования.

5.4.3. Выбор параметров инженерно-сейсмической съемки

Важной проблемой является выбор шага сейсмоприемника по профилю Δx, поскольку надо учитывать как требование детальности (уменьшение Δx), так и производительности работ (увеличение Δx). Для удобства значение Δx выбирают равным 1, 2, 5 или 10 м. Значения Δx обычно составляют 1,2 или 5 м при изучении глубин до 30 — 40 м, а также при детализации изучаемых объектов. При глубинах изучения 50—100 м и более шаг Δx составляет 5—10 м.

Системы возбуждения и регистрации

Выбор системы возбуждения и регистрации определяются типом используемых волн (рис. 5.12). Для получения продольной Р-волны применяют систему Z-Z: вертикальный удар и вертикальный сейсмоприемник. Для записи обменных PS-волн указанную систему дополняют горизонтальными сейсмоприемниками, направленными вдоль профиля (Z-X*).* Для регистрации поперечных SH волн используют систему Y-Y: горизонтальные сейсмоприемники ориентированы перпендикулярно к профилю. Так же ориентировано ударное воздействие. Волны, имеющие горизонтальную составляющую, возбуждают с помощью ударов по вертикальной стенке специально выкопанного шурфа.

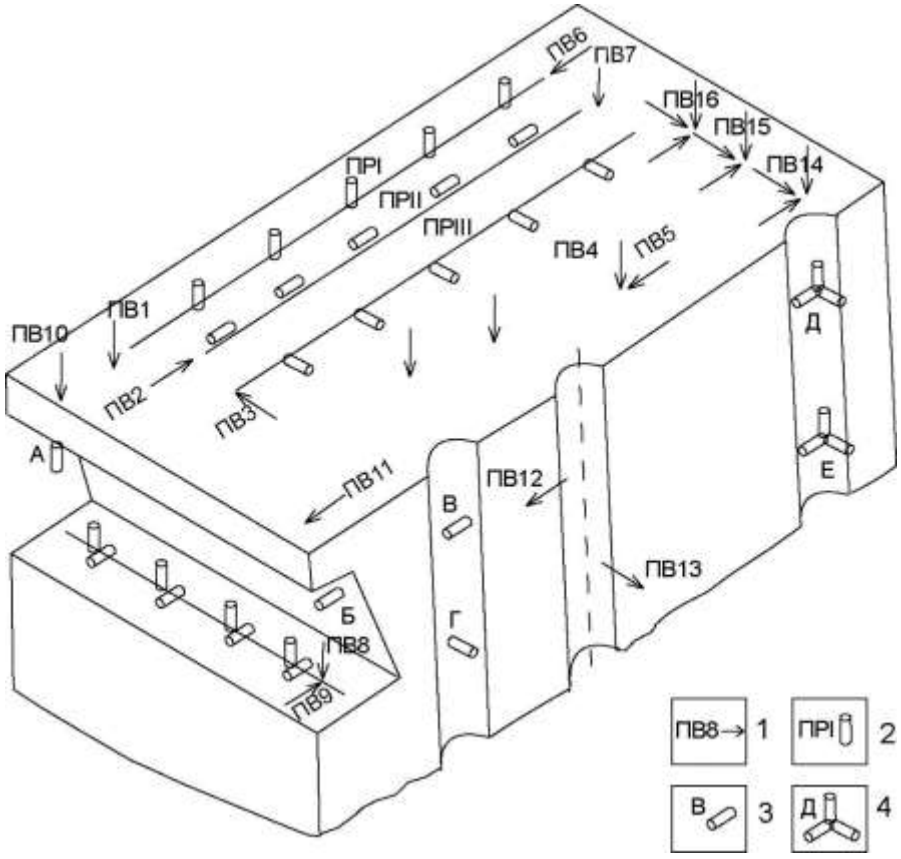


Рис. 5.11. Схемы проведения различных видов сейсмических работ .

Наземное продольное профилирование по схемам *Z - Z* (ПР I, ПВ 1), *X - X* (ПР II, ПВ 2), *Y - Y* (ПР III. ПВ 3), *Y—Z* (ПР I, ПВ 6), *Z—X*(ПР II,ПВ 7); наземное поперечное профилирование по схемам *Z - Z* (ПР I, ПВ 4) и *Y - Y* (ПР II, ПВ 5); продольное

профилирование в горной выработке по схемам *Z -Z* и *У -Y* (ПР IV, ПВ 8 и ПВ 9); просвечивание между горной выработкой и поверхностью на продольных (сейсмоприемник *А,* ПВ10) и поперечных волнах (сейсмоприемник *Б,* ПВ11): просвечивание между скважинами на продольных (сейсмоприемник *В,* ПВ12) и поперечных волнах (сейсмоприемник Г, ПВ13); вертикальное сейсмическое профилирование с использованием трехкомпонентных установок *X, Y, Z* (ПВ14- ПВ16); 1- -пункты возбуждения колебаний с соответствующим направлением воздействия; 2 — профили сейсмических наблюдений с ориентированными сейсмоприемниками;

3 — одиночные сейсмоприемники; 4 — трехкомпонентные установки

5.4.4. Методика наземных наблюдений МОВ

Метод отраженных волн пока еще не нашел широкого применения в инженерной сейсморазведке, несмотря на определенные преимущества МОВ перед МПВ в отношении разрешающей способности, точности определения глубин, возможности прослеживать пласты с пониженной скоростью упругих волн. Основные трудности использования МОВ связаны с необходимостью перехода на более высокие частоты, чему препятствует их высокое поглощение в зоне малых скоростей (ЗМС), с трудностью подавления волн-помех вблизи пункта взрыва (ПВ).

Использование цифровых сейсмостанций с накоплением позволяет перейти к регистрации отраженных волн, приходящих с малых глубин. Для этого применяют многократное перекрытие (до 12), уменьшенный шаг $\Delta x = 2$ -5 м, выносные ПВ, невзрывные источники. Если отражение уверенно идентифицируется визуально, применяют профилирование на постоянной базе, что значительно упрощает методику работ.

5.5. СЕЙСМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД НА УЧАСТКЕ РАБОТ

Несмотря на существенные вариации значений скоростей упругих волн на площадках, где проводятся сейсмические исследования в п. В. Сысерть, можно привести некоторые обобщенные сведения об упругих параметрах по основным типам горных пород разреза. Они получены по данным УралТИСИЗ [3] или нашим исследованиям. Такие сведения по плотностям амфиболитов приводятся на рис. 5.13, а в таблице 5.2 показаны значения скоростей V_P, V_S и отношение V_S/V_P , плотности и модуля деформации E в горных породах в различном состоянии.

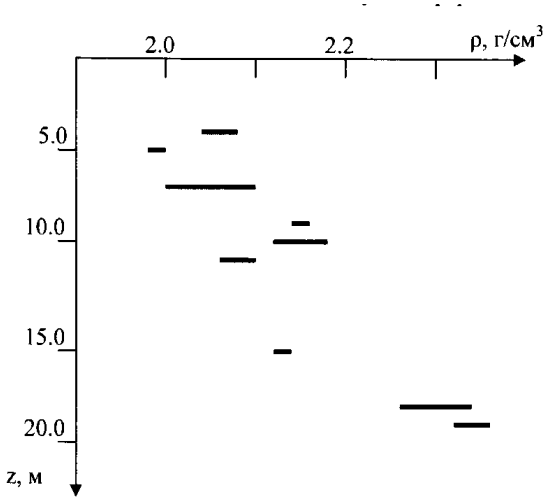


Рис. 5.12 Зависимость плотности от глубины для амфиболитов низкой и пониженной прочности (УралТИСИЗ, 1989)

Таблица 5.2

	Порода	Глубина. м	V_P , м/с	V_S ,м/с	ρ, г/см^3	E, МПа
Неводонасыщенное состояние	Почвенный слой	0-0.4	140-170	50-200		
	Насыпной грунт	0-2.0	200-280	-	-	
	Суглинок, dQ	0-3,5	200-250	100 - 120	1,85-1,86	10
	Песок,eMz	0-7	300-400	100-400	1,85-1,89	14
	Песок,eMz	7-11	400-600	170-230	1,89-1,94	15
	Супесь, eMz	0,4-8	290-410	180-210	1,87-1,93	
	Суглинок, eMz	1-3	320-380	140	1,88	10
	Щебенистый грунт, eMz	3,5-10	410-660	200-250	1,9-2,05	12-13
	Дресвяный грунт, eMz	2-11	560-780	200-300	1,95-2,02	14
	Песчаник, C_2-C_3	18-30	-	-	2,14-2,17	-
	Гранит-аплит низкой прочности, Pz_3	2-6 6-10 10-12	390-600 820-980 1200-1400	190-440 340-400 340-400	1,96-2,1 2,1-2,2 2,25-2,3	15-25 25
	Амфиболиты низкой прочности, Pt_2-Pz_1	4-6 7-11	900-1180 1300-1530	180-240 380-440	2,15-2,18 2,2-2,28	18 25
Элювиальные	Песок, aQ		1500-2000	150—300		
	Супесь, dQ		1450-2100	120—280		

	Суглинок, dQ		1500-1900	100—250		
	Амфиболиты низкой прочности, Pt_2-Pz_1	11-20	3400	580	2,37	25
	Серицит-хлоритовые сланцы	3,5-5	2800-2900	-	-	-
	Выветрелые амфоболитовые сланцы	5,5	2600-3600	-	-	-
	Графитовые сланцы	6-10	2600-2900	-	-	-
	Амфиболиты малопрочные	15-27			2,4-2,52	-
	Гнейсы прочные сильно трещиноватые	23-28			2,83-2,95	26-49

5.6. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Задачей интерпретации сейсмических данных является построение геологического разреза, определение состава и физических характеристик изучаемых сред. Процесс интерпретации разделяется на два этапа: *предварительную обработку* и собственно *интерпретацию* или решение обратной задачи. В инженерной сейсморазведке МПВ в большинстве случаев обратную задачу решают на основе анализа и обработки годографов, т. е. графиков *t(x),* где *t* — время прихода волны; *x* — расстояние от источника колебаний до точки измерения. Методы решения обратной задачи основаны на результатах решения прямых задач, т. е. на анализе сейсмических годографов для моделей среды, используемых в инженерной сейсморазведке.

5.6.1. Предварительная обработка

На первом этапе на основании имеющейся априорной геолого-геофизической информации и просмотра полученных сейсмограмм интерпретатор проводит корреляцию (прослеживание) целевых волн, дающих необходимую информацию. Основные трудности при этом связаны с наличием случайных помех-микросейсм и регулярных волн-помех (звуковая, поверхностные, дифрагированные), которые мешают проведению корреляции. Особенности корреляции волн при изучении верхней части разреза (ВЧР) заключаются в следующем. Поскольку изменения расстояний от ПВ до точки измерения по сравнению с глубиной изучаемых границ весьма значительны, динамические особенности волн (период, амплитуда) изменяются заметно. Первые вступления волн можно выделить только вблизи ПВ. Как правило, корреляцию проводят по максимумам или минимумам колебаний (рис. 5.14). Оси синфазности, соответствующие различным фазам одной волны, обычно параллельны, и годографы фаз приводятся к годографам первых вступлений сдвигом на фазовую поправку.

. 4.14. Корреляция волн, приходящих в первых вступлениях на сейсмограмме МПВ

Признаком смены волн являются изменения кажущейся скорости *V** и динамических характеристик (амплитуд, частот, фаз). Следует иметь в виду, что аналогичные признаки могут наблюдаться и при осложнениях записи вследствие криволинейности преломляющей границы, наличия вертикальных контактов различных пород и т.д. Поэтому для выяснения причин кажущейся смены волн используют нагоняющий годограф, на котором смена волн должна наблюдаться примерно на таком же расстоянии от ПВ (т. е. на другом ПК профиля), а осложнение будет отмечаться на том же ПК (т. е. на другом расстоянии от ПВ). Наиболее четко смена волн устанавливается в тех случаях, когда наблюдается зона интерференции, за которой обе волны прослеживаются раздельно.

Для отождествления волн, прослеженных на разных сейсмограммах, сопоставляют записи, полученные во взаимных точках. В соответствии с принципом

взаимности для определенной волны времена прихода во взаимных точках должны быть равны. При идентичности условий возбуждения и приема принцип взаимности распространяется и на форму записи. Принцип взаимности не выполняется для несимметричных обменных отраженных и головных волн (PPS, SSP, PS и др.) в случае наклонной границы. Для определения природы волн сопоставляют нагоняемый и нагоняющий годографы. Для головных волн они параллельны, для отраженных волн — расходятся, для рефрагированных — сближаются.

По результатам корреляции волн строят графики годографов на базе наблюдений и монтажи сейсмограмм на профиле. Обычные масштабы построения годографов: по горизонтали – в 1 см шаг сейсмоприемников, по вертикали – в 1 см 10 или 5 мс. На рис 5.15 показаны примеры построения годографов волн, приходящих в первых вступлениях.

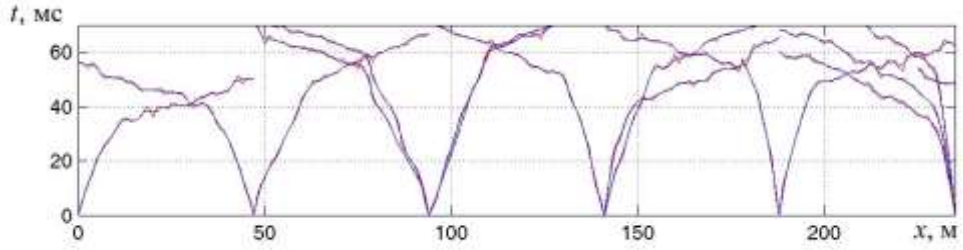


Рис. 5.14. Пример построения годографов первых волн. По горизонтали показаны положения сейсмоприемников, по вертикали - время прихода первых вступлений головных волн в мс.

5.6.2. Сейсмические модели реальных сред

Для правильного понимания полученного материала и выбора последующих шагов обработки данных интерпретатор должен иметь представление о форме годографов головных волн для некоторых простых типов сейсмических моделей геологической среды.

Одновременное воздействие геологических факторов обусловливает различный характер изменения скоростей в реальных средах. Наблюдается как постоянство скорости упругих волн (однородный слой), так и плавное изменение ее с глубиной, например, в сухой песчаной толще (вертикально-неоднородная среда). Что касается сейсмических границ, то можно говорить о двух их типах: границе *первого рода*, когда скорость изменяется скачком (например, контакт рыхлых и скальных пород), и границе *второго рода*, когда скачком изменяется вертикальный градиент скорости *dV/dz* (например, в зоне выветривания). Сочетание таких типов сред и границ позволяет моделировать реальные среды.

Простейшими моделями, используемыми при интерпретации данных инженерной сейсморазведки, являются следующие: однородный слой на однородном полупространстве и вертикально-неоднородная (градиентная) среда с монотонным увеличением скорости с глубиной.

Рассмотрим для этих моделей особенности наблюдаемой волновой картины и характер годографов волн, т. е. графиков зависимости времени прихода t от расстояния до источника *x*.

5.6.3. Однородный слой на полупространстве. Предположим, что слой мощностью h_1 со скоростью V_{P1} и плотностью ρ_1 лежит на полупространстве с параметрами V_{P2} и ρ_2. В этом случае при выполнении условия $V_{P1} < V_{P2}$ на границе раздела возникает **головная** волна. Если при этом также выполняется условие $V_{P1}\cdot\rho_1 \neq V_{P2}\cdot\rho_2$,то возникает и **отраженная** волна. При регистрации на дневной поверхности головной и отраженной волн можно получить информацию о глубине залегания границы и скоростях V_{P1} и V_{P2}, т. е. решить обратную задачу сейсморазведки. Наклон годографа головной волны определяется значением скорости V_{P2}. Тангенс угла наклона годографа равен:

$$\mathbf{tg\ \alpha = 1/V_{P2} = dt/dx.} \qquad \mathbf{(5.1.)}$$

Соотношение годографов прямой P_1 головной $P_1P_2P_1$ отраженной P_1P_1 и поверхностной R волн приведено на рис. 5.16. В начальной точке ($x_н$, $t_н$) годограф головной волны касается годографа отраженной. Годограф отраженной волны имеет гиперболическую форму и при увеличении координаты *x* приближается к годографу прямой волны, как к асимптоте. В точке излома (x_{12}, t_{12}) пересекаются годографы прямой и головной волн.

Все эти рассуждения справедливы для продольных волн. Если сейсмический источник возбуждает монотипные поперечные SH-волны с горизонтальной поляризацией смещений (система наблюдений Y— Y), то также будут наблюдаться поперечная прямая S_1 и поперечная отраженная и головная волны S_1S_1 и $S_1S_2S_1$. Вместо поверхностной волны Рэлея будет регистрироваться поверхностная волна Лява. Значение ее скорости лежит в пределах V_{S1} - V_{S2}.

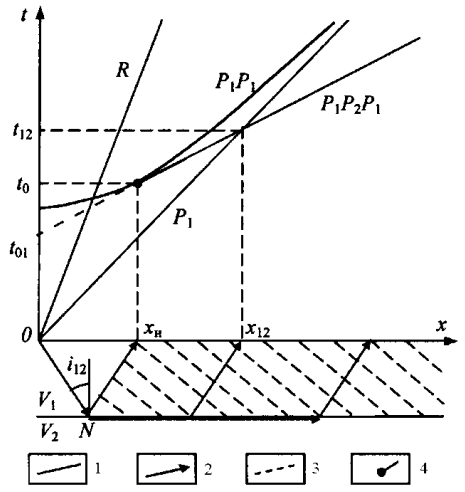


Рис. 5.15. Годографы головной $P_1P_2P_1$, отраженной P_1P_2, прямой P_1 и поверхностной R волн для двухслойной модели: 1 — годографы; 2 -лучи головной волны; 3 фронт головной волны; 4 —начальная точка

5.6.4. Вертикально-неоднородная градиентная среда. Сейсмические волны, распространяющиеся в градиентных средах,

относятся к классу **рефрагированных** (продольных или поперечных). Так как скорость изменяется непрерывно, то луч будет так же непрерывно преломляться. Поэтому для рефрагированных волн характерна криволинейная форма лучей (рис. 5.16).

Наибольшее практическое применение нашла вертикально-неоднородная модель среды, для которой скорость является функцией только глубины $V = V(z)$, а линии равных скоростей — *изотахи* — плоскими горизонтальными линиями. Градиент скорости при этом направлен по нормали к изотахам.

Для вертикально-неоднородной среды (см. рис. 5.16) встречные годографы идентичны, и достаточно рассматривать одиночный годограф. Луч сейсмической волны, выходящий под углом i_0 , из источника, расположенного на поверхности, возвращается к поверхности в точке x под таким же углом i_0 и имеет кажущуюся скорость $V^*(x) = V_0 / \sin i_0$, где V_0 — скорость у поверхности. Указанный луч симметричен относительно вертикали, проходящей через точку $x/2$. В точке с этой координатой луч достигает своей максимальной глубины z_m. Из законов геометрической сейсмики следует, что $V^*(x) = V(z_m)$. Радиус кривизны сейсмического луча обратно пропорционален градиенту скорости. При положительном градиенте скорости кривизна положительна, т. е. сейсмический луч обращен вогнутостью вверх. Наклон начальной части годографа определяется скоростью V_0. Практически важным является случай залегания градиентной среды под однородным слоем, когда в результате проникания в нижнюю среду возникают **преломленно-рефрагированные** волны. Вблизи начальной точки годографы головной и преломленно-рефрагированной волн совпадают. При увеличении расстояния от ПВ для преломленно-рефрагированных волн наблюдается закономерное уменьшение разности времен по нагоняющим годографам. Для преломленно-рефрагированных волн отмечаются также большая интенсивность и меньшее затухание с расстоянием, чем для головных волн. Эти признаки выражены тем больше, чем больше градиент в подстилающей среде.

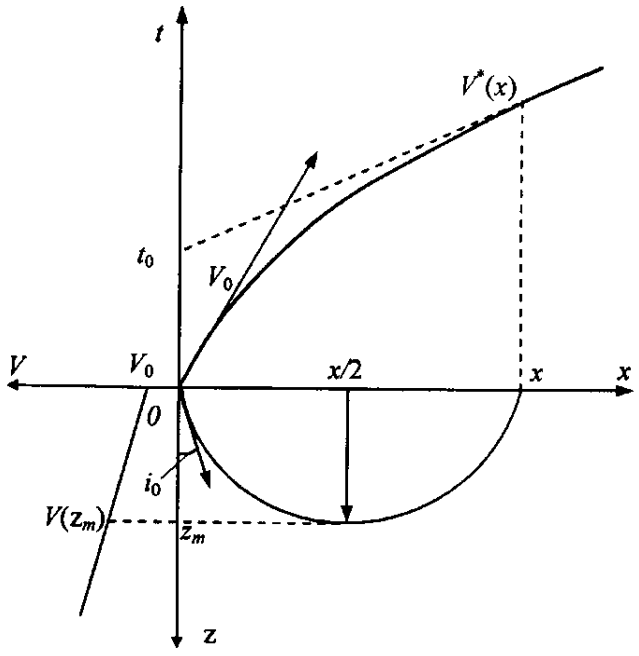


Рис. 5.16. Годограф и луч рефрагированной волны в вертикально-неоднородной среде

5.6.5. Обработка годографов для слоисто-однородных сред

В случае наличия в среде последовательности из n плоских горизонтальных границ (при условии $V_1<V_2<...<V_n$) на каждой границе возникает головная волна, которая будет регистрироваться на дневной поверхности (рис. 5.18). Уравнение годографа этой волны записывается в виде:

Для каждого слоя с номером k по наклону соответствующего элемента годографа головной волны может быть определена граничная скорость V_k по формуле (5.1). По точке пересечения годографов от вышележащего (k -1) и данного (k) слоя определяется точка излома $x_{k-1,\,k}$, а по точке пересечения продолжения данного элемента годографа с осью времени значение времени $t_{0,\,k-1}$.

По полученным данным возможно определение мощностей слоев в рамках модели слоисто-однородной среды. Для этих целей на практике применяют обычно два способа интерпретации: *способ пластовых скоростей* (" t_0 ") и способ точки пересечения или излома. В каждом из них в результате интерпретации годографов определяются мощности слоев и пластовые скорости Мощности слоев определяют последовательно сверху вниз.

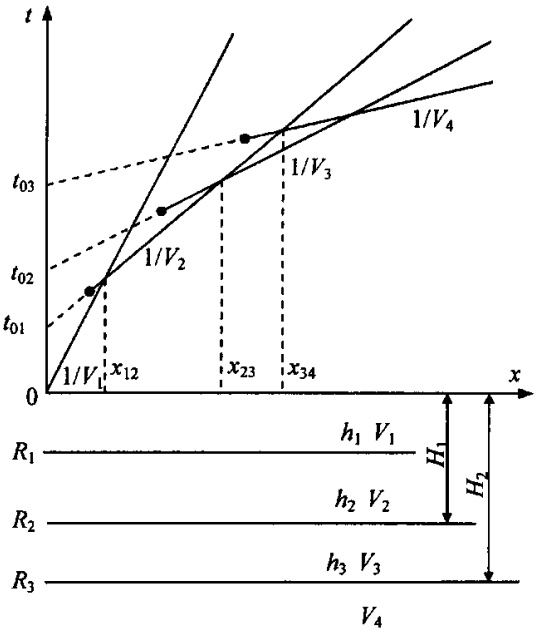


Рис. 5.17. Годографы головных волн для многослойной однородно-слоистой среды

Рассмотрим способ пластовых скоростей. Определив по наклону элементов годографов значения скоростей V_1 , V_2 , V_3 , V_4, … , а на оси времени значения времен t_0(t_{01}, t_{02} и т.д.), будем последовательно вычислять мощности слоев по формулам:и т.д. В этих формулах каждый угол $i_{k,m}$ определяется из выражения:.

Указанный способ можно использовать для любого числа слоев.

5.6.6. Интерпретация годографов преломленных волн для одной криволинейной границы.

Предположим, что в верхней части разреза находится однородный слой, значение скорости упругих волн в котором равно V_1. Слой отделен криволинейной преломляющей границей от нижележащего однородного полупространства со скоростью $V_2 > V_1$. В этом случае имеется возможность определения рельефа этой преломляющей границы, а также и значения так называемой "граничной" скорости V_2 по двум встречным годографам головных волн. Предположим, что рельеф преломляющей границы плавный и на годографах отсутствуют петли. Поставленная задача решается *методом t_0 и разностного годографа.*

Рассмотрим этот метод подробнее. Если имеются два встречных увязанных годографа головных волн, то значение времени t_0, позволяющее определить глубину до преломляющей границы, можно получить в любой точке профиля, используя условие, которое вытекает из гипотез параллельности однонаправленных годографов головных волн и приблизительно прямолинейного скольжения головной волны вдоль границы. Возьмем произвольную точку D профиля, находящуюся между двумя пунктами возбуждения сейсмических волн O_1 и O_2 (рис. 5.19). Если бы годограф в прямом направлении (от O_1 к O_2) был бы получен из точки D, то он был бы параллелен данному исходному годографу $t_1(x)$, а в точке O_2 имел координату $t_2(D)$, так как это взаимные точки. Следовательно, значение $t_0(D)$ можно получить, вычитая из $t_1(D)$ величину параллельного переноса, равную $T - t_2(D)$. Отсюда следует, что $t_0(D) = t_1(D) - [T - t_2(D)]$.

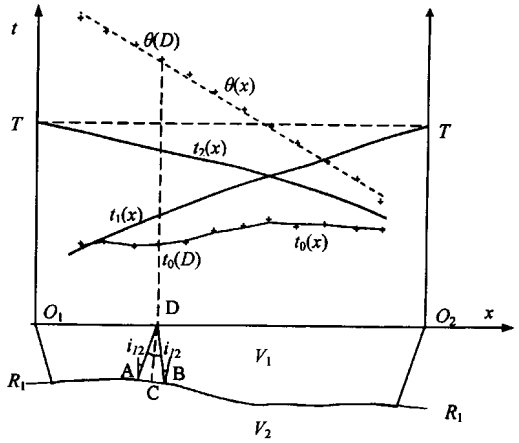


Рис. 5.18. Лучи и годографы головной волны в среде с криволинейной преломляющей границей. R_1 -криволинейная преломляющая граница, t_1,t_2-сводные встречные годографы головной волны в интервале O_1O_2,: 1- линия $t_0(x)$, 2- разностный годограф θ(.x)

Аналогично можно получить значение $t_0(x)$ в любой точке с координатой x на участке O_1O_2:

$$t_0(x) = t_1(x) - [T - t_2(x)]. \qquad (5.4)$$

Каков физический смысл t_0 в случае неплоской границы? Как следует из приведенных формул и из рис.5.19, время t_0 - это разность времен пробега:

$$t_0(D) = [t(AD)+t(BD)]-t(AB). \qquad (5.5)$$

Это определение верно также и для градиентной покрывающей среды, когда лучи *AD* и *BD* криволинейны.

При некоторых предположениях можно использовать t_0 для определения глубины залегания криволинейной границы. Если на участке *AB* границу можно считать плоской и V_1 и V_2 постоянны, то

$$t_0(D) \approx 2\cdot h_D\cdot\cos i_{12}/V_1 . \qquad (5.6)$$

Интервал *AB* равен двойному сносу сейсмического луча ($AB = 2\cdot h\cdot \mathrm{tg} i_{12}$). При соотношении скоростей, характерных для верхней части разреза (ВЧР), - $AB \le h$. Следовательно, для криволинейных границ с большим радиусом кривизны можно использовать линию $t_0(x)$ для приближенного построения глубинного разреза, определяя h (глубину по нормали) по обычной формуле (5.6). Линию t_0 можно считать изображением границы во временной области. Совокупность линий t_0 для разных преломляющих границ дает временной разрез по преломленным волнам подобно временным разрезам МОВ, представленным линиями $t_0(ОВ) = 2h_i/V_i$. Однако есть существенное различие по сравнению с МОВ: значения $t_0(x)$ зависят от отношения V_1/V_2.

Способ разностного годографа используют в сочетании с методом t_0 для более надежного определения значения граничной скорости V_2 . Разностный годограф $\theta(x)$ может быть получен на участке, где имеются встречные годографы, по формуле:

$$\theta(x) = t_1(x)-t_2(x). \qquad (5.7)$$

Наклон какого-либо элемента разностного годографа с учетом различного направления встречных годографов оказывается связан со значением скорости V_2:

$$d\theta/dx = \sin(i \pm\varphi)/V_t + \sin(i \ominus \varphi)/V_1 = 2\cos\varphi/V_2. \qquad (5.8)$$

Для малых углов наклона φ преломляющей границы, можно приблизительно считать $\cos\varphi = 1$. Тогда из формулы (5.8) следует, что граничная скорость V_2 равна

$$V_2 = 2dx/d\theta. \qquad (5.9)$$

Принятое допущение позволяет определить значение граничной скорости с погрешностью не более 6 %, для границ с углами φ, не превышающими 20 °.

Достоинства метода t_0 заключаются в его простоте, возможности вычисления граничной скорости без построения разреза, даже когда скорость V_1 не известна. При построении разностного годографа локальные отклонения встречных годографов, связанные с поверхностными неоднородностями и условиями установки

сейсмоприемников, взаимно вычитаются, поэтому разброс точек на разностном годографе меньше, чем на наблюденном.

5.6.7. Интерпретация годографов для неоднородно-слоистых сред.

Наиболее общим способом интерпретации годографов рефрагированных волн является способ Вихерта — Чибисова, справедливый для произвольного монотонного увеличения скорости с глубиной. гласно этому способу для любой точки годографа, имеющей координату x, вычисляют численным дифференцированием годографа $t(x)$ кажущуюся скорость $V^*(x)$, которая затем относится к максимальной глубине проникновения соответствующего луча z_m (см. рис. 5.17):

Таким образом, для определения глубины проникновения луча, соответствующего данному бесконечно малому элементу годографа, используют только величины, определяемые положением этого элемента (x и $V^* = dx/dt$) в плоскости годографа. Любая точка годографа рефрагированной волны при этом рассматривается и как точка пересечения двух близлежащих элементов, и как начальная точка следующего элемента. Интерпретация годографов рефрагированных волн значительно упрощается, если закон изменения скорости с глубиной может быть выражен простой аналитической функцией (линейной, параболической и др.).

Для расчета глубины отнесения скорости z_m при этом предположении можно использовать способ О. К. Кондратьева, основанный на применении метода t_0. Алгоритм этого способа можно изложить следующим образом. Для каждой точки x годографа рефрагированных волн определяются две скорости – кажущаяся $V^*(x)$ и средняя - $Vcp(x)$. По их значениям вычисляется глубина максимального проникновения z_m луча, пришедшего в данную точку с координатой x. Основные формулы этого способа следующие:

$$\boldsymbol{V^*(x) = \Delta x / \Delta t}, \quad \boldsymbol{Vcp(x) = x / t(x)}, \quad . \qquad \textbf{(5.11)}$$

Среднюю скорость иногда вычисляют по более надежной формуле [2]:

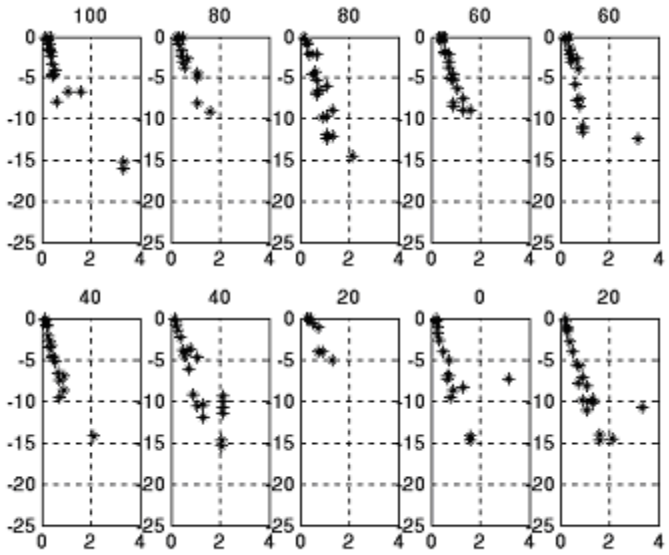


Рис. 5. 19. Скоростные разрезы, построенные по способу Кондратьева. По вертикали показана глубина в м, по горизонтали скорость продольных волн в км/с

Результаты обработки годографов первых волн с помощью описанных выше способов позволяют определить так называемые скоростные разрезы в отдельных точках профиля. Обычно полученные значения скоростей в разрезе относят к положению пункта возбуждения волн на профиле, или точке, соответствующей глубине максимального проникновения луча рефрагированной волны, т.е. к точке с горизонтальной координатой *x*/2, находящейся межу источником и приемником. Примеры изображения скоростных разрезов приводятся на рис.5.20. По нескольким разрезам на профиле строятся вертикальные карты скоростей (рис.5.21).

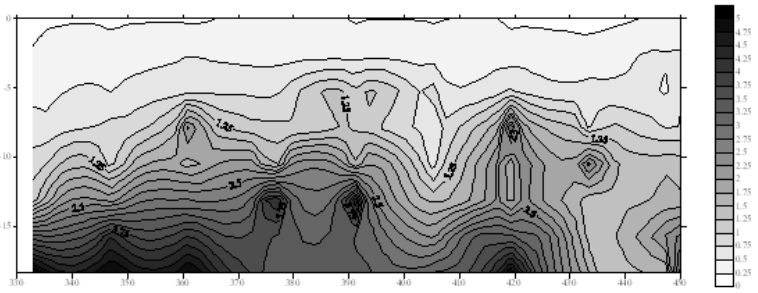


Рис. 5.20. Вертикальная карта скоростей по одному из сейсмических профилей. По вертикали показана глубина в м, по горизонтали координата на профиле в м, изолиниями показаны значения скорости продольных волн в км/с

5.7. НАПИСАНИЕ ОТЧЕТА

На основании полученных скоростных разрезов и карт выполняется геологическая интерпретация данных сейсморазведки, при этом используются как сведения по скважинам, так и дополнительная информация, полученная с использованием различных типов волн (продольных, поперечных, поверхностных).

При решении задачи определения состояния горных пород в разрезе по значениям скоростей двух типов волн - продольных и поперечных или продольных и релеевских - с помощью эмпирических формул, приводимых в [4], могут быть также выполнены вычисления важнейших физико-механических параметров горных пород – модулей деформации, удельного сцепления, пористости, влажности, угла естественного откоса и т.п. После этого также строятся вертикальные или горизонтальные карты этих характеристик.

По результатам всех выполненных в процессе практики по сейсморазведке работ каждый студент составляет отчет, перечень разделов которого приведен ниже:

Введение

1. Условия производства работ

2. Краткая геолого-геофизическая характеристика участков работ

3. Характеристики применяемой аппаратуры и оборудования для выполнения сейсмических работ

5. Методика и технология проведения полевых исследований

5. Методика обработки и интерпретации результатов

6. Основные геолого-геофизические результаты исследований

Заключение

Во *введении* описывается поставленная перед учебной группой геологическая задача, называются сроки практики и виды работ, выполненных автором отчета.

В разделе 1. *Условия производства работ* описывается положение участка исследований, погодные условия, залесенность, особенности рельефа местности, условия для транспортировки аппаратуры и оборудования (рис. 5.21), приводится перечень основных благоприятных и неблагоприятных факторов при проведении работ.

Рис. 5.21. Участок работ, условия производства работ описываются в разделе 1 отчета

В разделе 2. *Краткая геолого-геофизическая характеристика участков работ* приводятся сведения по геологическому строению участка исследований, дается характеристика основных результатов, полученных при ранее выполненных геофизических работах.

Рис. 5.23. В главе 4 описывает способ возбуждения сейсмически волн,

взаимное расположение источников и приемников

В разделе 3. *Характеристики применяемой аппаратуры и оборудования для выполнения сейсмических работ* приводится конкретной описание применяемых в ходе работ аппаратуры и оборудования, указываются основные их параметры, рассказывается о принципах работы основных блоков и модулей сейсморазведочной станции (рис.5.23).

В разделе 4. *Методика и технология проведения полевых исследований* описываются методика полевых работ, схемы и системы наблюдений, методические приемы борьбы с помехами, основные проверки и тесты различных видов оборудования (рис.5.24).

В разделе 5. *Методика обработки и интерпретации результатов* рассказывается о последовательности выполнения процедур обработки и интерпретации полученных полевых данных, приводятся сведения об алгоритмах основных процедур.

В разделе 6. *Основные геолого-геофизические результаты исследований* описываются и анализируются полученные геофизические и геологические результаты. Проводится их сопоставление с другими данными по этому же участку исследований.

В *заключении* делаются выводы о полноте решения поставленной геологической задачи и на этой основе оценивается выбранная методика исследований.

К отчету прилагаются следующие графические приложения:

- схема расположения сейсмических профилей на карте местности с привязкой к имеющимся инженерно-геологическим скважинам;

- применяемая система наблюдений (на обобщенной плоскости или плоскости годографа);

- годографы волн первых вступлений по сейсмическим профилям вместе с результатами обработки по методу "t_0";

- скоростные разрезы для каждого пункта возбуждения;

-построенные на основании скоростных разрезов, вертикальные карты скоростей по каждому сейсмическому профилю и результаты геологической интерпретации этих карт;

- карты значений сейсмических параметров на глубинах 2, 5 и 10 м (при наличии достаточно плотной сети сейсмических профилей по площади исследований).

Библиографический список

1. Бондарев В.И. Основы сейсморазведки. – Екатеринбург, Изд-во УГГГА, 2000, -252 с.

2. Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Ященко З.Г. Инженерная геофизика. - М.:Недра,1989.-252 с.

3. Отчет об инженерно-геологических и геофизических изысканиях для учебного полигона СГИ в пос. В.Сысерть Свердловской области. – Свердловск, УралТИСИЗ,1989.- 56 с.

4. Бондарев В.И. Сейсмический метод определения физико-механических свойств нескальных грунтов.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997.- 220 с.

Глава 6

Электроразведки
А. А. Редозубов

Как мины

По точкам,

Сгущается сетка

И бьет по глубинам

Электроразведка

Ю. Канторович,
выпускник СГИ 1960 г.

6.1. Задачи практики

Полигон учебной практики по электроразведки располагается к северу от западной окраины поселка В. Сысерти. На севере он протягивается до ог. Месилов ключ, с запада и востока ограничен линией электропередач и дорогой на поселок Асбест. В меридиональном направлении по полигону проходит разлом, разделяющий контрастные по удельному сопротивлению и поляризуемости графит содержащие породы игишской свиты и гнейсовидные образования саитовской свиты. Породы игишской свиты прорезаны крупной, до 200-300 м мощностью, дайкой гранитов. В южной части, непосредственно через базу УГГГА, проходит субширотный Верх-Сысертский разлом, являющийся водоносным.

Таким образом, на полигоне имеются благоприятные предпосылки для применения методов сопротивлений и вызванной поляризации, а также метода естественного поля, так как графитизированные породы являются источником электрических полей большой интенсивности. Эти породы обладают также значительной анизотропией, как по удельному сопротивлению, так и по поляризуемости.

Задачей практики является приобретение студентами практических навыков проведения полевых работ электроразведочными методами, умение выполнять измерения с простейшей аппаратурой в реальных условиях. В процессе камеральных работ они должны выполнить обработку результатов измерений, оценить их качество, представить полученные материалы в графической форме в виде графиков и карт и выполнить их интерпретацию. В итоге студенты на собственном опыте знакомятся с возможностями различных электроразведочных методов в конкретной геологической обстановке, а также с элементами комплексирования различных модификаций электроразведки.

В настоящие время в процессе проведения практике выполняются наблюдения методами вертикального электрического зондирования, дополнительного профилирования, вызванной поляризации и естественного поля. Набор методов выбран,

исходя из имеющихся физико-геологических предпосылок и наличной аппаратуры, а также бюджета времени. В прежние годы выполнялись также работы методами комбинированного профилирования, заряда и картирования анизотропных образований крестообразной обстановкой (со студентами рудной специализации, у которых на практику по электроразведке отводилось больше времени).

Метод естественного поля

В методе естественного поля изучаются постоянные электрические поля, самопроизвольно возникающие в земной коре. Основные причины возникновения таких полей – диффузионно-адсорбционные процессы, фильтрация через горные породы подземных вод и процессы окислительно - восстановительного характера. В полевой электрозведке наибольшее значение имеют поля, вызванные двумя последними причинами.

Для образования поля окислительно-восстановительного происхождения необходимо наличие объекта, обладающего достаточно высокой электронной проводимостью. Такие тела образуют многие рудные минералы, графит, антрацит. Верхняя граница объекта должна располагаться в зоне окисления. На границе объекта насыщающими вмещающие породы поровыми водами, являющимися электролитом, образуется двойной электрический слой. В верхней части разреза среда насыщена кислородом и имеет окислительный характер. Поэтому внешняя обкладка двойного слоя, т. е. окружающие объект породы, имеют отрицательный знак. Сам же объект, в котором располагается внутренняя обкладка двойного слоя, приобретает положительный заряд (см. рис. 6.1.).

В области нижней части объекта, напротив, наблюдается недостаток кислорода, и среда имеет восстановительный характер. Это приводит к образованию отрицательных зарядов на внутренней поверхности объекта и положительных – в прилегающих вмещающих породах. В результате образуется система, представляющая собой природный гальванический элемент, в котором проводящий объект играет роль внешней цепи. Возникающие под действием разности потенциалов токи между верхней и нижней частями объекта поддерживают систему в равновесном состояние и создают в окружающей среде электрическое поле. При измерении потенциала на поверхности земли над таким объектом наблюдается минимум потенциала (6.1.).
На полигоне практики, как уже указывалось, источником естественного электрического поля является графитизированные породы игишской свиты.

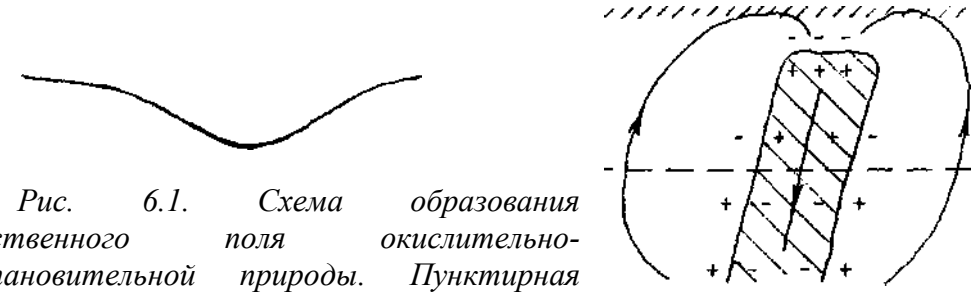


Рис. 6.1. Схема образования естественного поля окислительно-восстановительной природы. Пунктирная линия – уровень грунтовых вод; стрелки – токовые линии.

Электрические поля фильтрационной природы возникают при просачивании подземных вод через поры горных пород. На границе непроводящих твердых зерен породы и поровой жидкости всегда существует двойной электрический слой. Часть ионов двойного слоя захватывается фильтрующейся жидкостью и увлекается потоком. Поэтому по направлению движения потока происходит накопление ионов, имеющих знак внешней обкладки двойного слоя. Так как внешняя обкладка обычно образуется положительными ионами, по направлению потока наблюдается повышение потенциала. Фильтрационные поля используются при решении различных гидрогеологических - и инженерно - геологических задач (прослеживание мест утечек воды через плотины и т. п.).

В В. Сысерти естественные поля фильтрационной природы наблюдаются в пойме реки ниже платины. Там наблюдается сложная картина распределения потенциала, отражающая наличие участков выхода грунтовых вод на поверхность и просачивания их в землю. При проведении измерений вдоль плотины со стороны пруда наблюдались слабые локальные отрицательные аномалии, не остающиеся постоянными в разные годы. По-видимому, они фиксируют участки слабого просачивания воды из пруда в верхнюю часть тела плотины.

Так как при измерениях естественного поля нельзя воспользоваться компенсатором поляризации, для измерений применяются неполяризующиеся электроды, обладающие малой собственной разностью потенциалов (э. д. с. поляризации). Неполяризующиеся электрод представляет собой керамический сосуд, заполненный раствором медного купороса. В него помещен медный стержень, к которому подключается провод (рис. 6.2.). Контакт с почвой осуществляется через медленно фильтрующийся сквозь сосуд электролит. Метал, помещенный в раствор собственной соли, обладает характерным для него электродным потенциалом, мало меняющимся под действием внешних факторов. Поэтому разность потенциалов между двумя такими электродами не велика и стабильна во времени.

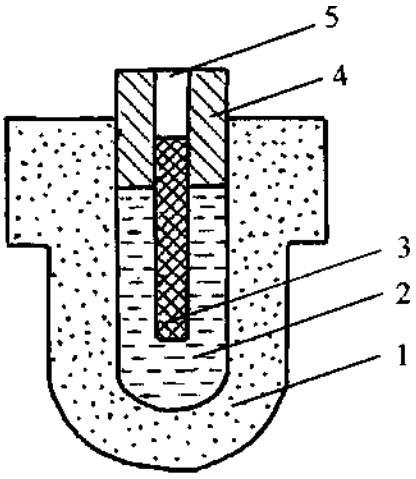


Рис.6.2. Неполяризующийся электрод.1- керамический корпус; 2- раствор медного купороса; 3- медный стержень; 4- пробка; 5- гнездо (трубка) для подключения провода.

Собственная э.д.с. электродов не должна превышать 1-2 мВ. Для измерения собственной э.д.с. электроды устанавливают рядом в рыхлую землю и подключают к измерительному прибору. Так как при малом расстоянии между заземлениями разность потенциалов естественного поля пренебрежимо мала, всю измеренную ΔU можно считать собственной э.д.с. электродов.

Для измерений можно использовать любой электроразведочный прибор постоянного тока, например, автокомпенсатор АЭ-72 или аппаратуру ЭРА-П. Обычно наблюдения производятся по способу измерения потенциала. Для этого один из электродов остается неподвижным, его потенциал принимается за условный нуль. Другой электрод перемещается по точкам профиля и измеряется его потенциал относительно неподвижного электрода. Так как знак потенциала естественного поля может изменяться, необходимо строго соблюдать полярность подключения электродов к прибору. Неподвижный электрод всегда подключается к клемме *N*, подвижный – к клемме *M*. В этом случае знак измеряемого потенциала соответствует положению переключателя полярности прибора.

При работе неподвижный электрод *N* устанавливается около исходного пикета (не на пикете). Рядом с ним устанавливается измерительный прибор. Подвижный электрод *M* устанавливается на исходном пикете и измеряется его потенциал. Затем электрод *M* переносится на следующий пикет и снова измеряется его потенциал и т.д. Чтобы обеспечить связь подвижного электрода с прибором он подключается к прибору через длинный провод, намотанный на катушку. При перемещении электрода провод сматывается с катушки (рис.6.3.). Так как неполяризующиеся электроды имеют относительно высокое собственное сопротивление, необходимо постоянно следить за качеством заземлений. При установке электрода выкапывается небольшая лунка, дно которой разрыхляется. В эту разрыхленную землю вдавливается электрод. Если земля сухая, лунки готовят заблаговременно и заливают водой.

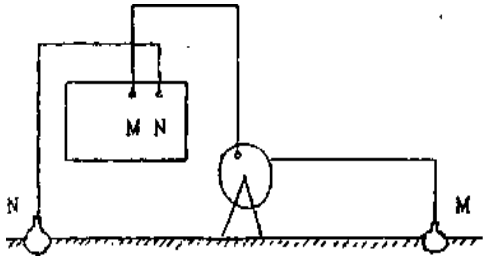


Рис.6.3 Схема установки для метода естественного поля.

Чтобы выполнить наблюдения при одном положении электрода *N* на возможно большем участке профиля, электрод устанавливают так, чтобы можно было

выполнить измерения в обе стороны от него на длину провода. Если при этом не удается отработать весь профиль, неподвижный электрод переносят в новую точку (N_1), но так, чтобы с ним можно было повторить 3 - 5 точек, на которых были выполнены измерения при первом положении электрода (N_1), как показано на рис.6.4. В точках перекрытия вычисляют разницу между значениями потенциала при разных положениях электрода и находят среднюю величину этой разницы. На эту величину изменяют значения потенциала, измеренные при одном из положений электрода *N*, так чтобы получился единый график (см. рис.6.4.)

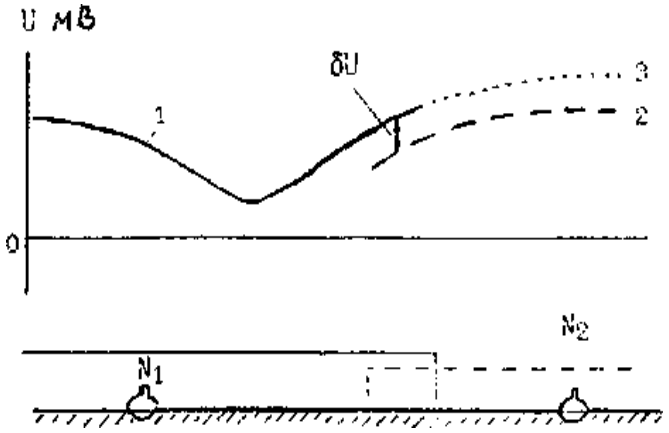


Рис.6.4. Приведение результатов наблюдений к общему нулю

1 - график потенциала, измеренного с электродом N_1; 2 - то же, с электродом N_2; 3 -график потенциала, измеренного с электродом N_2, приведенный к нулю электрода N_1.

Аналогично выполняется приведение к общему нулю измерений потенциала на разных профилях. Для этого выполняется увязка, т.е. измеряется потенциал на разных профилях, обычно по пикетам, стоящим на магистрали, при расположении неподвижного электрода на одном из профилей. Увязочные измерения производятся не менее двух раз.

Для контроля за качеством измерений при смотке провода выполняются повторные наблюдения. Среднее расхождение между первичными и повторными измерениями не должно превышать 5 мВ. На отдельных точках допускается разница до 15 мВ. Так же оценивается точность по контрольным наблюдениям, которые выполняются другим оператором, в другое время и желательно с другим комплектом аппаратуры.

Результаты работ представляются в виде графиков потенциала, приведенных к общему нулю для всего участка, и в виде плана изолиний потенциала. Нулевой уровень при этом выбирается с учетом общей

картины поля и геоэлектрической обстановки.

На рис. 6.5. показаны графики потенциала естественного поля по трем профилям, проведенные к общему нулю. При выборе нуля учитывалась геологическая обстановка. В восточной части участка залегают гнейсовидные породы саитовской свиты, не содержащие проводящих минералов. Поэтому возникновение над ними естественных электрических полей мало вероятно. На западе, напротив, установлены графитизированные породы, которые могут создавать интенсивные электрические поля. Из этих соображений нулевой уровень выбран таким образом, чтобы в восточной части

всех профилей значение потенциала естественного поля были близки к нулю. Над западной частью участка, сложенного графитизированными породами, в этом случае наблюдается отрицательная аномалия интенсивностью в несколько сот милливольт. На всех профилях на интервале от 20-28 пикетов наблюдается резкое возрастание потенциала естественного поля. Средняя часть этого участка с большим градиентом $U_{ЕП}$ в пределах аномалии связаны, по-видимому, с разной степенью графитизации пород.

Задание

1 . Получить комплект аппаратуры и оборудования и проверить его исправность.

2 . Выполнить наблюдения по методу естественного поля по способу измерения потенциала на указанных преподавателем профилях (ориентировочная дневная норма два профиля), выполняя при обратном ходе повторные измерения в количестве 20% от общего объема.

3 . Оценить по повторным измерениям, а если выполнялись контрольные наблюдения - и по контрольным измерениям, погрешность и сопоставить ее с требованиями Инструкции по электроразведке

4 . Проверить исправность аппаратуры и оборудования и сдать их в лабораторию. При обнаружении неисправностей выполнить необходимый ремонт.

5 . Построить графики и план изолиний потенциала естественного поля, выполнить их интерпретацию.

6 . .Составить текстовую часть отчета.

Дипольное электрическое профилирование (ДЭП)

В дипольном профилировании используется осевая дипольная установка. В дипольной установке поле создается сближенными заземлениями *A* и *B*, образующими питающий диполь, а разность потенциалов измеряется между электродами *M* и *N*, образующими приемный (измерительный) диполь. Размеры диполей l должны быть в несколько раз меньше расстояния между центрами диполей *L*, которое принимается за размер установки. В осевой установке оси диполей расположены на одной прямой линии, при профилировании совпадающей с профилем наблюдений (рис.6.6). Размеры диполей делают одинаковыми, как показано на рисунке, или питающий диполь делают больших размеров для увеличения измеряемой разности потенциалов. Применяется дипольное профилирование, как и другие модификации электропрофилирования, для решения задач геологического картирования и для поисков различных объектов, преимущественно крутопадающих.

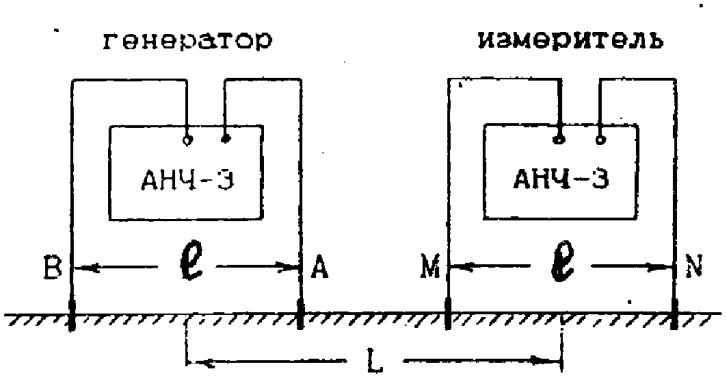


Рис.6.6. Установка для дипольного профилирования.

Измерения в дипольном профилировании удобнее выполнять на низкочастотном переменном токе, например, с аппаратурой АНЧ – 3 или ЭРА-ЗНАК. В этом случае нет необходимости в проводах, связывающих измеритель с питающей линией, и установка получается легкой и мобильной (см. рис. 6.6) На каждой точке измеряют

разность потенциалов между электродами *M* и *N* и силу тока в цепи AB (если он не стабилизирован) и вычисляют кажущееся сопротивление. Результат измерения относят к центру измерительного диполя *MN*.

При вычислении $p_к$ можно пользоваться общим выражением для коэффициента установки или привести его к более удобному виду:

$$K = \frac{2\pi}{1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN} = \frac{2\pi}{1/(L-l) - 1/L + 1/(L+l)} = \frac{2\pi}{2L/(L^2 - l^2) - 2/L} =$$

$$= \frac{\pi L(L^2 - l^2)}{l^2}. \quad \textbf{(6.1.)}$$

Окончательное выражение в формуле (6.1.) справедливо только для дипольной установки с одинаковыми размерами питающего и измерительного диполей.

Результаты электропрофилирования изображают в виде графиков p_k по профилям. Рассмотрим график p_k по профилю, пересекающему контакт горных пород с удельными сопротивлениями p_1 и p_2, воспользовавшись для этого формулой

$$p_k = p_{MN} \frac{j_{MN}}{j_{0MN}}, \qquad \textbf{(6.2.)}$$

где p_{MN} - удельное сопротивление среды между приемными электродами;

j_{MN} - плотность тока между приемными электродами;

j_{0MN} - плотность тока между приемными электродами в однородной среде.

Пусть сопротивление горных пород справа от контакта меньше, чем сопротивление p_1 слева от границы раздела. Осевая дипольная установка *BAMN* перемешается по профилю слева направо. Пока установка располагается далеко от контакта в среде p_1, растекание тока с питающих заземлений не отличается от случая однородного полупространства, т.е. $j_{MN} = j_{0MN}$,и согласно (6.2.) Рк = P_1. По мере приближения установки к контакту ток натекает в более проводящую среду p_2 и плотность тока на участке расположения приемных электродов MN увеличивается ($j_{MN} \rangle j_{0MN}$). Поэтому рк становится больше p_1, постепенно увеличиваясь по мере приближения к контакту (рис.6.7). Максимального значения Рк достигает, когда электрод *N* становится на контакт (точка а). При переходе приемного диполя черев контакт сопротивление рмN уменьшается от p_1 до p_2 и кажущееся сопротивление на участке аб резко уменьшается. Пока контакт располагается между питающим и приемным диполями, разность потенциалов не зависит от положения границы раздела и на графике наблюдается площадка равных значений Рк (участок бв). На площадке равных сопротивлений $p_k = p_1(1 + k_{12})$, где K_{12}- коэффициент отражения, равный $\frac{p_2 - p_1}{p_1 + p_2}$. При

переходе через контакт питающего диполя кажущееся сопротивление уменьшается до величины, несколько меньшей P_2 (точка г), а затем по мере удаления установки от контакта постепенно приближается к P_2. Таким образом, в рассмотренном случав контакт отмечается участком резкого уменьшения $p_к$.

Если удельное сопротивление p_2 горных пород справа от контакта более высокое, чем слева, при приближении установки к контакту $p_к$ уменьшается, так как плохо проводящие породы препятствуют растеканию тока и плотность тока на участке *MN* уменьшается (см. рис. 6.7, б). При переходе через контакт приемного диполя $p_к$ возрастает до уровня площадки равных сопротивлений (участок аб), который существенно ниже p_2. Лишь после площадки равных значений $p_к$, когда через контакт переходит питающий диполь, наблюдается резкое повышение рк до уровня, несколько превышающего p_2 (участок вг), после чего график плавно приближается к уровню p_2.

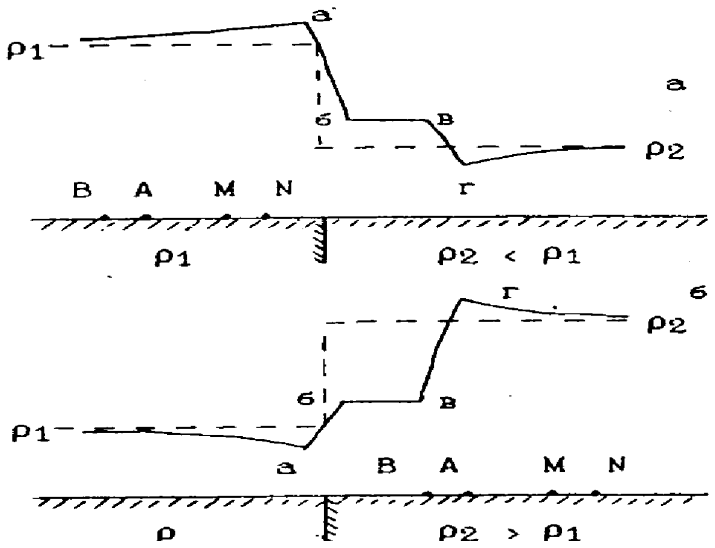


Рис.6.7. Вид графиков $p_к$ *при профилировании через контакт дипольной установкой.*

Таким образом, в зависимости от соотношения удельных сопротивлений контакт в дипольной установке проявляется по-разному. Когда установка ориентирована таким образом, что со стороны пород с высоким сопротивлением располагается питающий диполь (см. рис.7а), контакт четко отмечается резким изменением $p_к$ и легко может быть выделен. Если со стороны пород с высоким сопротивлением располагается приемный диполь (см. рис.6.7,б) изменение $p_к$ над контактом незначительно, зато появляется резкий скачок $p_к$ над породами с высоким сопротивлением на расстоянии размера установки от контакта. Это обстоятельство затрудняет интерпретацию, особенно в случае более сложных геоэлектрических разрезов. Например, на рис.6.8 изображен вид графиков $p_к$ над мощным пластом высокого сопротивления. Как видно из рисунка, при интерпретации графика $p_к$ для любой из дипольных установок будет уверенно выделен один из контактов, а другой контакт будет выделен в средней части пласта и мощность пласта окажется заниженной более чем вдвое. Поэтому для более уверенной интерпретации целесообразно применять одновременно обе дипольные установки (такие установки называются встречными). По графикам рк встречных дипольных установок в рассматриваемом примере уверенно

выделяется положение обоих контактов пласта. Над срединой пласта наблюдается пересечение графиков $\rho_к$, при котором график $\rho_к$; пересекает другой график снизу вверх (такое пересечение называется «обратным", оно характерно для плохо проводящих пластов). Для хорошо проводящих пластов характерно "прямое" пересечение, при котором график $\rho_к^{BAMN}$ пересекает другой график сверху вниз при одновременном понижении $\rho_к$

Если размеры питающего и приемного диполей одинаковы, в проведении измерений с установкой, повернутой на 180°, нет необходимости. Для электрического поля справедлива теорема взаимности, согласно которой, если поменять назначение питающих и приемных заземлений, т.е. если электроды *А к В* сделать приемными, а *М* и *N* -питающими, то результат измерений не изменится. Поэтому если сместить один из графиков $\rho_к$ в сторону питающего диполя на размер установки, то он точно совпадет с графиком $\rho_к$ для другой дипольной установки (см. рис.6.8.). Практически достаточно выполнить измерения с одной дипольной установкой, например, с *BAMN* и построить два графика $\rho_к$, относя результаты измерений к центру приемного диполя (график $\rho_к^{BAMM}$) и к центру питающего диполя (график ρ_k^{MNBA}).

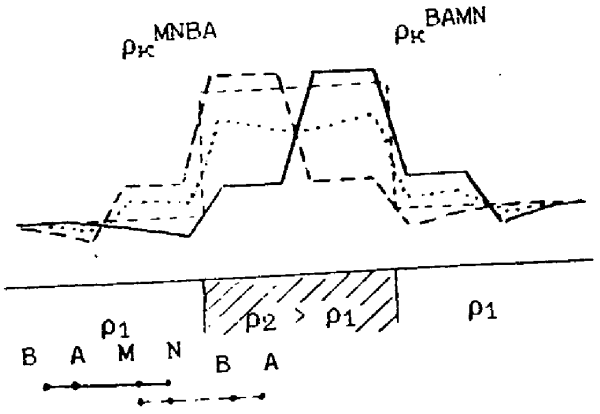


Рис.6.8. Графики Рк дипольного профилирования над мощным пластом высокого сопротивления (точечный пунктир - график среднего значения Рк для встречных дипольных установок)

График среднего арифметического значения $\rho_к$ встречных дипольных установок почти не отличается от графика $\rho_к$ симметричной четырехэлектродной установки AMNB. На нем плохо проводящий пласт отмечается повышенными значениями $\rho_к$, а над контактами наблюдается резкое изменение значений кажущегося сопротивления (см. рис.6.8.). При проведении площадной съемки методом дипольного профилирования целесообразно вычислять средне значение и строить план его изолиний (план изоом). На плане изоом наглядно отображаются общие черты геоэлектрического строения изучаемой площади.

На рис. 6.9. приведен пример графиков р встречных дипольных установок. На профилях 3-5 III-V повышением кажущегося сопротивления отчетливо отмечается дайка гранитов, имеющая высокое сопротивление по сравнению с вмещающими ее графитизированными породами. На графике lk установки MNBA резким ростом

кажущегося сопротивления отмечается западный контакт дайки. Восточный контакт дайки отмечается резким уменьшением lk установки BAMN. В целом графики аналогичны приведенным на рис 6.8. При этом западный контакт, выделяемый по данным электропрофилирования, точно совпадает с западным контактом дайки, показанным на геологической карте. Восточный же контакт дайки совпадает с данными электропрофилирования только на профиле III. На профилях IV и V контакт по сопротивлению располагается восточнее, а на профиле VI дайка не отмечается вовсе. Таким образом, по данным электропрофилирования на интервале между профилями III и V дайка имеет постоянную мощность. На севере она тупо выкликивается между V и VI профилями, по-видимому, срезается субширотным тектоническим нарушением, аналогично тому, как на юге она срезается Верх-Сысертским разломом. Еще более наглядно постоянство мощности дайки и ее тупое выклинивание видны на плане изоом (рис. 6.10).

Кроме плохо проводящего пласта, соответствующего дайке гранитов, в северо-западной части участка отмечаются еще две зоны повышенных значений lk, расположенные в пределах развития графитизированных пород (см. рис. 6-9). Очевидно, они соответствуют интенсивно окварцованным разностям этих пород. Этот участок хорошо обнажен и других причин повышения сопротивления здесь не наблюдается.

Контакт между игишской и саитовской свитами по данным дипольного профилирования, за исключением профиля VI, не выявляется. Это связано с малыми размерами применявшейся установки. Гнейсовидные породы саитовской свиты неустойчивы к выветриванию и мощность коры выветривания на них составляет несколько десятков метров. Сопротивление коры выветривания примерно такое же, как у графитизированных пород. При увеличение размеров установки, как будет показано ниже, этот контакт выявляется достаточно четко.

Задание

1. Получить комплект аппаратуры и оборудования. Проверить работоспособность аппаратуры и исправность оборудования.
2. Выполнить дипольное профилирование на указанных преподавателем профилях (ориентировочная дневная норма 2 профиля). Выполнить в необходимом количестве повторные наблюдения (при обратном ходе по профилю).
3. Оценить по повторным измерениям, а если выполнялись контрольные измерения – и по контрольным измерениям относительную погрешность по формуле (6.3.) и сопоставить ее с требованиями инструкции по электроразведке.
4. Проверить исправность аппаратуры и оборудования и сдать их в лабораторию. В случае обнаружения неисправностей выполнить необходимый ремонт.
5. Построить графики дипольного профилирования и план изоом для среднего значения pk. Выполнить интерпретацию полученных материалов.
6. Составить текстовую часть отчета.

Метод вызванной поляризации.

При пропускании через реальную горную породу электрического тока между приемными электродами кроме разности потенциалов, вызванной омическим падением напряжения на участке MN, возникает дополнительная разность потенциалов. Причиной ее является поляризация среды под действием тока. Это явление называется вызванной поляризацией. Если через питающие заземления пропустить прямоугольный импульс постоянного тока, на приемных заземлениях практически мгновенно возникает разность потенциалов $\Delta U^{(0)}$, соответствующая омическому падению напряжения. После этого величина ΔU продолжает плавно возрастать, асимптотически приближаясь к некоторому предельному значению.

Эта дополнительная разность потенциалов $\Delta U_{вп}$ обусловлена полем вызванной поляризации. После выключения тока разность потенциалов скачком уменьшается на величину $\Delta U^{(0)}$, а затем плавно убывает до нуля(рис.6.11.) После выключения тока поле вызванной поляризации можно наблюдать в чистом виде. $\Delta U^{(0)}$ называют разностью потенциалов первичного поля, а разность потенциалов суммарного поля $\Delta U = \Delta U^{(0)} + \Delta U_{вп}$ - разностью потенциалов поляризующего поля. Способность среды поляризоваться и создавать поле вызванной поляризации определяется ее поляризуемостью, которая равна отношению $\Delta U_{вп}$ и разности потенциалов поляризующего поля и обычно выражается в процентах:

$$\eta = {\Delta U_{вп}}/{\Delta U} \cdot 100\%. \qquad \textbf{(6.3.)}$$

Чтобы результаты измерений поляризуемости были сопоставимы, надо выдерживать постоянными длительность токового импульса (время зарядки $t_э$) и паузу между моментом включения тока и моментом измерения $\Delta U_{вп}$ (время спада $t_{с)}$. Обычно принимается $t_{э=1}$ мин., а $t_{сп}$ =0.5 с. Если измерения выполняются в неоднородной среде, получается некоторое эффективное значение поляризуемости – кажущаяся поляризуемость η_k . Кажущаяся поляризуемость соотносится с истинной аналогично тому, как соотносятся кажущееся и истинное удельные сопротивление.

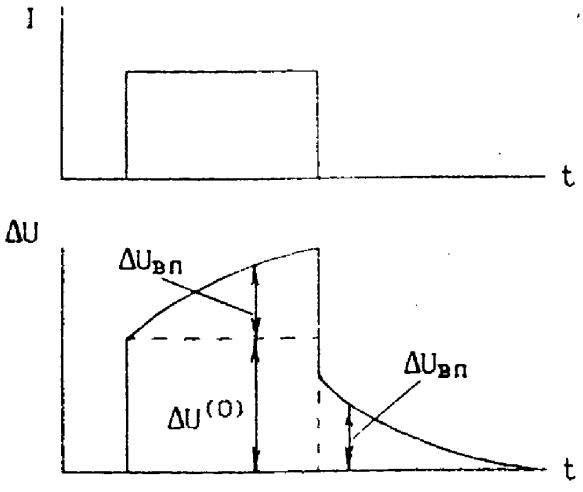


Рис.6.11. График ΔU *при пропускании через поляризующуюся среду прямоугольного импульса тока .1- график* $\Delta U^{(0)}$ *первичного поля; 2- график* ΔU *суммарного (поляризующего) поля.*

Причиной вызванной поляризации является перераспределение потоков в жидкой среде горной породы (в поровых видах) под действием электрического тока. Но разные стороны сужений поровых каналов и зерен проводящих минералов возникают скопления

потоков разного знака, образующие электрические диоды. Эти диоды и являются источниками поля вызванной поляризации. Породы, обладающие только полной проводимостью, имеют небольшую поляризуемость, обычно не превышающую 2-3%. Породы, содержащие выравненность минералов, обладающих электронной проводимостью, характеризуются высокой поляризуемостью, достигающей нескольких десятков процентов. При равномерном распределении выравненности один процент ее увеличивает поляризуемость горной породы на 1,5-2,5% (при содержащих до 15-20%).

Поэтому метод вызванной поляризации эффективен при поисках объектов, содержащих включения рудных минералов или графита.

Вызванная поляризация проявляется и в поле переменного тока. Пусть через питающие заземления пропускается синусоидальный ток. В неполяризующейся среде на приемных заземлениях при этом наблюдается совпадающая с током по фазе разность потенциалов $\Delta U^{(0)}$ такой же формы (если полагать, что реактивное сопротивление цепи мало). Если среда поляризуется; под действием тока возникает тоже знакопеременная разность потенциалов вызванной поляризации. Но так как нарастает и спадает не мгновенно, смена знака $\Delta U_{вп}$ запаздывает по отношению к смене знака первичного поля (рис.6.12). Поэтому результирующая разность потенциалов ΔU, наблюдаемая на приемных заземлениях, отличается от $\Delta U^{(0)}$ как по амплитуда, так и по фазе. По мере повышения частоты тока эффект вызванной поляризации уменьшается так как при высокой частоте за половину периода объект не успевает зарядиться

Из описанного характера проявления вызванной поляризации в переменном, электрическом поле вытекает два возможных способа ее измерений: амплитудный и фазовый. При амплитудных измерениях надо сравнить значения ΔU при двух частотах. При более низкой частоте f_1 *эффект* вызванной поляризации достаточно выражен, при более высокой частоте f_2 он незначителен. Кажущаяся поляризуемость на переменном токе

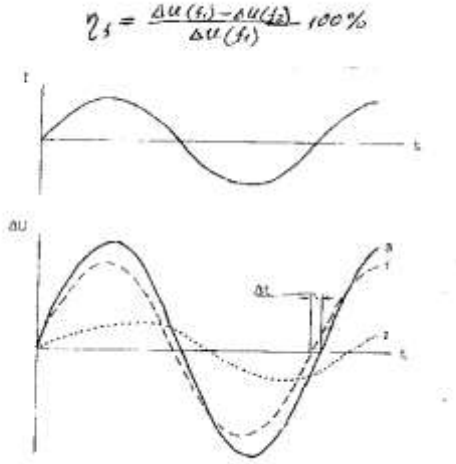


Рис. 6.12. График ΔU *при пропускании через поляризующуюся среду синусоидального тока. 1- график* $\Delta U^{(0)}$ *первичного поля; 2- график* $\Delta U_{вп}$*; 3- график* ΔU *наблюдаемого поляризующего поля.*

по своему физическому смыслу аналогично кажущейся поляризуемости n_k измеренной на импульсном токе. В этой формуле разности потенциалов $\Delta U(f_1)$ и $\Delta U(f_2)$ должны быть измерены при одной силе тока. Частота f_1 берется очень малой, обычно это доли герца или первые единицы герц, Частота f_2 должна быть в несколько раз больше.

При фазовых измерениях измеряется фазовый сдвиг между разностями потенциалов, измеренными на двух частотах. Практически измеряется интервал времени Δt между моментом перехода через нуль разностей потенциалов при частотах f_1 и $f_2=3f_1$. Фазовый сдвиг, обусловленный вызванной поляризацией,

$$\varphi_{вп} = f_1 \cdot \Delta t \cdot 360^0 \qquad \textbf{(6.5.)}$$

Величина $\varphi_{вп}$ всегда отрицательна. По модулю она ведет себя точно так же, как n_f и n_k. Можно считать, что $\left|\varphi_{вп} = 1^0\right|$ соответствует 3% n_k , измеренной в импульсном режиме.

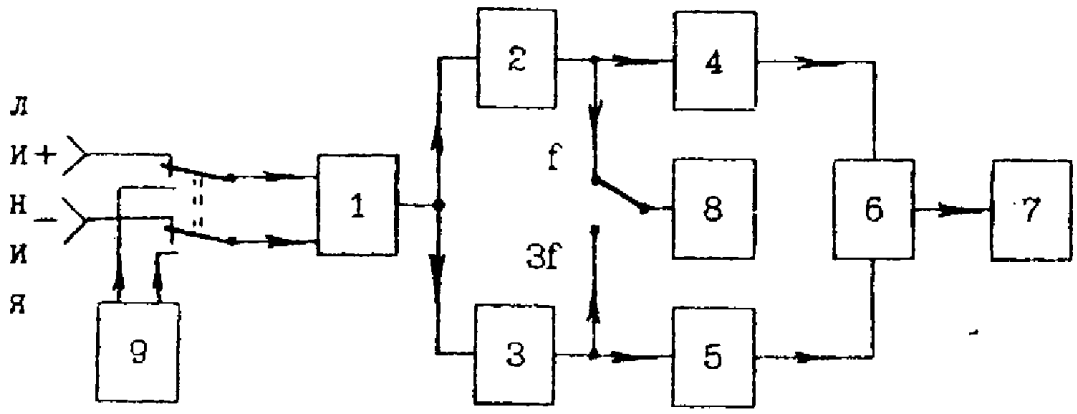
Существует несколько вариантов аппаратуры для фазовых измерений вызванной поляризации. На эти типы построены на одном принципе и отличается лишь в деталях.

Рассмотрим переносный вариант такой аппаратуры, имеющий марку ВП-Ф. Аппаратура ВП-Ф предназначена для фазовых измерений вызванной поляризации. Одновременно, как и при импульсном режиме, измеряется кажущееся сопротивление. В комплект аппаратуры входят генератор и трт измерителя. В качестве источника тока может быть использован бензоагрегат АВ-0,5 (напряжение 115 В, частота 400 Гц) или обычно батарея аккумуляторов с напряжением 12 В. В последним случае используется автомобильный аккумулятор. В последних выпусках в комплект аппаратуры был еще включен стабилизатор тока, который включается последовательно с генератором.

Генератор, вырабатывающий переменный ток прямоугольный формы. Он построен по обычной схеме. Он состоит из блока питания, инвертора и задающего генератора. Переменное синусоидальное напряжение 115 В частотой 400 Гц подается по кабелю от бензоагрегата на вход генератора. В блоке питания трансформатором с секционированной вторичной обмоткой оно изменяется до нужной величины, которую можно ступенчато изменять от 70 до 400 В с помощью переключателя "выходное напряжение". Далее это напряжение выпрямляется и подается на инвертор, где оно преобразуется в переменное заданной частоты и подается на выходные гнезда АВ. Управление инвертором осуществляется задающим генератором, вырабатывающим управляющие импульсы заданной частоты. Генератор имеет пять фиксированных значений частоты от 0.3 до 4.88 Гц. Установка необходимой частоты производится переключателем "частота". При питании от аккумулятора подаваемое от него постоянное напряжение преобразуется в переменное и затем подается на трансформатор. В остальном работа схемы не отличается от описанной выше. Следует заметить, что наибольшая частота генератора ВП-Ф такая же, как у генератора АНЧ-3. Поэтому при работе с питающими линиями не бывших размеров можно использовать генератор АНЧ-3, что существенно облегчает установку.

Измеритель определяет фазовый сдвиг между первой и третьей гармониками, на которые разлагается измеряемый сигнал. Из математики известно, что при разложении в ряд Фурье периодической функции прямоугольной формы, получающиеся нечетные гармоники совпадают по фазе. В случае отличия от прямоугольной формы между

гармониками появляется фазовый сдвиг тем больший, чем больше это отличие. Поэтому при пропускании переменного тока прямоугольной формы через неполяризующуюся среду, когда на приемных заземлениях также имеет прямоугольную форму, фазовый сдвиг между первой и третьей гармониками отсутствует. Если среда поляризуется, за



счет форма разности потенциалов на искажается и становится отличной от прямоугольной. Это приводит к появлению фазового сдвига между гармониками.

Рис. 6.13. Упрощенная структурная схема измерителя ВП-Ф 1-широкополосный усилитель; 2- избирательный усилитель основной частоты f; 3- избирательный усилитель третьей гармоники 3f; 4 и5 – формирователи импульсов; 6- измеритель фазы; 7-индикатор (цифровое табло); 8- электронный милливольтметр; 9- калибратор.

Структурная схема измерителя приведена на рис.6.13. Разность потенциалов с приемных заземлений подается на гнезда "линия" ("+" "-") и далее на широкополосный усилитель 1. После этого цепь разветвляется. В одной ветви включен избирательный усилитель 2, настроенный на основную частоту f, соответствующую частоте тока в питающей линии. В другой ветви включен избирательный усилитель 3, настроенный на частоту третьей гармоники 3f. Формирователи импульсов 4 и 5 вырабатывают короткие импульсы прямоугольной формы в моменты перехода гармоник f и 3f через нуль. В измерителе фазы 6 определяется время между этими импульсами, т.е. интервал времени между переходами гармоник через нуль Через, в соответствии с (6.5), определяется фазовый сдвиг. Результат измерений высвечивается на цифровом табло 7.

Разность потенциалов на приемных заземлениях измеряется электронным вольтметром 8, который тумблером "f-3f " может быть включен в любой гармоники.

Для контроля правильности измерений предусмотрен калибратор 9, формирующий прямоугольное напряжение рабочей частоты, стабилизированное по амплитуде. С его помощью устанавливается номинальная чувствительность миллиамперметра и проверяется правильность показаний измерителя фазы.

Для изучения вызванной поляризации можно использовать любые электроразведочные установки. Наиболее часто применяют установку срединного

градиента. В этой установке питающие заземления, разнесенные на достаточно большие расстояние (обычно 1- км), в процессе работы остаются неподвижными, а приемная линия перемещается по профилю в средней части линии АВ. Длина рабочего участка профиля составляет в зависимости от мощности рыхлых отложений от 0.5 до 0.8 разноса АВ. Наблюдения выполняются также на соседних профилях, которые могут быть удалены от питающей линии на расстояние до АВ/4.

Измерения вызванной поляризации, как указывалось выше, могут выполняться в импульсном режиме или на переменном токе. Описание работы на профиле дается ниже применительно к фазовым измерениям на переменном токе с аппаратурой ВП-Ф.

На центральном профиле устанавливаются питающие заземления и между ними раскладывается подводящий провод. Для обеспечения достаточно малого сопротивления каждое заземление устраивается из нескольких электродов, забитых в землю на максимальную глубину. Электроды в одном заземлении соединяются между собой и подключаются к подводящему проводу. Генератор устанавливается вблизи одного из заземлений. Поэтому один из подводящих проводов должен иметь длину, равную разносу АВ, а второй провод короткий, для подключения генератора к ближнему заземлению, Схема включения генератора показана на рис.6.14.

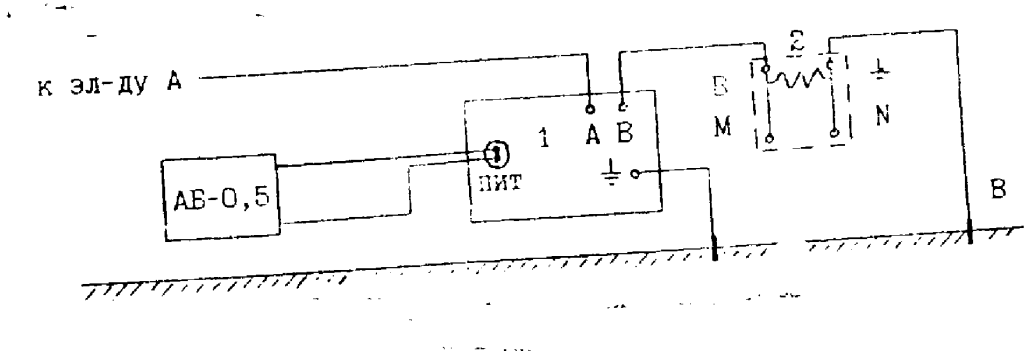


Рис. 6.14. Схема включения генератора 1- генератор; 2- активное сопртивление.

Рабочая частота выбирается такой, чтобы результаты измерений не искажались индукционными эффектами. Для этого необходимо, чтобы характеризующий степень влияния индукционных эффектов параметр

$$p = L^2 \frac{f}{\rho_k} \qquad \textbf{(6.6)}$$

не превышал 0,001-0,002. В формуле (6.6) L=АВ/2– полуразное питающей линии в километрах, f- частота, ρ_k - минимальное ожидаемое кажущееся сопротивление.

Включение генератора следует производить после проверки положения всех переключателей. Переключатели "питание" и "входное напряжение" должны быть в положении "выкл.", "генератор – линия АВ"- в положении "АВ", "контроль" – в положении "АВ". Переключателем "частота" , надо установить рабочую частоту. При

этом работающий генератор должен стоять на резиновом коврике (из соображения безопасности).

Порядок включения генератора:

1. Запустить бензоагрегат или подключить аккумулятор.
2. Включить тумблер "питание". При этом показание амперметра должно быть в диапазоне 40-100 делений, Меньшее отклонение стрелки прибора указывает на недопустимо высокое сопротивление или обрыв линии АВ. В этом случае следует выключить тумблер "питание" и снова включить после устранения неисправности в линии или улучшения заземлений.
3. Переключатель "контроль" установить на максимальный диапазон измерения тока(5 А).
4. Переключатель "генератор- линия АВ" перевести в положение "генератор".
5. Переключатель "входное напряжение" перевести в положение "70" (минимальное напряжение). При этом может загореться индикатор "перегрузка".
6. Нажать кратковременно кнопку "пуск". Индикатор "перегрузка" при этом должен погаснуть. Если ток в цепи меньше 0.1 А, индикатор продолжает гореть. В этом случае надо повысить входное напряжение до следующего значения и снова нажать кнопку "пуск".
7. переводя переключатель "контроль" в соответствующие положения, измерить силу тока I и напряжение U. При этом выходная мощность P=IU не должна превышать 330 Вт.

Стабильный режим работы генератора устанавливается через 10-15 минут после включения.

Перед началом измерений производится калибровка измерителя.

При калибровке проверяется работоспособность измерителя, напряжение источника его питания и устанавливается номинальная чувствительность электронного вольтметра. Для калибровки надо установить переключатель "род работы" в положение "калибровка», переключатель "частота" в положение "10000», переключатель "осреднение" – в положение "2", тумблер "f - 3f "- в положение "f".

Порядок калибровки:

1. Выключить тумблер "питание". Стрелка индикатора при этом должна установиться в правой половине шкалы.
2. Нажать кнопку "аккум.". Показания индикатора при этом должны быть в пределах 70-100 делений.
3. Вращая ручку "устан. 700", убедиться, что стрелка индикатора перекрывает диапазон 70 ± 5 делений. Установить отсчет 70 делений.
4. Нажать "табло U". При этом на цифровом табло должен появиться отсчет 700 ± 1. Если отсчет другой, отсчет 700 устанавливается ручкой "устан.700". Вращение ручки производиться при отпущенной кнопке, которая нажимается только при взятии отсчета.
5. Нажать кнопку "самоконтроль" и не отпуская ее кратковременно нажать кнопку "табло N". Не отпуская кнопки «самоконтроль», дождаться появления на табло, сигнализирующий о готовности схемы к работе, снова нажать

кнопку «табло N» и прочитать появившийся на табло отсчет, который должен быть равен 5632 ± 1. Повторить операцию несколько раз, чтобы убедиться в стабильности отсчета. Этот отсчет должен сохраняться при всех положениях переключателя "осреднение".

6. Повторить описанную в предыдущем пункте процедуру, не нажимая кнопку "самоконтроль". Отсчет при этом должен быть 6000 ± 500.

Приемная линия аналогична линии MN при работе методом дипольного профилирования. Измеритель устанавливается возле одного из заземлений, которое подключается к гнезду "-". Соединительные провода должны иметь длину, соответствующую разносу MN и не образовывать петель, нельзя наматывать провод на электрод. При работе на профиле, по которому разложен провод линии AB, надо следить, чтобы провода питающей и приемной линий не лежали в непосредственной близости один от другого и не пересекались. Это необходимо для предотвращения эффектов взаимоиндукции. Указанием на появление индукционных эффектов в линиях или в земле являются положительные значения $\varphi_{вп}$.

Порядок измерений на точке:

1. Подключить провода линии MN к гнездам "линия", при этом ближнее заземление должно быть подключено к гнезду "-".
2. Установить переключатель "род работы" в положение "линия". Отсчет по стрелочному индикатору при этом должен быть 30-100 делений. Если отсчет меньше 30, значит сопротивление линии MN недопустимо велико и надо улучшить приемные заземления.
3. Установить переключатель "род работы" в положение "измерение".
4. Переключателем "предел" установить отсчет по стрелочному индикатору в пределах 30-100 делений.
5. Нажав кнопку "табло U", взять отсчет по цифровому табло.
6. Нажать кратковременно кнопку "табло N". После появления на табло точки снова нажать кнопку и прочитать отсчет на табло.

Все измерения на точке повторяются не менее трех раз. Если наблюдается разброс отсчетов, надо увеличить осреднение и повторить измерения. В процессе измерений по профилю периодически повторяется калибровка измерителя.

Так как ток в цепи никогда не имеет идеально прямоугольной формы, даже в неполяризующейся среде между гармониками разности потенциалов, снимаемой с приемных заземлений, наблюдается сдвиг по фазе. Чтобы можно было его учесть, измеряют фазовый сдвиг между первой и третьей гармониками тока φ_{AB}. Для этого в питающую линию включается активное сопротивление. Подключив к этому сопротивлению к этому сопротивлению измеритель, производят измерение φ_{AB}. Сопротивление включается в цепь между гнездом B генератора и ближайшим питающим заземлением (см. рис.6.14). Измерение φ_{AB} выполняется так же, как на точках профиля, только в этом случае нет необходимости измерять разность потенциалов.

Если работа производится с генератором АНЧ-3, в качестве активного сопротивления используется калибровочное сопротивление генератора (гнездо "$U_к$").

Вычисление ΔU и $\varphi_{вп}$

Для получения ΔU отчет, снятый с табло, надо умножить на n/1000, если предел n кратен 10 и на n/300, если предел кратен 3.

Фазовый сдвиг $\varphi_{вп}$ вычисляется по формуле

$$\varphi'_{вп} = 0.03(N_{MN} - N_{кал}), \qquad \textbf{(6.7)}$$

где N_{MN}- отчет при измерении в линии MN,

$N_{кал}$ – отчет при калибровке (5632 ± 1).

Так же вычисляется фазовый сдвиг в линии AB φ_{AB}, только вместо N_{MN} в формулу подставляется отсчет N_{AB}, полученный на активном сопротивлении, включенном в питающую линию. Этот фазовый сдвиг вычитается из значения, полученного по формуле (6.7):

$$\varphi_{вп} = \varphi'_{вп} - \varphi_{AB} = 0.03[(N_{MN} - N_{кал}) - (N_{AB} - N_{кал})] = 0.03(N_{MN} - N_{AB)}) \qquad (6.8)$$

В процессе работы выполняются повторные наблюдения (при обратном ходе по профилю). Точность измерений ΔU (p_k) оценивается по относительному расхождению первичных и повторных измерений. Средняя погрешность, как и в других методах сопротивлений, не должна превышать 5%. Точность измерений $\varphi_{вп}$ оценивается по абсолютному расхождению. Средняя погрешность измерений $\varphi_{вп}$ не должна превышать 0.15^0. Так же оценивается точность по контрольным измерениям, которые выполняются другим оператором. Повторные и контрольные наблюдения должны составлять не менее, чем по 10% от общего объема измерений. После окончания наблюдений на профилях измеряется фазовый сдвиг $\varphi_{вп}$ в питающей линии.

Результаты работ методом вызванной поляризации с фазовыми измерениями в виде графиков $\varphi_{вп}$ и $p_к$ и планов изолиний этих величин. Так как $\varphi_{вп}$ всегда отрицателен, а поляризующиеся объекты отмечаются увеличением модуля этой величины, чтобы характер графиков был аналогичен графикам η_k, измеренной в импульсном режиме, принято отрицательные значения $\varphi_{вп}$ откладывать по оси вверх.

Пример результатов фазовых наблюдений по методу вызванной поляризации с установкой срединного градиента размером 1000 м приведен на рис.6.15. Измерения выполнялись на частоте 0,3 Гц. Минимальное значение $p_к$ на профиле составляет около 50 Ом м. При их условиях параметр

$$p = (\frac{AB}{2})^2 \frac{f}{p_k} = 0.5^2 \frac{0.3}{50} 0.0015,$$

т.е. соответствует требованиям. Незначительное влияние индукционных эффектов подтверждается отсутствием положительных и близких к нулю значений $\varphi_{вп}$.

В западной части приведенного на рисунке фрагмента профиля, над дайкой гранитов, наблюдается высокие, 600-800 Ом м, значения $p_к$ и $\varphi_{вп}$ около -1^0. Восточный контакт дайки отмечается между пикетами 17 и 18 резким уменьшением $p_к$ и увеличением модуля $\varphi_{вп}$. Область пониженных значений кажущегося сопротивления протягивается на восток несколько дальше пикета 24. На этом участке $p_к$ составляет 50-100 Ом м, лишь в отдельных точках увеличиваясь до 130-140 Ом м. Посредине между пикетами 24 и 25 $p_к$ возрастает до 200, а затем до 350 Ом м. В области пониженных значений кажущеюся сопротивления наблюдается повышенная поляризуемость горных пород- $|\varphi_{ВП}|$ здесь увеличивается до 2-3,5 градусов. Этот участок профиля сложен графитизированными породами игишской свиты. Область наиболее высокой поляризуемости мощностью около 50 м наблюдается на пикете 19. Здесь же отмечается и относительное понижение кажущегося сопротивления. Очевидно, этот участок сложен наиболее обогащенными графитом породами.

Обращает на себя внимание несовпадение восточной границы области повышенной поляризуемости и пониженного сопротивления. Контакт пород пониженного и высокого сопротивления, как уже указывалось, наблюдается между пикетами 24 и25. Поляризуемость же резко уменьшается сразу же за пикетом 23 и далее до конца профиля $\varphi_{вп}$ нигде не превышает 1%. Не вызывает сомнения, что контакт поляризующихся и слабо поляризующихся пород соответствует контакту графитизированных образований. Зона низкой поляризуемости и пониженного сопротивления мощностью 50 м в районе пикета 24, по-видимому, отмечает тектоническое нарушение, разделяющее игишскую и саитовскую свиты. Заметим, что относительное понижение $p_к$ наблюдается также около пикета 26. Можно предполагать, что им отмечается параллельная зона дробления того же тектонического нарушения.

Задание

1. Сделать питающее заземление, разложить провода и собрать питающую цепь (см. рис.6.14) .
2. Запустить генератор, установить необходимый режим его работы.
3. Выполнить калибровку измерителей.
4. Измерить фазовый сдвиг тока $\varphi_{вп}$ в питающей линии.
5. Выполнить измерения на указанных преподавателем профилях.
6. Оценить по повторным измерениям, а если выполнялись контрольные измерения – и по контрольным наблюдениям погрешность и сопоставить ее с требованиями Инструкции по электрораразведке.

7. Смотать питающую линию, снять заземления, собрать всю аппаратуру и оборудование и сдать их в лабораторию.

8. Построить графики и планы изолиний $\varphi_{вп}$ и $\rho_к$, выполнить их интерпретацию.

9. Составить текстовую часть отчета.

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)

При вертикальном электрическом зондировании в точке наблюдений изучается изменение удельного сопротивления горных пород с глубиной. Наиболее эффективен метод при изучении разрезов с пологими границами раздела. В этом случае при интерпретации выделяются слои, отличающиеся по удельному сопротивлению, определяются их сопротивления и мощности. Проведя площадные или профильные наблюдения, по этим данным можно построить структурные карты и разрезы. В случае крутопадающих контактов или трехмерных геологических тел по результатам ВЭЗ получается качественная характеристика разреза и появляется возможность разделения аномалий от глубинных объектов и приповерхностных неоднородностей.

Зондирование основано на том, что глубина проникновения электрического тока в землю увеличивается при увеличении расстояния между питающими заземлениями. При малом размере установки, меньшим мощности верхнего слоя, практически весь ток растекается в этом слое и кажущееся сопротивление равно истинному удельному сопротивлению слоя ρ_1. При увеличении разноса питающих электродов электрический ток протекает на все большую глубину. Поэтому на результаты измерения оказывают влияние нижележащие слои.

Результаты электрического зондирования изображаются в виде графика зависимости кажущегося сопротивления от размеров установки. Так как разносы АВ, а не редко $\rho_к$, в процессе одного зондирования изменяются на несколько порядков, кривую строят в логарифмическом масштабе. В этом масштабе все значения откладываются с одинаковой относительной точностью.

При малых разносах кривая ВЭЗ входит на асимптоту $\rho_к=\rho_1$. При достаточно больших размерах установки асимптотой является значение удельного сопротивления нижнего слоя. Если удельное сопротивление нижнего слоя на два порядка и более превышает удельное сопротивление вышележащего слоя, оно может полагаться бесконечно большим. В этом случае конечной асимптотой кривой ВЭЗ является прямая, наклоненная к осям координат под углом 45^0. Промежуточные отражаются в средней части кривой повышениями и понижениями $\rho_к$, соответственно сопротивлениям этих слоев.

Если на ряду с горизонтальными границами раздела на участке есть крутопадающие контакты или локальные тела, результаты ВЭЗ обычно представляют в виде вертикальной карты сопротивлений. Для этого на горизонтальной линии в нужном масштабе отмечают точки ВЭЗ, а по вертикальной оси вниз откладывают вниз размер установки. На полученной таким образом координатной плоскости отмечают точки, соответствующие разносу АВ для каждого ВЭЗ и около этих точек, вписывают

измеренные значения $\rho_к$. Затем проводят линии равных $\rho_к$. На построенной таким образом вертикальной карте изоом наглядно отображаются изменения удельного сопротивления среды как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

В вертикальном электрическом зондировании используется четырехэлектродная установка AMNB, в которой питающие электроды А и В, как и приемные N и M симметричны относительно центра установки (см. рис.1.2). При этом разнос MN должен быть не более AB/3, чтобы не захватывать приемной линией области резко неоднородного поля вблизи питающих заземлений. При очень малом по сравнению с АВ разносом MN измеряемая разность потенциалов мала, что затрудняет ее измерения. Поэтому обычно не делают разнос MN меньше, чем AB/20. В процессе работы разнос питающих электродов увеличивают приблизительно по закону геометрической прогрессии с коэффициентом 1.5.

Питающую линию монтируют из провода ГПСМП, а при малых разносах – из ГПСМПО. Реже для больших разносов АВ используют более тяжелый провод ГПМП, чтобы уменьшить потери напряжения. Для приемной линии обычно используется облегченный провод ГПСМПО. Установку монтируют в виде полулиний, которые сматываются на разные катушки. На проводах заранее устанавливают метки, соответствующие принятым разносом. Провода приемной линии, если их длина не велика (до десятков метров), на катушки не сматывают, а разбрасывают около пикетов виде петли, которую в процессе зондирования вытягивают по мере необходимости.

Так как при малых разносах АВ размер приемной линии приходится изменять достаточно часто, удобно смонтировать провода для нескольких приемных линий в виде косы и сразу подключить все приемные заземления. Тогда оператор сам устанавливает нужный ему размер приемной линии путем подключения соответствующих проводов.

Перед началом зондирования катушки с проводами питающей линии устанавливает по разные стороны от точки зондирования. Провода разматывают до первой метки, по которой устанавливают заземления для первого разноса АВ, так чтобы его средина совпала с пикетом. Таким же образом раскладывают около пикета измерительный прибор и источник тока. Выполнив измерения разности потенциалов ΔU и силы тока I в питающей линии, рассчитывают кажущееся сопротивление. Так как коэффициент установки меняется при каждом изменении разносов электродов, целесообразно коэффициенты установки для всех разносов рассчитать заранее. При работе методом ВЭЗ коэффициент симметричной установки наиболее удобно записать в виде

$$K = \pi \frac{(\frac{AB}{2})^2 - (\frac{MN}{2})^2}{MN} \qquad \textbf{(6.9)}$$

Выполнив замер, оператор или вычислитель командуют рабочим на заземлениях А и Б установить следующий разнос. Рабочие разземляют линию и взяв концы проводов разматывают провода до следующего разноса и снова забивают в землю

электроды и подключают к ним провода .Положение заземлений устанавливает рабочий на центре, наблюдающий за размоткой проводов и останавливающий их на очередной метке .

Затем снова проводятся измерение ρк, устанавливается следующий разнос и т.д.

Когда разнос питающих элементов АВ достигает 20MN, разнос приемных электродов увеличивают до одной трети разноса АВ. Чтобы можно было учесть возможное изменение

ρ_k^{MN} при изменении разноса приемной линии, производят измерения с обоими разносами MN при одном разносе АВ.Измерения с двумя разносами приемных электродов производят и при следующем разносе питающих заземлений , что позволяет контролировать качество измерений и более увереннно учитывать изменение ρmn.Так как при обоих разносах АВ размеры приемных линий M1N1 и M2N2 одинаковы , изменение ρmn в обоих случаях также одинаково .Поэтому отношение ρк при разносах M1N1 и M2N2 для обоих разносов питающих заземлений практически одинаково :

$$\rho_к^{m1n1} / \rho_к^{m2n2} \,\big|\, AB=A_1B_1=\rho_к^{m1n1}/\rho_к^{m2n2} \,\big|\, AB=A_2B_2=\rho_{m1n1}/\rho_{m2n2}. \quad (6.10)$$

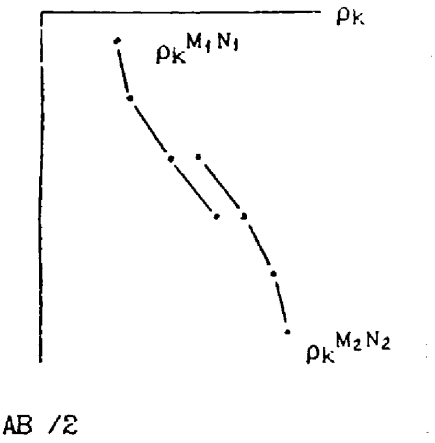


Рис.6.16. Поведение кривой зондирования при изменении разноса MN.

На кривой зондирования построенной в логарифмическом масштабе, отрезки, построенные для разных разносов приемных электродов , параллельны (рис. 6.16)

Степень параллельности перекрывающих отрезков кривой характеризует точность измерений. Чтобы следить за ходом кривой зондирования переход на следующий разнос АВ производится только после того, как точка для предыдущего разноса построена. При появлении на кривой незакономерных искажений измерения немедленно повторяются .При нарушении параллельности перекрытия повторяются все точки перекрытия .При выполнении повторных измерений следует забить глубже питающие электроды или увеличить их количество , чтобы изменить сопротивление заземлений .Точность измерений оценивается по относительному расхождению

результатов первичного и повторного измерений ρк. Это расхождение не должно превышать 5%. Количество повторных измерений должно быть не менее 5% от общего числа измерений.

Повторные измерения выполняются для оперативного контроля за качеством работ. Для более объективной оценки качества производятся контрольные измерения, которые выполняются другим оператором, в другое время и желательно с другим комплектом аппаратуры и оборудования. Оценка точности по контрольным наблюдениям и требования к точности те же, что при повторных измерениях.

Электрические зондирования можно выполнять как на постоянном, так и на переменном токе низкой частоты. При работе на постоянном токе в качестве измерительного прибора можно использовать электроразведочный автокомпенсатор АЭ-72 и ток в питающую линию подавать от батареи гальванических элементов или аккумуляторов или аппаратуру ЭРА-П, в состав которой входит и источник тока. При работе на переменном токе можно использовать аппаратуру низкой частоты АНЧ-3 или ЭРА-ЗНАК. Источник тока входит в комплект этих токов аппаратуры (рабочая частота 4,88 ГЦ)

Схемы соединений аппаратуры и оборудования при проведении ВЭЗ показаны на рис.6.17.

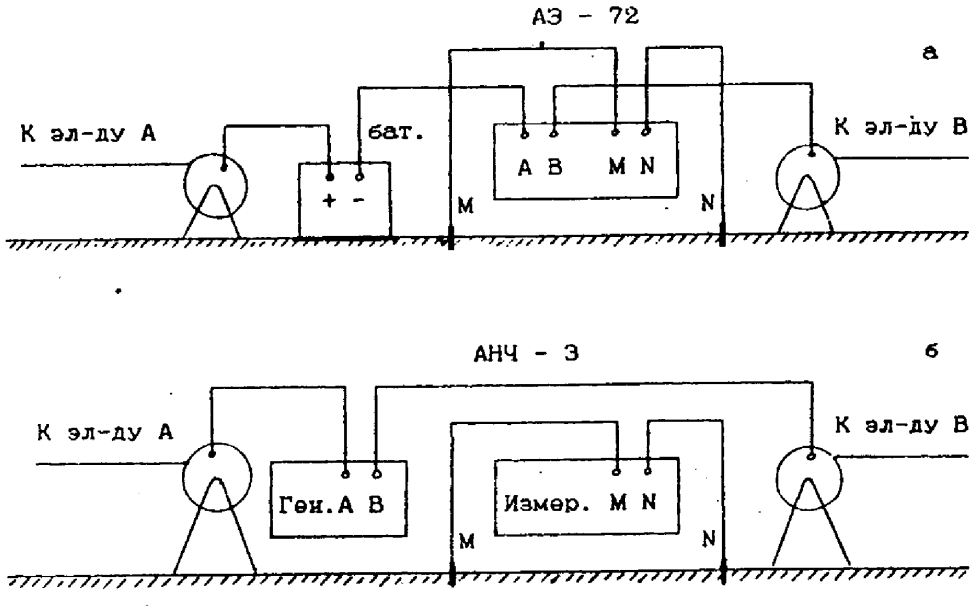


Рис.6.17. Схемы соединений аппаратуры и оборудования при электрическом зондировании: а- при работе на постоянном токе с автокомпенсатором АЭ-72; б- при работе на переменном токе или с аппаратурой ЭРА-П.

Если работы производятся на переменном токе, необходимо чтобы не было заметно влияния индукционных эффектов и электрическое поле практически не отличалось от поля постоянного тока. Мерой влияния индукционных эффектов и, как следствие, степени различия полей переменного и постоянного тока служит параметр

поля , определяемый формулой (6.6). При измерении ρк для выполнения условия идентичности полю постоянного тока необходимо, чтобы выполнялось условие $\rho \leq 0.02$.

На рисунке 6.15 приведена вертикальная карта изоом по данным ВЭЗ на том же профиле, на котором проведены наблюдения по методу вызванной поляризации. Зондирования выполнялись с ориентировкой установки по направлению профиля. Максимальный разнос питающих заземлений был 300м.Точки зондирования располагались на профиле через 50м. (на пикетах).

На вертикальной карте ρк субвертикальными изоомами , отметки которых уменьшаются с запада на восток между пикетами 17 и 18 отмечается восточный контакт дайки гранитов. Положение его хорошо согласуется с выделенным по графику ρк установки срединного градиента и по графику ρк дипольному профилированию. Восточнее дайки гранитов наблюдается область низких значений кажущегося сопротивлений, в пределах которой ρк при сужении разносов АВ почти не меняется. Этот интервал профиля сложен гранитизированными породами. В его пределах субвертикальными изоомами с отметкой 100 выделяются две зоны наиболее низких сопротивлений (на пикетах 18-20 и на пикетах 22), соответствующих, по-видимому, участкам наиболее обогащенным гранитом и наименее окварцованным. К востоку от пикета 24 изоомами с отметками 150и 200 четко фиксируется переход от области низких сопротивлений к высоким значениям ρк. На пикете 26 провалом изоом и распространением значений ρк меньше 150 Ом*м отмечается узкая вертикальная зона низких сопротивлений. Как указывалось выше, здесь, по-видимому, проходит восточная зона дроблений, принадлежащая тектоническому нарушению, разделяющую формации графитизированных пород игишской свиты и гнейсовидных образований саитовской свиты. Западная зона этого тектонического нарушения сливается с низкоомной зоной, связанной с породами игишской свиты и по сопротивлению, не выделяется. Как указывалось при описании результатов метода вызванной поляризации, восточный контакт графитизированных пород четко отмечается по уменьшению поляризуемости между пикетами 23 и 24.

На вертикальной карте изоом хорошо видно, что над гнейсовидными породами саитовской свиты развита достаточно мощная кора выветривания. Это следует из того, что при почти горизонтальном ходе изоом их отметки постепенно возрастают от 50 до 200 и более омметров. В меньшей степени кора выветривания выражена над гранитами. В области развития графитизированных пород кора выветривания на вертикальной карте ρк четко не выделяется.

Более отчетливо изменение сопротивлений пород с глубиной видно на кривых ВЭЗ (рис.6.18). Над гнейсовидными породами (пикет 28) после достаточно высоких значений при самых малых разносах АВ/2 кажущееся сопротивление убывает почти до 30 ОМ*м. Нижняя граница этого слоя , бесспорно соответствующего рыхлым приповерхностным отложениям , по данным интерпретации находится на глубине чуть больше одного метра. Высокие значения ρк при самых малых разносах объясняются аэрацией верхней части рыхлых отложений мощностью 10-20 см. После минимума при

АВ/2≈1.5м. ρк постепенно растет,образуя коленообразный перегиб при средних разносах , по которому выделяется слой коры выветривания мощностью около 20м с удельным сопротивлением порядка100 ом*м. В нижней части кривой ρк быстро возрастает, стремясь к асимптотике, наклоненной под углом близким к 45°, фиксируя таким образом переход к свежим высокоомным породам. Аналогично ведет себя кривая зондирования на пикете 24, расположенной над западной зоной тектонического нарушения. Но у этой кривой соответствующий коре выветривания растянут, так что кривая здесь идет параллельно оси разносов, и удельное сопротивление ниже и равно всего 50 ом*м. После АВ/2 больше 70м наблюдается резкий рост ρк и кривая выходит на асимптоту, наклоненную под углом, близким к 45°. Таким образом, здесь на глубине также отмечается наличие плохо проводящих пород, но область пониженных сопротивлений распространяется до глубины 80м. Очевидно, это связано с развитием вдоль тектонического нарушения линейной коры выветривания.

Совершенно иной характер имеет кривая зондирования над графитизированными породами (пикет 22). Здесь при разносах АВ/2 до 10м кажущееся сопротивление практически не меняется и равно примерно 100 ом*м. После АВ/2=10м ρк убывает до 40-50 ом*м на больших разносах. Некоторое повышение ρк при малых разносах питающих заземлений связано с особенностями графитизированных пород, у которых при выветривании удельное сопротивление повышается (разрушаются связи между зернами графита).

Результаты наблюдений по методам ВЭЗ и ВП обобщены в геоэлектрическом разрезе, приведенном на этом же рис.6-15. Здесь же показан для сопоставления геологический разрез, построенный по геологической карте. На разрезе видно несовпадение восточного контакта дайки гранитов по геофизическим и геологическим данным, упоминавшееся при описании результатов дипольного профилирования. Вторым моментом, уточняющим геологическое строение участка, является сложное строение разделяющего свиты тектонического нарушения. По данным электроразведки общая мощность тектонической зоны на рассматриваемом профиле около 350м, и она состоит по крайней мере из двух зон дробления, разделенных свежих пород. По этим зонам развивается линейная кора выветривания.

Задание

1. Включить комплект аппаратуры и оборудования. Проверить работоспособность аппаратуры и исправить оборудования.

2. Выполнить электрические зондирования на указанных преподаватель точках (ориентированная дневная норма 5 точек при максимальном разносе *AB*/2=150 м). В процессе зондирования выполнить в необходимом количестве повторные измерения. Одновременно с измерениями вычислять pk для каждого разноса и строить кривые зондирования.

3. Оценить по повторным измерениям, а если выполнялось контрольное зондирование – и по контрольным измерениям полученную точность и сопоставить ее с требованиями Инструкции по электроразведке.

4. Проверить исправность аппаратуры и оборудования и сдать их в лабораторию. В случае обнаружения неисправностей выполнить необходимый ремонт.

5. Выполнить количественную интерпретацию полученных кривых зондирования.

6. Построить по отработанной части профиля вертикальную карту сопротивлений и геоэлектрический разрез.

7. Составить текстовую часть отчета.

Отчетность о практике

Отчетность о практике включает индивидуальную, бригадную и групповую части. Индивидуальная отчетность заключается в составлении каждым студентом письменного отчета о практике. Содержание отчета будет приведено ниже. Бригадная отчетность включает в себя оформленные в соответствии с требованиями Инструкции по электроразведке /1/ полевые журналы, графики и планы, построенные по результатам наблюдений, с элементами их интерпретации. Содержание графических материалов указано в задании по каждому методу. Отчеты и бригадные материалы составляются в день проведения работ соответствующим методом и сдаются на проверку на следующий день. Групповые графические материалы составляются в день заключительной камеральной обработки. Они представляют собой сводные графики и планы, построенные по результатам наблюдений всех бригад и результаты их интерпретации. Сводные графические материалы вычерчиваются на ватмане и оформляются, как демонстрационные чертежи.

Текст отчета состоит из введения, отчета о работе каждым из включенных в программу практики электроразведочных методов и заключения.

Во введение указываются место и время прохождения практики, фамилии преподавателей, руководящих практикой. Далее дается краткое геологическое описание участка работ и характеристика электрических свойств горных пород, слагающих участок. На основе этого описания следует сделать выводы о том, какие горные породы могут быть разделены по удельному сопротивлению и поляризуемости, могут ли на участке появиться аномалии естественного поля.

При описании каждого метода указывается его принцип и решаемые им геологические задачи. Затем конкретизируются задачи, которые могут быть решены этим методом в условиях участка. Приводится схема электроразведочной установки, указываются ее параметры, сеть наблюдений и способ их представления. Указывается способ оценки точности работ, и полученная точность сопоставляется с требованиями Инструкции по электроразведке. Описываются полученные результаты и их интерпретация.

В заключении даются совместные описания и интерпретация результатов работ всеми методами по сводным графическим материалам. Здесь же могут быть высказаны впечатления о практике и предложения об улучшении ее организации.

Завершается практика собеседованием о методике и технике электроразведочных работ и о полученных результатах.

Библиографический список

1. Инструкция по электроразведке / М-во геологии СССР. – Л.: Недра, 1984.
2. Матвеев Б.К. Электроразведка: Учебник для вузов. – 2-е издание, переработанное и дополненное – М.: Недра, 1990.
3. Редозубов А.А. Комплект лекций по электроразведке. Ч. 1. – Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1994.
4. Якубовский Ю.В., Рениру И.В. Электроразведка: Учебник для вузов – 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Недра, 19991.

Глава 7

Магнитометрия

Г. Я. Дементьев

7.1. Задачи

Полюшко, поле,
Полюшко, магнитно поле.
Вспашешь полюшко прибором,
Явит полюшко Алмаз.

В. Филатов, выпускник СГИ 1971 г.

Учебно-методическая практика по магниторазведке является прямым продолжением теоретического курса и практикума по изучению физических основ и материально-технической базы метода. Практика имеет целью выработки у студентов навыков по применению магниторазведки в полевых условиях.

Основной задачей практики является освоение методики полевых работ и способов получения материалов в виде, удобном для решения геологических задач. В соответствии с этим составными элементами практики являются:

−предполевая подготовка аппаратуры;

−проведение полевых работ по методике, применяемой производственных условиях;

−камеральная обработка результатов измерений;

−составление отчетных материалов.

Основной объем работ выполняется с применением современной аппаратуры – протонных магнитометров типа ММП-203.

Область применения магниторазведки очень широка. Магнитные измерения используются в археологии, при решении проблем экологии, при прогнозе землетрясений и т. д. Но основной областью применения магниторазведки является геология. Метод используется при тектоническом и металлогеническом районировании, при геокартировании и поисках, при разведке обнаруженных месторождений многих полезных ископаемых, наконец, при планировании добычных работ на действующих горнодобывающих предприятиях.

Практическая область использования и целевая направленность метода определяются геологическим заданием. С учетом геологического строения района Верхней Сысерти, временем, отводимым на практику, магниторазведочные работы будут проводиться по направлению «Геологическое картирование".

7.2. Физико-геологические предпосылки

Приступая к выполнению полевых магниторазведочных работ, необходимо иметь предварительное представление о том, какие геологические объекты могут быть выявлены и изучены этим методом. Для этого следует помнить основные положения теории метода, которые определяют содержание физических предпосылок к его применению. Одно из таких положений состоит в том, что инструментом, средством изучения геологической среды в магниторазведке является магнитная аномалия. Каждая аномалия создается массивом намагниченных горных пород.

Геологическая среда намагничивается главным магнитным полем планеты. Но по причине различия индивидуальных свойств разные горные породы одним и тем же

полем намагничиваются по-разному. Поэтому создаваемые ими магнитные поля или магнитные аномалии также будут различаться. И в этом случае по распределению магнитных аномалий можно будет судить о расположении различных горных пород на территории исследований. Так, массивы сильномагнитных пород будут отмечаться положительными аномалиями; над массивами слабомагнитных пород будет пониженное аномальное поле или даже отрицательные аномалии. Из сказанного следует, что еще одним важнейшим положением, представляющим необходимое условие для применения магниторазведки, является различие горных пород по намагниченности. Напомним, что достаточно представительной оценкой намагниченности горных пород является такой их параметр, как магнитная восприимчивость.

Помимо физических предпосылок, упомянутых выше, на распределение магнитных аномалий влияет ряд особенностей геологического строения района. Так, например, если магнитный объект (например, дайка диабаза) имеет малую видимую мощность, то и создаваемая магнитная аномалия будет очень узкой в плане и по этой причине легко может быть пропущена при наблюдениях с магнитометром. Из-за малой мощности выявление даже сильно магнитного объекта становится проблематичным.

Важной геологической предпосылкой является глубина залегания геологических тел. Чем глубже залегает намагниченный объект, тем слабее ощущается его аномальное влияние на дневной поверхности. Для объектов небольшой видимой мощности влияние глубины залегания на успех съемки может проявляться еще более резко.

Значение имеет и характер залегания. Так, горизонтально залегающий намагниченный пласт даже при значительных размерах создает очень слабый аномальный эффект. Поэтому применение магниторазведки при изучении горизонтально-слоистых разрезов мало эффективно. Более благоприятно наклонное или вертикальное залегание объектов.

В районе практики магниторазведка используется в помощь геологическому картированию, значит, по магнитным данным должны быть внесены уточнения и коррективы в результаты геологических наблюдений. Это относится к уточнению расположения на территории работ массивов различного состава, к уточнению их размеров и формы в плане. Измерениями магнитного поля вся площадь охватывается равномерно. Это позволяет более детально проследить в плане протяженные контакты пород, отдельные слои или их комплексы и т. д.

Приступая к практике по магниторазведке, каждый студент должен изучить физико-геологические предпосылки для применения метода в данном районе с целью геокартирования и составить соответствующий раздел в своем отчете. Для подробного ознакомления с геологическим строением района необходимо использовать геологическую карту масштаба 1:10000, методические указания по геологии района, материалы геологической экскурсии. Также должны быть использованы данные о магнитных свойствах пород района.

7.2. Аппаратура

Приступая к работе с аппаратурой, необходимо предварительно уточнить ряд основных положений, основываясь на знаниях, полученных в процессе практический занятий в лаборатории магниторазведки. К числу этих положений относится:

- назначение магнитометра;
- принцип действия и основные элементы конструкции магнитометра.

В назначении прибора необходимо отметить суть измеряемого элемента геомагнитного поля и его обозначение символом, принятым в магниторазведке (ΔZ, T и т. д.).

7.3.1. Порядок наблюдений с магнитометром ММП

Перед началом измерений необходимо усвоить и далее неукоснительно выполнять порядок наблюдений с магнитометром ММП-203.

1) Магнито-чувствительный прибор (МЧП) располагается над точкой измерения с соблюдением необходимой ориентировки. Для ММП-203С ориентировка выполняется с помощью черты на МЧП, направляя эту черту на север (глазомерно). Для ММП-203Д операция выполняется путем ориентировки оси цилиндрического корпуса МЧП в широтном направлении (также глазомерно).

2) Кратковременным нажатием на кнопку "Пуск" оператор запускает в работу измерительный цикл; после нажатия кнопки примерно через 2 секунды на табло появляется отсчет – пятизначное число, которое характеризует величину модуля вектора индукции T геомагнитного поля в нТл.

3) Записав отсчет, оператор переходит на следующую точку.

На табло магнитометра помимо отсчета высвечивается сервисная информация в виде символов "С" и "–". Символ "'С" отражает прохождение сигнала прецессии. Быстрое исчезновение (мелькание) этого символа свидетельствует о срыве сигнала. Одной из причин срыва на исправном приборе может быть высокая градиентность поля. В этом случае оператор должен отойти от занимаемой точки на расстояние 5 или 10 м снова взять отсчет, отметив в журнале величину и направление своего смещения от аномальной точки. Если при смене места наблюдения мелькание символа "С" остается, то причина – в нарушении электрических соединений, скорее всего в разрыве контактов штепсельных разъемов. Последнее- есть следствие неаккуратного обращения с прибором.

Символ «–" отражает качество питания. Если после нажатия кнопки "Пуск" символ "–" гаснет, это свидетельствует об израсходованности батарейного питания и необходимости его замены при первой возможности. Повышенный расход питания также может служить причиной срыва сигнала.

7.3.2. Предполевая подготовка магнитометров. На производстве очень серьезное, даже придирчивое внимание уделяется работоспособности измерительной аппаратуры. Перед началом полевых работ все магнитометры в обязательном порядке проходят предполевую подготовку. Ее цель – установить соответствие параметров работы каждого экземпляра прибора тем техническим характеристикам, которые установлены для данного типа аппаратуры, а также, если необходимо, экспериментально определить численные значения отдельных параметров. Кроме предполевой подготовки техническое состояние аппаратуры периодически проверяется и в ходе полевых работ.

В процессе методической практики предполевая подготовка магнитометров также должна быть выполнена, хотя и по несколько сокращенной программе. Предполевая подготовка магнитометра ММП-203 имеет целью, прежде всего, проверку соответствия данного экземпляра прибора тактико-техническим данным, установленным для этого типа измерителей. Из основных характеристик ММП-203 отметим следующие:

- средняя квадратическая погрешность единичного измерения не должна превышать ±1 нТл;
- отклонение МЧП от номинальной ориентировки допускается в пределах ±30°.

Для выполнения работы МЧП магнитометра укрепляется на шесте высотой не менее 1 метра. Крепление МЧП должно обеспечивать неизменность его положения в плане и по высоте. Пульт от МЧП относится на длину соединительного кабеля. Ориентировка МЧП уточняется с помощью компаса (исходная ориентировка).

Для оценки среднеквадратической погрешности при неизменном положении прибора выполняется 20 измерений, результаты которых записываются в нижеследующую таблицу:

Таблица 7.1

Таблица определения среднеквадратической погрешности магнитометра ММП-203 №…

Дата, бригада (№ и состав)

№ п/п	Показания прибора T'	δ	δ^2
1	2	3	4
1			
2			
…			
20			
	$T_{ср}$		$\Sigma\delta^2$

Все 20 отсчетов T' берутся друг за другом без ненужных остановок. Каждый из них характеризует величину поля Т в точке, но одновременно любой из результатов осложнен некоторой случайной погрешностью δ, т. е. отсчет по прибору представляется как $T' = T + \delta$. По 20 определениям находится среднее значение

$$\sum_{1}^{20} \delta^2 \qquad (7.1)$$

Выполняя суммирование полученных данных, имеем Σδ. Учитывая случайный характер величины δ, сумма Σδ→0, а Тср оказывается величиной наиболее вероятно соответствующей отметке поля Т в точке установки МЧП.

Таким образом, с большей степенью надежности

Тср=Т.

Разность Т′- Тср=δ отражает величину погрешности, осложняющую каждый из отсчетов. Далее вычисляется δ2 и находится. Среднеквадратическая погрешность m определяется как:

$$m = \pm\sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}}, \qquad (7,2)$$

где n –число измерений поля; в таблице n=20. Если полученная погрешность $m \le 1нТл$, то это означает, что данный экземпляр прибора находится в удовлетворительном состоянии и может быть использован для измерений. Таблица по определению m представляется в отчете, как бригадное приложение № 1.

Следующая поверка направлена на оценку азимутальной погрешности и связана с тем, что ориентировка МЧП при измерениях выполняется глазомерно. При выполнении операции положение МЧП в плане и по высоте должно оставаться неизменным. Меняется его ориентировка. МЧП необходимо повернуть вокруг вертикальной оси к востоку на 300 (азимут 300). В этом положении измерителя необходимо последовательно взять десять отсчетов и вычислить среднее значение. Обозначим его Т30ср. То же самое необходимо проделать, повернув МЧП на 300 к западу (азимут 330) Т-30ср. Все результаты заносятся в ниже следующую таблицу, которая представляется в отчете как бригадное приложение № 2.

Таблица 7.2

Таблица определения азимутальной погрешности магнитометра ММП-203 №…
Дата, бригада (№ и состав)

№ п/п	Показание прибора *T*, нТл	
	Азимут 30°	Азимут 330°
1 2 10		
	$T_{ср}^{30}$	$T_{ср}^{-30}$

Средние значения Тср30 и Тср-30, полученные при ориентировках в азимутах 30° и 330°, сравниваются с величиной Тср, которая получена при номинальной ориентировке (азимут 00). Если разности (Т ср - Тср30) и (Т ср - Тс-р30) не превышают 1 нТл, это означает, что данный экземпляр прибора удовлетворяет техническим условиям на ориентировку МЧП при полевых измерениях.

В заключение необходимо проверить влияние на показания прибора расстояние между МЧП и пультом. Для этого, не меняя исходной установки МЧП, взять 10 отсчетов, каждый раз меняя на 5-10 см расстояние между МЧП и пультом.

Третья поверка выполняется для выявления аппаратурной погрешности ΔТап. Ее определение становится особенно актуальным в том случае, если магниторазведочные работы на площади исследования проводятся несколькими приборами. Необходимость этой поверки обусловлена следующим: каждый экземпляр прибора смонтирован на реальной элементной базе, ее функционирование протекает в определенных допусках, и поэтому в электронной части разных экземпляров приборов прохождение сигналов отличается некоторым своеобразием.

Для выполнения этой проверки на местности в спокойном магнитном поле разбивается профиль длиной 100 метров, на котором точки наблюдения располагаются с шагом 5 метров (всего 21 точка). Каждая бригада со своим магнитометром проводит измерения по всем точкам, в прямом и обратном направлениях. Затем, для каждой точки по двум измерениям, вычисляется среднее значение поля Т. Эти результаты сравниваются с аналогичными данными, полученными эталонным магнитометром, и для каждой точки вычисляется разность между значениями Т, определенными

испытуемым и эталонным магнитометрами. Из полученных 21 значений таких разностей вычисляется средняя величина, которая и представляет аппаратурную поправку ΔТап к показаниям испытуемого магнитометра по отношению к эталонному магнитометру. В качестве эталонного выбирается тот прибор, для которого в ходе выполнения первой поверки получена наименьшая величина среднеквадратической погрешности. В производственных условиях в качестве эталонного следует выбрать магнитометр, работа которого была сопоставлена с показаниями аппаратуры магнитных обсерваторий.

7.4.Полевые измерения

Выполнив предполевую подготовку аппаратуры, студенты приступают к полевым измерениям. В процессе их выполнения каждый студент должен освоить все элементы методики работ, обеспечивающих качественное измерение магнитного поля по всей территории исследования. Применительно к условиям учебно-методической практики, методика магниторазведочных работ включает следующие элементы.

-наблюдение на рядовых пунктах;
-контрольные измерения;
-измерение вариаций;
-топо-геодезические работы.

7.4.1 Рядовая сеть – это систематизированная совокупность множества точек, измерения поля в которых выполняются для решения поставленной геологической задачи. Рядовая сеть – важнейший элемент методики. Этой сетью равномерно и с необходимой густотой покрывается вся территория исследований. Измерения, выполненные по рядовой сети, позволяют выявить распределение магнитных аномалий, которые затем используются для выявления и изучения геологических объектов. Таким образом, создание рядовой сети напрямую связано с характеристикой геологических объектов, подлежащих изучению.

На местности рядовая сеть представляет систему параллельных профилей с расстоянием между ними Δy. По профилям с равномерным шагом Δx располагаются точки наблюдений. Обе величины Δy и Δx являются параметрами рядовой сети, ее размером.

Профили рядовой сети на местности прокладываются вкрест преобладающего простирания горных пород. Размер рядовой сети непосредственно увязан с размерами изучаемых геологических объектов. В тесной однозначной связи находятся размер рядовой сети и масштаб съемки. Так, если Δy=100 м, то масштаб съемки 1:10000. Справедливо и обратное соотношение; например, для масштаба 1: 50000 Δy=500 м. В магниторазведке действует правило – отношение Δy к Δx не должно превышать 10. Только в этом случае магнитная съемка считается площадной, и ее результаты могут быть использованы для построения карты аномального поля. Если расстояние Δy превышает 10Δx, то съемка считается профильной, а по ее результатам построение карты изодинам не допускается.

Измерения по рядовой сети выполняются по однократной схеме, т.е. в каждой точке измерение поля магнитометром проводится один раз.

7.4.2. Контрольные измерения выполняются с целью определения погрешности рядовых наблюдений. Проводятся выборочно, их объем составляет 3-5% от объема рядовой сети. Контрольные измерения должны выполняться независимо, что означает проведение этих измерений в другое время, другим прибором и другим оператором. Контроль также выполняется по схеме рейса, продолжительность которого такая же, как у рядового

рейса. Наиболее представительным является секущий контроль, когда контрольным рейсом охватываются точки, первичные измерения в которых выполнялись в разных рядовых рейсах.

По результатам контрольных измерений образуется некоторое количество рядовых точек, в каждой из которых имеется по два определения поля – в первичном и контрольном рейсах. Сходимость этих результатов характеризует качество измерений поля по рядовой сети.

7.*4.3. Измерение вариаций* необходимо для устранения их влияния на результаты полевой съемки. Основные источники этих вариаций внешние, связи с геологическим строением они не имеют, но на показания магнитометров влияют непосредственно. При решении геологических задач вариации поля создают мешающее влияние и поэтому из результатов измерений должны быть исключены. Чтобы исключить их надо знать, вследствие чего возникает необходимость измерения вариаций. Для этой цели используются МВС. Магнитовариационная станция (МВС) измеряет магнитное поле во времени, поэтому точка ее установки остается неизменной в течение всех полевых работ. Однако поле вариаций неоднородно, и на больших площадях (многие сотни, тысячи кв. км.) приходится использовать несколько МВС, увязывая их работу между собой.

Точка установки МВС выбирается в малоградиентном поле. Должны быть приняты меры к стабилизации температурного режима станции, защита ее от погодных влияний и от мешающих влияний каких-либо металлических масс. МВС работает в автоматическом режиме, ее показания фиксируются через заданный интервал времени. Так, при съемках средней точности этот интервал составляет 5 минут.

На производстве нередко вместо специальной МВС используется обычный полевой магнитометр ММП-203, М-33, ММ-60, обслуживаемый одним оператором.

МВС включается до начала работы полевых магнитометров и прекращает измерения с окончанием их работы. В обязанность оператора МВС входит построение вариограммы по показаниям МВС за текущий день. Вариограмма строится в виде графика, по оси абсцисс которого откладывается время, а по оси ординат – показания МВС через заданный временной интервал.

7.4.4. Топогеодезические работы заключаются в разбивке на местности рядовой сети, начинается с выноса на местность планового положения магистралей, с которых затем задаются и прокладываются профили рядовой сети. Прокладка ведется по азимуту, заданному в проекте (вкрест геологического простирания) с помощью теодолита, буссоли или вешением. По проложенным профилям с помощью мерной ленты (шнура) производится разбивка пикетажа с заданным шагом Δx.

Топогеодезическое обеспечение охватывает, также, закрепление на местности пунктов рядовой сети, определение их координат, геодезическую привязку всей сети наблюдений, определение фактического положения профилей, вынос их на топооснову.

7.4.5. Микромагнитная съемка – это специфический вариант проведения магнитной съемки, направленной на изучение мельчайших особенностей магнитного поля. Такие особенности обычно связаны с неравномерным распределением ферромагнитных минералов по объему горных пород, что может быть использовано для некоторых геологических построений. Например, изучение трещиноватости, флюидальности и т.д. Наиболее широкое применение эта съемка нашла при детальном картировании пород, покрытых немагнитными породами делювия мощностью 1-10 м. Магнитная съемка проводится по отдельным планшетам с применением густой сети наблюдений. В большинстве случаев форма планшета и форма сетки квадратная.

Размеры планшетов от 10 х 10 до 50 х 50 м. Размер сети 1 х 1, 2 х 2 м. и т. д. Съемка, как правило, выполняется с высокой точностью, погрешность измерений менее ± 5 нТл. Поэтому наблюдения ведутся короткими рейсами с привязкой к КП, который выбирается непосредственно вблизи планшета или в его границах. Отсчет на КП, завершающий очередной рейс, используется как начальный для следующего рейса. Высокая производительность работ с ММП-203 и сокращение продолжительности рейсов создает вполне приемлемые условия для учета даже быстротекущих вариаций. Однако при измерениях с погрешностью менее ± 1 нТл. применение МВС при микромагнитной съемке также становится необходимым.

7.4.6. Задание на выполнение полевых работ. Основной объем работ выполняется на участке "Северный". Площадь участка составляет 1,5 км2; его размеры – 2 км по широте и 0,75 км по меридиану. В пределах участка на местности разбивается 7 профилей с интервалом Δy=125 м. В соответствии с геологическими условиями ориентировка профилей широтная. Их нумерация ведется с юга на север и представляет следующую последовательность: III, IIIa, IV, IVa, V, Va, VI.

Южный профиль III и северный профиль VI проложены по просекам.

Пикетаж на профилях разбит через 50 метров; нумерация пикетов от 0 на западе до 40 на востоке. Указанная схема разбивки используется для выполнения наблюдений на площади различными геофизическими методами.

Магнитная съемка на участке "Северный" выполняется в помощь геологическому картированию масштаба 1:10000. Съемка выполняется протонными магнитометрами ММП-203, качество работ определяется среднеквадратической погрешностью ± 5 нТл. По результатам работ должна быть составлена карта изодинам ΔТ с сечением изолиний 10 нТл.

Общая схема расположения сетей на участке "Северный" показана на рис. 7.1.

Приступая к выполнению полевых измерений, бригада должна провести рекогносцировку на местности с тем, чтобы каждый студент четко представлял расположение в натуре участка, мог уверенно и быстро определять расположении всех съемочных точек. Каждая бригада на участке "Северный" выполняет измерения всех видов.

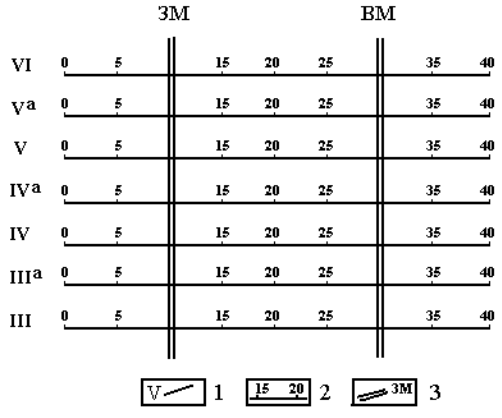


Рис. 7.1. Схема сети наблюдений на участке "Северный".

1 - рядовые профили и их номера; 2 – пикеты и их номера; 3 - магистрали (ЗМ - западная, ВМ - восточная).

Рядовая сеть. Для масштаба 1:10000 минимальное расстояние между точками наблюдения (шаг съемки) составляет 10 м (Δx=10 м.). Измерения с этим шагом будут использованы при построении карты изодинам ΔT масштаба 1:10000. Однако, учитывая сложность строения метаморфических комплексов в районе работ, наблюдения сразу будут проводиться с детализацией. Поэтому на участке “Северный” рядовая съемка будет проводиться с шагом 5 м. Для обозначения точек наблюдения на местности каждая бригада должна использовать мерный шнур длиной 50 метров, предварительно размеченный через 5 м. Шнур растягивается между пикетами профиля. На местности пикеты обозначены колышками с указанием номера профиля (в числителе) и номера пикета (в знаменателе). Например, пикет 18 по профилю V имеет обозначение V/18.

Проложив шнур, бригада ведет измерения с шагом 5 м. При этом в полевом журнале положение точек наблюдения отмечается следующим образом (пример):

V/18; V/18+5м.; V/18+10м.; V/18+15м.…V/18+40м.; V/18+45м.; V/19 и т.д Основной рейс по рядовой сети прокладывается между магистралями и начинается на одной магистрали (например, западной) и заканчивается другой магистрали (например, восточной). Концы профилей – от 30 до 40 пикета и от 10 до 0 пикета – по мере разбивки отрабатываются дополнительными рейсами. Рядовые измерения выполняются по однократной схеме.

На каждой точке записывается номер точки, время наблюдения и показание магнитометра. Конкретное задание на проведение рядовой съемки каждая бригада получает от преподавателя.

Фото 7.2. Наблюдатель Козлов Д. с магнитометром М-27(РФ-99-1)

Детализация. Выполняется для более детального изучения сложной аномальной зоны в восточной части участка “Северный”. Четыре детализационных профиля прокладываются на расстоянии по 50 м. к северу от профилей Va, V, IVa, IV. Протяженность всех детализационных профилей по 400 м (от пикета 32 до пикета 40). На отдельных участках выполняются разновысотные измерения поля.

Контрольные наблюдения так же выполняются рейсами и используются для определения качества измерений поля по рядовой сети. Объем контрольных наблюдений и расположение контрольного рейса для каждой бригады определяется по указанию преподавателя. Контрольные наблюдения, выполненные всеми бригадами, должны в сумме составлять 5% от количества всех рядовых измерений на участке работ.

Запись результатов всех видов измерений с магнитометром ММП-203 производится в полевом журнале. Форма этого журнала представлена в таблице 7.3.

В отчете этот полевой журнал представляется как бригадное приложение 3.

Таблица 7.3

Полевой журнал наблюдений с магнитометром ММП-203

Прибор №… Состав бригады…

№ точки	Время наблюдений	$T_{изм.}$, нТл	δT, нТл	$T_{исп.}$, нТл
1	2	3	4	5

В журнале 5 колонок. Колонки 1-3 заполняются в ходе полевых измерений. В колонках 4-5 ведется последующая камеральная обработка.

Каждый вид работ в журнале отмечается соответствующим заголовком с указанием даты измерений: “Детализация”, “Контрольные измерения”.

Измерение вариации. В процессе всех измерений, выполняемых с магнитометром ММП-203, должны наблюдаться вариации геомагнитного поля. В качестве МВС используется магнитометр ММП-203. С учетом требований, предъявляемых к месту установки, МВС располагается ежедневно в точке V/10. Регистрация вариаций должна начинаться до начала работы полевых магнитометров. В ходе работ оператор МВС должен вести запись вариаций с интервалом 5 минут. По результатам дневных наблюдений оператор МВС строит вариограмму.

Микромагнитная съемка. Этот вид работ завершает программу полевых магниторазведочных наблюдений. Работы ведутся на восточной окраине В.Сысерти в долине реки Сысерть на участке “Футбольное поле”. Съемка проводится на планшетах размером 50х50 м., по сети 2,5 х 2,5; количество точек измерения на планшете 441. Разбивка сети наблюдений осуществляется с помощью мерных шнуров длиной 50 м, предварительно размеченных с интервалом 5 м. Два таких шнура на все время измерений неподвижно закрепляются на западной и восточной границах планшета. Третий шнур располагается широтно и используется для обозначения профиля. После отработки очередного профиля шнур переносится на 2,5 м, параллельно самому себе. Таким образом, обозначается положение следующего профиля, и так далее. Интервалы в 2,5 м между двумя пятиметровыми метками определяются глазомерно.
На каждом планшете нумерация профилей - с юга на север, точек наблюдения –с запада на восток. Так, южный профиль на каждом планшете имеет номер 1, а северный – номер 21. На западном конце каждого профиля точка наблюдения имеет номер 1, а на восточном- номер 21.

Измерения выполняются рейсами; каждый рейс включает два профиля. Взяв в очередной раз отсчет на КП, оператор переходит, например, на профиль 14. В журнале после КП отмечается 14/1, 14/2, 14/3…14/20, 14/21. Не теряя понапрасну время, оператор переходит на соседний профиль, например 15. Измерения продолжаются: 15/21, 15/20,

15/19…15/5, 15/4, 15/3, 15/2, 15/1, КП. Рейс, таким образом, закончен, а заканчивающий этот рейс последний отсчет на КП может стать началом следующего рейса. Если же по окончании очередного рейса оператор делает перерыв, то с возобновлением работы необходимо вновь взять отсчет на КП.

Полигон микромагнитной съемки. На переднем плане Тягунова Я.(РФ-99-1)

7.5. Камеральная обработка результатов измерений

В магниторазведке для изучения геологической среды используются магнитные аномалии. Напомним, что по определению магнитная аномалия ΔТа есть разность между измеренным магнитным полем Т и его нормальным значением Т0:

$$\Delta Ta = T - T0 \qquad (7.3)$$

Инструкцией по магниторазведке для площадей, имеющих сравнительно небольшие размеры, допускается при определении аномалии использовать фоновое значение магнитного поля Тф. Фоновое значение отличается от нормального на некоторую постоянную величину, которая определяется как региональное влияние. Его источником является магнитное поле, создаваемое крупными и очень крупными массами горных пород, которые могут быть расположены даже за пределами площади съемки. В рассматриваемом случае аномалия ΔТа определяется так же, как разность между измеренным значением поля Т и фоновым значением Тф:

$$\Delta Ta = T - Tф \qquad (7.4)$$

Как следует из определения, магнитная аномалия не может быть измерена с помощью какого-либо магнитометра, а может быть только вычислена по результатам полевых измерений. Эти вычисления выполняются в ходе камеральной обработки. Таким образом, основная задача камеральной обработки – это определение магнитных аномалий по материалам полевых измерений. Также в процессе такой обработки в результаты полевых измерений вводятся необходимые поправки, направленные на достижение качества, требуемого при изучении распределения аномального поля на территории участка. Эти поправки определяются особенностями геомагнитного поля и методикой полевых работ.

Основные материалы, используемые для камеральной обработки, включают полевые журналы с записью показаний магнитометров и времени наблюдения на каждой точке, вариограммы МВС, схему отработки участка, материалы контрольных наблюдений. Кроме того, необходимы карта нормального поля Т0 и карта изопор.

7.5.1. Обработка результатов измерений на рядовых пунктах.

В полевом журнале для каждого измерения вносится поправка за вариацию δТ. Поправка для каждого пункта снимается с вариограммы согласно времени наблюдения на пункте и вводится в результат измерения поля с обратным знаком. Таким образом вычисляется исправленное значение поля Тисп :

$$Tисп = Tизм - \delta T, \qquad (7.5)$$

где Тисп- значение поля, исправленное за вариацию; Тизм- измеренное значение поля на пункте;δТ- поправка за вариацию.

В полевом журнале (см. табл. 7.3.) результат измерения поля Тизм записан в колонке 3. Поправка за вариацию δТ, снятая с вариограммы, записывается для каждого пункта в колонке 4. Величина поля, исправленного за вариацию Тисп, отмечается в колонке 5. Далее для обработки используются только исправленные значения поля – цифры из колонки 5.

На листе бумаги формата А4 строится схема каркасной сети участка “Северный”. Чертеж безмасштабный, имеет форму прямоугольника. Следующий шаг – определение нормального магнитного поля. На карте нормального поля Т0 по координатам наносится контур участка работ, и для всех его угловых точек по карте определяются значения нормального поля. Участок “Северный” имеет малые размеры и его положение на мелкомасштабной карте нормального поля может быть обозначено лишь точкой. Ее координаты (как северной окраины пос. В.Сысерть):

500 27' с.ш. и 600 45' в.д.

По этим координатам определяется для участка величина нормального поля Т'0 в эпохе карты. Найденное значение необходимо согласовать с годом проведения работ, для чего вводится поправка за вековой ход ΔТвх. Величина этой поправки определяется как произведение значения векового хода Твх на разность лет между годом проведения работ и эпохой карты нормального поля. Численное значение Твх определяется по карте изопор, для чего на эту карту по координатам также наносится положение участка. Для района В.Сысерти величина Твх составляет ± 12 нТл/год. Знак (+) показывает, что каждый год нормальное магнитное поле в заданном районе увеличивается на 12 нТл. Определив величину и знак влияния вековой вариации, вычисляют значение нормального поля Т0 для участка, приведенное к году выполнения работ:

$$\mathbf{T0 = T0' + \Delta Tвх} \qquad \mathbf{(7.6)}$$

С учетом положений инструкции по магниторазведке дальнейшая обработка проводится по схеме, представленной в формуле (7.4). По материалам ранее проведенных рекогносцировочных работ величина поля в точке VI/10 соответствует уровню фона для участка “Северный”. Таким образом, находим, что согласно формуле (7.4) величина магнитной аномалии в точке VI/10 равна нулю (ΔТ=0), а численное значение Тф для участка равно отметке поля в этой точке.

В отчете обязательно должна быть указано величина ΔТвх и на сколько величина фона Тф, принятая при обработке, отличается от величины нормального поля Т0. Такая информация совершенно необходима для стыковки результатов работ выполненых на соседних площадях, проводимыми разными партиями и в разное время. Подобная цифра может быть определена путем сопоставления ранее найденной величины Т0 с отметкой поля в точке, где его величина соответствует уровню Тф. Такой точкой на участке “Северный” является пункт VI/10. Все бригады измеряли поле в этой точке. Результат каждой бригады, исправленный за вариацию, надо взять с учетом аппаратурной поправки ΔТап (см. поверку 3) и из всех таких определений вычислить среднее значение. Эта цифра будет наиболее верно отражать величину поля в точке VI/10 и, следовательно, величину фона на участке “Северный”. Остается определить разность Тф – Т0 и это число, показывающее отклонение фона от нормального поля, привести в отчете

Таблица 7.4

Журнал камеральной обработки

№ пк	t , час, мин.	$T_{изм}$, нТл	δT, нТл	$T_{исп}$, нТл	ΔTа , нТл
1	2	3	4	5	6
II Ia/30	13,10	55287	2	55285	100
I V/30	13,14	55263	3	55260	74
I Va/30	13,16	55296	6	55290	104
V /30	13,25	55301	1	55300	113
V a/30	13,31	55269	-1	55270	82
V I/30	13,40	55198	-2	55200	10

В таблице 7. 4. представлен фрагмент полевого журнала с разграфкой на 6 колонок. В примере приведен рейс по восточной магистрали участка “Северный”, опирающийся на пункты IIIa/30 в начале рейса и VI/30 в конце рейса. Целью измерений является определение величины магнитного поля в четырех точках внутри рейса. Первые три колонки заполнялись в ходе полевых измерений. Так, в колонке 3 приведено измеренное значение поля Тизм, полученное в каждой точке как среднее из трех последовательных отсчетов на табло прибора. Продолжительность рейса, как это следует из записей в колонке 2, составила 30 минут.

Камеральная обработка начинается с введения поправки за вариацию δТ в результаты измерений во всех точках рейса (в данном примере 6 точек).Величина поправки δТ определяется по вариограмме и записывается в колонке 4. Пример определения величины поправки показан на рис.7.2.,представляющий фрагмент вариограммы за тот день, когда выполнялся рассматриваемый рейс.

На рис. 7.2 криволинейный график изображает вариационные изменения поля Т по показаниям МВС. На графике жечками с номером показаны точки на вариограмме, соответствующие времени измерения на всех шести пунктах рейса. Так, например, точка 3 соответствует времени наблюдения на третьем пункте рейса, которым в данном примере является пункт IVa/30. В этот момент времени отклонение между вариационной кривой и базовой линией (Т мвс - Т нмвс) составило 6 нТл, поэтому величина вариационной поправки для пункта IVa/30 составила δТ3 = 6 нТл.

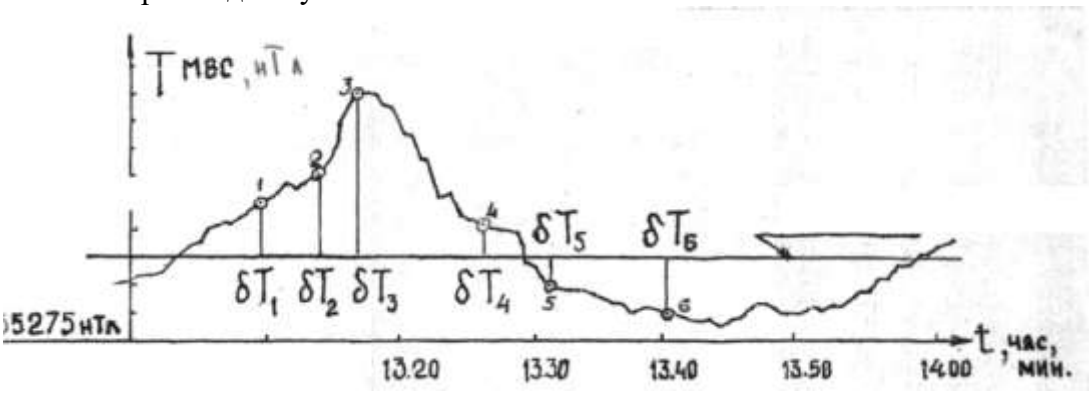


Рис. 7.2. Определение поправки за вариацию δТ.

В конце рейса (точка 6 на графике рис.7.2) отклонение между вариационной кривой и базовой линией зафиксировано в отрицательной области и числено равно 2нТл. Поэтому вариационная поправка для шестой точки рейса (а это пункт IV/30) составила δТ6 = -2 нТл. Величина вариационных поправок для всех точек рейса указана в колонке 4.

Отклонение между вариационной кривой и базовой линией может отмечаться как в положительной (точки 1-4), так и в отрицательной области (точки 5 и 6 на рис. 7.2). Отклонение в положительной области указывает на то, что вариационные колебания поля увеличивали все отсчеты, которые наблюдались в это время. Следовательно, значение поля, свободное от влияния вариации можем получить, вычитая величину вариационной поправки из результата показаний магнитометра. Если же отклонения фиксируются в отрицательной области, то это означает, что все отсчеты, полученные в это время, оказались заниженными за счет влияния вариаций. Поэтому значение поля, свободное от величины вариаций должно быть выше, чем отсчет на табло магнитометра. Следовательно, для таких моментов времени (точки 5,6 на рис. 7.2) величины вариационной поправки (соответственно δТ5 и δТ6) должны добавляться к результату измерения. Из этого примера следует, что поправка за вариацию, определенная по вариограмме, должна вводится с обратным знаком. После введения поправки получаем исправленное значение поля Тисп (формула 7.5). Результат записывается в колонку 5.

Для продолжения камеральной обработки рейса необходимо вычислить величину аномального поля

$$\Delta T_а = T_{исп} - Tф.$$

7.5.2. Обработка результатов контрольных наблюдений также выполняется по ранее описанной схеме обработки рейса.

7.*5.3. Оценка качества измерений по рядовой сети*.

Данные контрольных наблюдений позволяют получить по ряду точек рядовой сети по два значения поля. Одно из них получено в ходе первичного рейса, а второе – в ходе рейса контрольного. По этим материалам составляется ведомость контрольных наблюдений (табл. 7.5). Ведомость составляется бригадой по материалам контрольного рейса, выполненного этой бригадой. В колонке 1 ведомости записываются номера точек, в которых выполнялись контрольные измерения.

Таблица 7.5

Ведомость контрольных наблюдений на участке “Северный”.
Бригада…

№ ПК	$\Delta T_п$, нТл	$\Delta T_к$, нТл	d	d^2
1	2	3	4	5
n			Σd^2	

Поле в этих точках, полученное в контрольном рейсе (ΔТк) записывается к колонке 3. А в колонке 2 записываются значения поля, полученные в первичном рейсе (ΔТп). Затем для каждой точки определяется разность этих значений

$$\mathbf{d = \Delta Тп - \Delta Тк}$$

и результат записывается в колонку 4. В колонке 5 определяются квадраты разностей d2. Вычисляется сумма квадратов по всем точкам (по всей колонке 5). Результат Σd2 записывается снизу колонки.

В колонке 1 подсчитывается количество n проконтролированных точек; результат также подписывается снизу колонки 1. По этим данным вычисляется среднеквадратическая погрешность измерений поля на точках рядовой сети mpc в контрольном рейсе:

$$m_{pc} = \pm\sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}} \quad \textbf{. (7.7.)}$$

Для получения наиболее полной информации необходимо учесть материалы контрольных наблюдений, выполненных всеми бригадами. Поэтому каждая бригада к своим данным добавляет данные Σd2 и n от других бригад и вычисляет ΣΣd2 и Σn. Подставляя эти цифры в формулу (7.7), вычисляют среднеквадратическую погрешность измерений поля по рядовой сети в целом по участку работ “Северный”.

Все вычисления общей mpc и mc выполняются на нижнем поле листа, где представлена бригадная ведомость контрольных наблюдений. Этот лист представляется в отчете как бригадное приложение 10.

7.5.4. Обработка результатов микромагнитной съемки выполняется по той же схеме обработки рейса, но с некоторым упрощением. По причинам, изложенным ранее, учебные наблюдения на планшете микромагнитной съемки проводятся без МВС. Поэтому при обработке вычисления Δ Та ведутся непосредственно по Тизм.

Аналогично описанному выше для рядовой сети, ведется вычисление погрешности измерений при микромагнитной съемке. Величина погрешности определяется по формуле (7.7). Ведомость контрольных наблюдений микромагнитной съемки представляется как бригадное приложение 5.

7.6. Оформление результатов измерений

Результаты всех полевых измерений после их камеральной обработки должны быть представлены так, чтобы отчетливо и наглядно отобразить распределение аномального магнитного поля на участке работ. Только в этом случае возможно использование магниторазведочных данных для изучения геологической среды, для решения геологических задач. Практикой выработаны две формы представления результатов. Они взаимно дополняют друг друга и являются средством наиболее выразительного изображения картины распределения аномального магнитного поля на исследуемой площади. Это карта изодинам и карта графиков магнитных аномалий. Оба эти документа являются основными отчетными материалами по результатам полевых измерений. Они отражают картину поля по всей площади работ и составляются с использованием материалов всех исполнителей, всех бригад.

Все это в полной мере относится к работам на участке “Северный”. Поэтому и карта изодинам ΔТ, и карта графиков ΔТа по этой территории представляются как групповые приложения. Рассмотрим подготовку отчетных материалов по участку “Северный”.

7.6.1. Построение карты изодинам ΔТа. На производстве масштаб карты и масштаб съемки должны быть одинаковы. Для учебных целей это требование не совсем удобно. Отсутствие необходимого опыта у исполнителей по составлению таких серьезных документов заставляет еще более отклониться от практики составления карт, которая принята на производстве. Для участка “Северный” карта строится в более крупном масштабе, и работа начинается с создания черновика карты на миллиметровой бумаге. В масштабе 1:2000 по данным топопривязки строится схема профилей, отвечающая их реальному расположению на местности. На практике это называется нанесением фактического положения профилей на топооснову. Отдельными условными знаками отмечается с обоих концов профилей указываются их номера. На каждом профиле через некоторый постоянный интервал нумеруются пикеты; например, 5, 10, 15 и т. д. Все номера точек подписываются под линией профиля аккуратным мелким, но хорошо различимым шрифтом. Линии съемочной сети, вся цифровая информация наносится тушью или тонкой шариковой ручкой, но ни в коем случае не карандашом.

Ранее отмечалось, что для построения карты по участку точки наблюдения должны располагаться на расстоянии не менее 10 м. Поэтому на всех профилях точки наблюдения отмечаются через интервал 5 мм.

После подготовки основы каждая бригада выносит свои данные – это значения ΔТа из колонки 9 журнала (табл. 7.3 и 7.4). На карту из журнала выносятся цифры через одну (Δх = 10 м). В каждой точке карты цифры подписываются над профилем; направление надписей – перпендикулярно профилю. Надписи аккуратным мелким шрифтом (карандаш не использовать!). Работу удобно выполнять вдвоем – один диктует, другой пишет значения на карте ΔТа. На длинных профилях особенно важно постоянно контролировать ход работы. Например, считывая в журнале отметку поля на пикете с определенным номером, убедиться, что на карте эта отметка наносится именно на данном пикете. После вынесения всей цифровой информации можно приступать к выполнению основной части работы – проведен ию изолиний. В магниторазведке изолинии магнитного поля называются изодинамы. Сечение изодинам берется 3 m c.

По определению изолиния – это линия, соединяющая точки с одинаковых значений поляΔТа. Данное теоретическое положения могло быть рабочим правилом, если бы во всех точках значения поля были бы определены абсолютно точно. На практике абсолютно точных измерений не бывает. Поэтому проведение изолиний, согласно их теоретическому определению, представляется весьма жестким правилом, не учитывающим реальное положение дел. А реальность в том, что любое измерение выполняется с некоторой погрешностью. Так, на участке “Северный” определения аномального поля на точках рядовой сети выполнены с погрешностью ± m c (см. формулу 7.7). А это означает, что в любой точке рядовой сети, где в ходе работ определено значение поля ΔТ, истинное значение поля с большой степенью вероятности заключено в интервале

$$(\Delta T - m\,c) \le \Delta T \le (\Delta T + m\,c)\text{, нТл} \qquad (7.8)$$

Например, по результатам всех работ точность определений поля составила m c = ± 10 нТл. Пусть в некоторой точке величина аномалии определена как ΔТа = 93 нТл. С учетом формулы (7.8) истинное значение заключено в интервале от 93 до 103 нТл.

Следовательно, через эту точку с достаточным основанием можно провести изодинаму с отметкой 100 нТл. Из примера и из формулы (7.8) следует, что каждая изодинама проводится в полосе значений от - m c до + m c . Ширина полосы, таким образом, составляет 2 m c - две погрешности съемки и тем уже, чем выше точность измерений. С учетом сказанного выше для практической работы может оказаться более целесообразным рассматривать изодинаму как границу, отделяющую область с одним уровнем значений от области с другим уровнем значения поля. Немалую помощь в проведении изодинам может оказать обращение к карте графиков поля.

На участке “Северный” измерения выполнялись по прямоугольной сети ($\Delta y > \Delta x$). Выбор формы сети определяется тем, что геологические объекты в районе в подавляющем большинстве своем имеют вытянутость в субмеридианальном направлении. Если принять, что распределение аномального магнитного поля отражает распределение геологических тел, то субмеридианальная вытянутость аномалий должна быть преобладающей. Из этого очевидного утверждения вытекают два важных для практики положения. Одно из них касается спорных участков, где густота сети оказывается недостаточной для уверенной ориентировки изолиний – по отметкам поля в имеющихся точках возможны разные варианты ориентировки изодинам. В этих спорных случаях как более оправданный принимается вариант ориентировки согласно простиранию.

Другое положение также касается ориентировки изодинам на карте. Особенно оно актуально для прямоугольных сетей. Суть его в следующем. Если изодинама (или изодинамы) вытягивается вдоль какого-либо профиля, то к геологии это отношения не имеет, а является результатом грубых ошибок. Именно так на практике подходят к оценке подобной картины, и в подавляющем большинстве случаев такая оценка оказывается справедливой. Убедиться в отсутствии ошибок в записи чисел. Затем следует просмотреть полевой материал и убедиться в соблюдении необходимых требований при выполнении соответствующего рейса. Убедительные доказательства справедливости странной картины поля могут быть получены лишь по результатам контроля в секущем рейсе.
Работа по построению изодинам ведется под руководством преподавателя,и составление черновика карты изодинам считается законченным, когда сняты все спорные вопросы или неясные вопросы. После этого карта копируется на лист формата А1. Копируется все содержание черновика за исключением массива отметок поля. Вположительных полях изображаются сплошными линиями, а в отрицательных – пунктиром. Изодинама с нулевой отметкой показывается штрих пунктиром.

Далее выполняется раскраска карты и ее зарамочное оформление. Положительные аномалии закрашиваются синим цветом, отрицательные – красным цветом. В обоих случаях интенсивность окраски усиливается с увеличением отметок изодинам. Для этого составляются интервалы тональности, которые затем обозначаются в шкале раскраски. Поле в интервале от первой отрицательной изодинамы до первой положительной окрашивается в желтый цвет. Лучший способ раскраски - отмывка карты анилиновыми, акварельными красителями или гуашью. Раскраску можно выполнить и карандашом; для этого грифель измельчить в тонкий порошок, а раскраску вести ватным тампоном. Чтобы карта смотрелась достаточно хорошо, раскраску следует вести в пастельных тонах. Над рамкой карты указывается ее название, масштаб, год и составитель:

Карта графиков ΔTa
участок “Северный”
м-б 1:2000

1см – 20 нТл
2000 год гр. РФ-97- 3

На нижнем поле показывается линейный масштаб и шкала раскраски. Остальное место отводится для условных обозначений. Пример карты изодинам ΔТа приведенных на рис.7.3.

7.*6.2.Построение карты графиков* ΔТа. Как и при построении карты, прежде всего, подготавливается топооснова с расположением всех профилей и остальных элементов сети. Основа также строится на листе миллиметровой бумаги в том же масштабе 1:2000. Учитывая детализационный характер измерений по профилям “Северного” участка, бригады выносят свои данные на профили с шагом 5 м (2.5 мм в масштабе чертежа). Масштаб по оси ординат 1см – 20 нТл. С учетом этого масштаба каждый результат из колонки 6 журнала откладывается соответствующим отрезком и обозначается точкой. Точки соединяются ломаной линией, представляющей график по профилю. Для очень больших значений ΔТа график поля может выходить за пределы листа. В этом месте график следует прервать и в месте разрыва графика цифрой указать величину поля.

Пример карты графиков ΔТа приведен на рис.7.4.

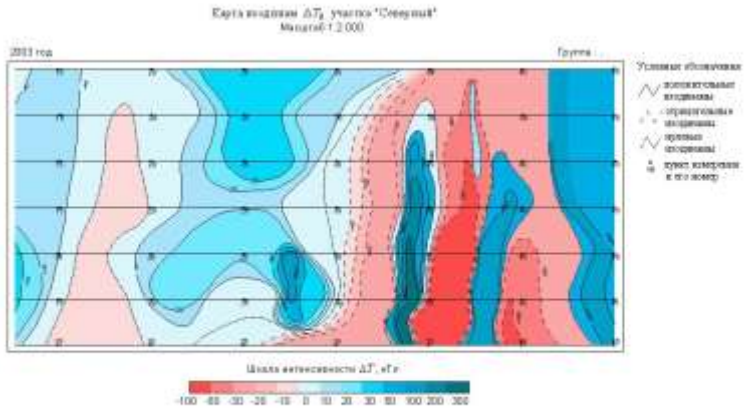


Рис. 7.4 Пример карты графиков ΔТа приведен

Результаты микромагнитной съемки каждой бригадой представляются в виде карты изодинам ΔТ по планшету микромагнитной съемки. Чертеж выполняется на миллиметровой бумаге в масштабе 1:250. В этом случае точки наблюдения располагаются по сетке 1х1 см. Во всем остальном работа аналогична составлению карты изодинам ΔТа по участку “Северный”. Название чертежа:

Карта изодинам ΔТа
Планшет микромагнитной съемки №
м-б 1:250
ММП-203 №

Данный чертеж является бригадным приложением 6. Пример карты графиков ΔТа приведен на рис.7.5.

7.7. Отчетность

Каждый студент самостоятельно составляет письменный отчет по итогам практики по методу. Такой отчет – это, прежде всего, технический текст. Для подобных работ основными свойствами должны являться целенаправленность, доказательность, лаконичность. Составление отчетной технической документации, напомним еще раз, является элементом учебы и наравне с другими разделами входит в программу учебно-методической практики.

В отчете студент представляет свое понимание всей системы организации работ, направленных на получение кондиционной картины распределения аномального магнитного поля, как основного средства изучения геологической среды с помощью магниторазведки. В отчете по учебной практике необходимо указать суть, а также дать обоснование необходимости той или иной операции, того или иного технологического приема. В тексте обязательны ссылки на графические приложения. Обращение к графике, органичное ее включение в текст позволяет заметно сократить объем отчета, повысить доказательность.

7.7.1.Содержание отчета. Отчет по магниторазведке включает пять разделов, введение и заключение.

Введение: указываются цели и задачи практики, временные рамки, целевая направленность измерений магнитного поля.

Физико-геологические предпосылки к применению магниторазведки.

2.Аппаратура.

2.1. Магнитометр ММП-203.

а - назначение магнитометра, принцип действия и главные элементы устройства;

б - порядок наблюдения на точке;

в - предполевая подготовка; основные операции, их смысл и назначение, техника выполнения.

3. Методика полевых работ.

3.1. Составные элементы методики.

3.2. Рядовая сеть; определение, назначение, выбор параметров, разбивка на местности, методика измерений.

3.3. Детализация восточной аномальной зоны.

3.4. Контрольные измерения; назначение, организация измерений.

3.5. Измерение вариаций : суть, назначение, организация измерений, оформление и использование результатов.

3.6. Топогеодезические работы: суть, содержание, техника выполнения.

4. Камеральная обработка результатов измерений.

4.1. Задачи камеральной обработки.

4.2. Камеральная обработка наблюдений по рядовой сети и контрольных наблюдений.

4.3. Определение погрешности выполненных наблюдений.

5. Оформление результатов измерений. Виды основных отчетных документов, правила и техника их составления и оформления.

В заключение указывается краткая характеристика полученных результатов, их геологическая отдача; выводы по итогам учебно-методической практики по магниторазведке.

К отчету прилагаются графические приложения, единые для всей бригады (бригадные приложения). Кроме того, по результатам работ всех бригад прилагаются групповые приложения.

7.7.2.Бригадные приложения к отчету:

Приложение 1. Таблица определения среднеквадратической погрешности магнитометра ММП-203.

Приложение 2. Таблица определения азимутальной погрешности магнитометра ММП-203.

Приложение 3. Полевой журнал наблюдений с ММП-203.

Приложение 4. Ведомость контрольных наблюдений на участке “Северный” (здесь же указывается и общая величина погрешности по материалам всех бригад).

Приложение 5. Ведомость контрольных наблюдений по микромагнитной съемке.

Приложение 6. Карта изодинам ΔTa . Планшет микромагнитной съемки.

7.7.3.Групповые приложения:

Приложение 1Г. Вариограммы.

Приложение 2Г. Карта графиков ΔTa по профилям участка “Северный”. Масштаб 1:2000, в 1 см – 20 нТл..

Приложение 3Г. Карта изодинам ΔTa участка “Северный”. Масштаб 1:2000.

Все бригадные графические приложения помещаются в конверт и вместе с текстами отчетов всех членов бригады сдаются преподавателю для проверки. После возможных исправлений и дополнений бригада сдает зачет по методу. До этого должны быть выполнены все групповые приложения.

Учебно-методическая практика за отведенное короткое время позволяет ознакомиться лишь с главными элементами организации магниторазведочных работ. Реальная практика преподносит массу нюансов, выдвигает много разномасштабных проблем. Овладеть всеми тонкостями работы можно только по мере накопления опыта практического выполнения этой работы в реальных полевых условиях. Классными специалистами не рождаются, ими становятся.

Библиографический список

1.Гринкевич Г.И. Магниторазведка: Учебник для техникумов. - М.: Недра, 1987. –248с.

2.Дементьев Г.Я. Протонные магнитометры: Учебное пособие. –Екатеринбург. Изд-во УГГГА, 1992. – 80 с.

3.Дементьев Г.Я. Магниторазведка: Курс лекций. Ч.1. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1996.- 32 с.

Глава 8

Гравиметрия

доц. В. В. Суворов, проф. В. В. Филатов

Мы пойдем с тобой в гравиразведку,

Хоть и давит на нас "дельта же".

Ю. Сконечный, выпускник СГИ 1962 г.

8.1. Задачи практики

Учебно-методическая практика по гравиметрии имеет своей целью ознакомление студентов с техникой и методикой производства гравиметрической съемки путем ее самостоятельного выполнения под руководством преподавателей. Программа практики включает в себя:

изучение вопросов подготовки гравиметра к полевым работам, заключающихся в определении точности наводки, регулировки уровней, определении характера смещения нуль пункта и цены деления;

проведение площадной гравиметрической съемки и определении высот пунктов измерения силы тяжести;

выполнение камеральной обработки результатов гравиметрической съемки, построении карты изоаномал силы тяжести в редукции Буге, написании и защите отчета.

В организационном отношении все вида работ, предусмотренных программой практики, выполняются гравиметрическими бригадами, на которые делится академическая группа. Состав бригад 4-5 человек. Топогеодезические работы по определению высот пунктов измерения силы тяжести осуществляются отдельной топобригадой, в которую каждая гравиметрическая бригада кооптирует по одному человеку. Поэтому результаты нивелировки являются общими для всех гравиметрических бригад. Все гравиметрические бригады независимо друг от друга проводят площадную съемку на одном и том же полигоне, профили которого разбиты на улицах п. Верхняя Сысерть. Каждая бригада составляет свою карту изоаномал. Результаты всех работ являются общими для членов бригады, но отчет по практике пишет каждый студент. Защита отчетов производится побригадно путем собеседования преподавателя с членами бригады. Оценка работы бригада является индивидуальной оценкой каждого ее члена.

8.2. Подготовка гравиметров к полевым работам

Устройство гравиметров, сравнительная характеристика их различных модификаций" порядок работы на точке описаны и здесь не рассматриваются.

Подготовка приборов начинается с осмотра и устранения механических неисправностей. Подъемные винты должны иметь целую резьбу и плавный ход, микрометренный винт должен иметь также свободный плавный ход.

Регулировка четкости изображения индекса маятника и освещенности шкалы микроскопа осуществляется перемещением по высоте и поворотом патрона лампочки осветителя.

Перестройка диапазона измерений производится с помощью специального ключа (для гравиметров типа ГАК-7Т и "Дельта"), или отвертки (для гравиметров ГР/К 2). Предварительно микрометренным винтом устанавливается нужны отсчет, например, около 7,0, если на участке съемки положительные и отрицательны приращения силы тяжести могут иметь примерно одинаковую величину. Вынув пробку на верхней панели гравиметра, в отверстие вставляется ключ и поворотом внешнего стержня ключа против часовой стрелки откручивается контргайка. Если индекс маятника не виден, то небольшим наклоном прибора в ту и другую сторону и легким постукиванием подушечеками пальцев по корпусу прибора определяется положение индекса – в левой или правой стороне. Если индекс маятника ушел вправо (в сторону уменьшения силы тяжести), то внутренний стержень ключа нужно плавно поворачивать против часовой стрелки и одновременно внешний по часовой стрелке. Так вращать до выхода индекса на средину шкалы. В случае смещения индекса маятника влево поворот стержней ключа осуществляется в противоположные стороны. После регулировки в обоих случаях внешний стержень поворачивается по часовой стрелке до упора. В гравиметрах типа ГР/К 2 винт поворачивается по часовой стрелке, если индекс ушел вправо. Перестройка диапазона выполняется перед началом учебной практики преподавателем.

8.2.1. Определение точности наводки

Определение точности наводки индекса осуществляется с целью получения навыков взятия отсчета и определения качества прибора. Для этого гравиметр приводится в рабочее положение и, не меняя его, берется подряд одним студентом серия отсчетов (не менее 15), совмещая каждый раз индекс с нулем шкалы и сбивая полученный отсчет поворотом микрометренного винта. Эта операция должна выполнятся по возможности быстрее, чтобы на результаты меньше сказывалось влияние смещения нуль пункта. По результатам таких наблюдений каждый студент вычисляет точность наводки по своей серии отсчетов

8.2.2. Определение цены деления.

Цена деления гравиметра может быть определена двумя способами:

1) на пунктах с известными значениями силы тяжести;

2) методом наклона.

Программой практики предусмотрено определение цены деления только первым способом. Для этого выполняются многократные измерения по цикловой схеме между двумя пунктами с известным изменением поля силы тяжести между ними.

8.2.3. Определение смещения нуль пункта

Определение смещения нуль пункта выполняется в течение 3 часов на одной точке с иммитацией перехода, т.е. прибор на точке приводится в рабочее положение, снимается отсчет и время, оператор с прибором проходит примерно 50 м, снова возвращается на ту же точку, берется отсчет и время и т.д. По результатам наблюдений строится график. Здесь,где S0-

начальный отсчет, Si - отсчет в момент ti. По графику (рис.8.1), исходя из заданной точности, определяется эф-максимально допустимое время рейса, соответственно для съемки по опорной и рядовой сети. В рассмотренном примере (рис.8.1.) при точности опорной сети оп =0,04 мГал допустимая погрешность оп =2,5 = 0,10 мГал, смещение нуль пункта может считаться линейным в течение 2 часов. Для рядовой съемки =О.О8 мГал =2,5=0,20 мГал иэф.ряд.=3 часам.

Исследование смещения нуль пункта должно выполняться в течение 8-10 часов, но из-за недостатка времени в учебных цепях ограничено тремя часами.

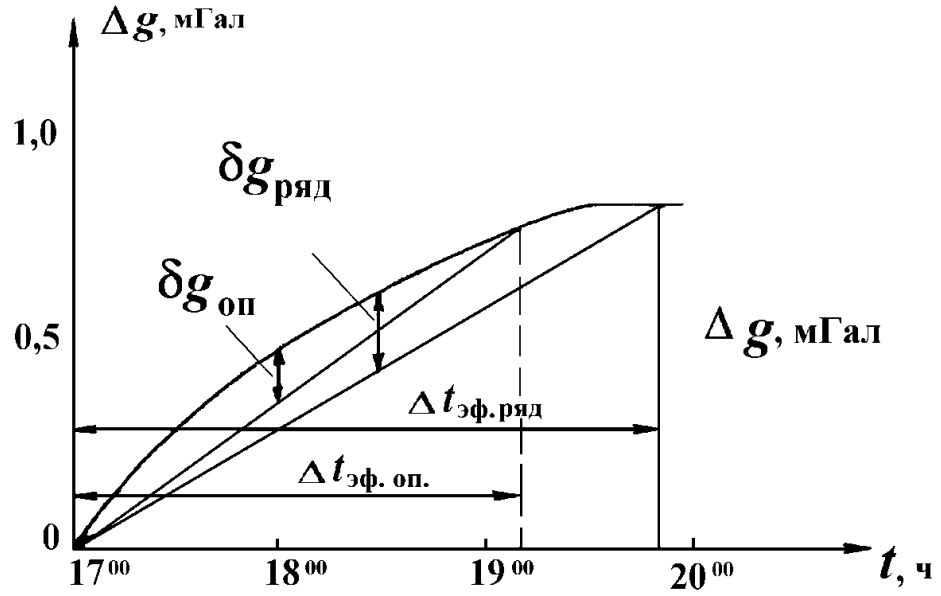


Рис.8.1. Пример графика смещения нуль-пункта.

8.2.4. Регулировка уровней на минимум чувствительности к углу наклона

Эта регулировка заключается в том, чтобы придать горизонтальное положение плоскости, в которой должны лежать ось вращения и центр тяжести рычага чувствительной системы гравиметра при его горизонтальном (по уровням) положении. На рис. 8.2 показано взаимное расположение рычага чувствительной системы, оси его вращения, продольного и поперечного уровней, подъемных винтов гравиметра, а также изображение окулярной шкалы и подвижного индекса. При горизонтальном положении плоскости и гравиметра момент силы тяжести достигает максимальной величины, т.е. в этом случае измеряемое значение силы тяжести жести близко к истинному. Момент силы тяжести и угол наклона в общем случае связаны косинусоидальной зависимостью, которая при малых углах наклона хорошо аппроксимируется параболой, а положение ее вершины соответствует горизонтальному положению рычага.

Регулировка уровней осуществляется следующим образом:

Гравиметр устанавливается на прочное неподвижное основание в тени и в удалении от качающихся деревьев и работающих двигателей и горизонтируется по уровням с помощью подъемных винтов.

Поворачивая ручку микрометренного винта, совмещают индекс рычага с нулевым штрихом на окулярной шкале и снимают отсчет (S0)с микрометрических шкал.

3) Отмечают на головке подъемного винта 6 (рис. 8.2) карандашом какую-либо риску и записывают в журнал измерений ее номер (n0) рядом с отсчетом S0.

Поворачивают головку винта 6 на одно деление вправо (или влево). В этом случае индекс рычага смещается в сторону от нулевого штриха. С помощью микрометрического винта индекс возвращают в исходное положение (совмещают с нулевым штрихом окулярной шкалы) и
опять записывают два числа: отсчет S1 по микрометрическим шкалам и номер риски на головке подъемного винта 6. Эта процедура повторяется 4-5 раз. По результатам измерений строится правая (или левая) ветвь параболы (рис. 8.3).

Поворачивая последовательно головку винта 6 на одно деление, гравиметр наклоняют в противоположную сторону и по парам чисел S+i и n+i строят вторую ветвь параболы (рис. 8.3).

6) Если отсчеты по микрометрическим шкалам при одинаковых наклонах гравиметра вправо и влево относительно исходного положения подъемного винта 6 (n0) различаются, то это означает, что рычаг отклонен от горизонтальной плоскости и необходима регулировка уровней на минимум чувствительности.

7)Регулировка уровней производится следующим образом. С помощью микрометрического винта на шкалах устанавливается минимальный отсчет Smin, соответствующей вершине параболы. Затем, наклоняя гравиметр поворотом головки подъемного винта 6, совмещают индекс рычага с нулевым штрихом на окулярной шкале. Пузырек поперечного уровня 7 при этом сместится. Поворачивая шпилькой юстировочные винты этого уровня, его выводят на середину. На этом заканчивается регулировка уровней на минимум чувствительности к наклону.

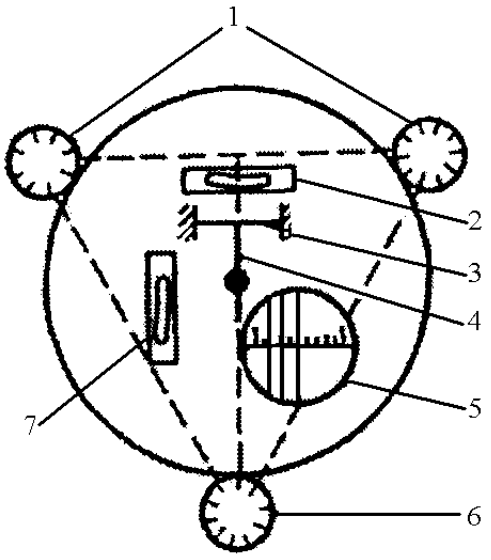


Рис.8.2. Схема расположения некоторых элементов гравиметра: 1-подъемные винты; 2-поперечный уровень; 3-ось вращения рычага; 4- рычаг; 6-подъемный винт в плоскости вращения рычага; 7-продольный уровень.

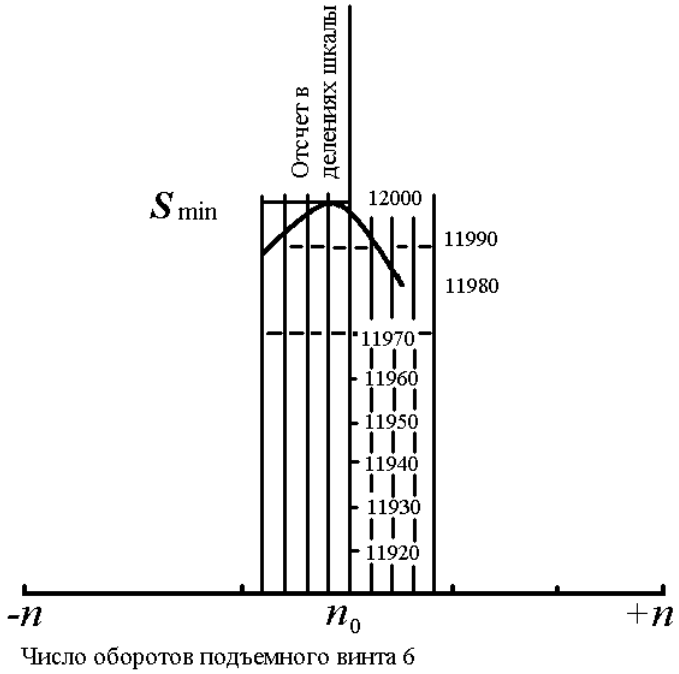


Рис.8.3. Зависимость показаний гравиметра от угла его наклона

8.2.5. Правила хранения и обращения с гравиметром

Прибор в нерабочее время хранится в специальном помещении при температуре близкой к температуре воздуха в рабочее время с тем, чтобы во время работы изменение температуры внутри прибора имело один знак, например, температура только повышалась или только понижалась. Резкое изменение температуры и особенно знакопеременное приводит к трудноучитываемым ошибкам за счет нелинейного смещения нуль-пункта. Гравиметр должен храниться в отнивелированном по уровням положении, индекс маятника должен быть выведен на нуль.

На время работы прибор получается студентом у ответственного за хранение лица и сразу же проверяется его исправность, главное внимание обращается на целость, кварцевой системы. После работы гравиметр сдается преподавателю и тот тоже проверяет исправность прибора. Самостоятельно студенту брать прибор и ставить его обратно на место хранения запрещается.

Категорически запрещается: оставлять прибор без присмотра даже на малое время, оставлять прибор в студенческом общежитии, ставить прибор на стул, подобные неустойчивые предметы. При переноске прибора и установке его на землю необходимо исключить возможность удара о землю, деревья и т.п.

8.3. Методика площадной гравиметровой съемки

В начале полевых работ подготавливается сеть наблюдений. Площадная съемка выполняется по улицам пос. Верхняя Сысерть, в связи с этим расстояние между профилями не соответствует общепринятому и равно 120-150 м. Расстояние между пикетами, которые на профилях 11-14 совмещены со столбами линии электропередачи, составляет 40-50 м.

Подготовка сети наблюдений выполняется согласно действующей инструкции по топоработам и заключается в следующем: с помощью теодолита и мерной ленты разбивается профиль I с шагом 50 м по северной окраине поселка; промеряется расстояние между пикетами по профилям II-1У; увязываются со всеми профилями крайние магистрали; выполняется нивелирование сети наблюдений.

Сеть наблюдений гравиметровой съемки соответствует масштабу 1:10000. Согласно "Инструкции по гравиразведке", средняя квадратическая погрешность определения аномалии в редукции Буге = 0,08 мГал. Взяв из той же таблицы значение средней квадратической погрешности наблюденных значений,студенты должны расчитать погрешность рядовой и опорной сети по формулам:

Зная и, по графику смещения нуль пункта определяется предельное время рядового рейса и рейса по опорным точкам.Опорная сеть, как известно, служит для приведения результатов измерений к абсолютному или некоторому относительному уровню силы тяжести, а также для учета смещения нуль-пункта в рядовых рейсах. Опорная сеть на полигоне "Верхняя Сысертъ" создается по центральной системе. Все опорные пункты (ОП) связываются с центральным опорным пунктом (ЦОП) цикловой схемой наблюдения. Рядовая съемка выполняется рейсами, опирающимися на опорные точки. Контроль выполняется диагональными ходами, причем каждый рядовой рейс должен быть проконтролирован минимум двумя точками, желательно в средней части рейса. Результаты наблюдений заносятся в полевой гравиметровый журнал.

Таблица 8.1.

Полевой гравиметровый журнал

Дата 8.06.82 Исходная точка 11/0
Рейс рядовой Опорные точки 11/0,11/12
Профиль 11 Цена деления -6,34 мГал/дел.
Гравиметр ГАК № 545

Номера точек	11/0	1	2	…
S	7	7		
B_1	635	648		
B_2	643	653		
B_3	640	655		
B_4	643			
B_5	645			
$B_{ср}$	641	652		
Время	8,24	8,29		

Оператор_____

При выполнении измерений на ЦОП и ОП берется минимум 5 отсчетов, величины которых должны различаться не более чем на 0,01 оборота микрометрического винта. Отсчеты различающиеся по величине, более чем на 0,01 оборота микрометрического винта, бракуются, а измерения продолжаются до тех пор пока не будет выполнено вышеприведенное условие. На каждой рядовой точке берется как минимум 3 отсчета. Время измерений записывается после взятия последнего отсчета. При измерениях недопустима смена оператора (наблюдателя) на внутренних точках рейса.

8.3. Камеральная обработка результатов измерений

8.3.1. Обработка результатов измерений на опорных пунктах. Камеральная обработка результатов измерений на опорных пунктах заключается в определении приращений силы тяжести между двумя опорными точкам и поформуле

Здесь S1' и S1"-средние отчеты в начале и в конце цикла на первой опорной точке, S2-средний отчет на второй опорной точке.

Затем вычерчивается схема расположения ОП полигона "Верхняя Сысерть", на которую выносятся значения изменений силы тяжести между ОП и ЦОП, полученными всеми гравиметрическими бригадами. Стрелками на схеме показываются направления изменения силы тяжести. Расхождения между изменениями силы тяжести на каждой связи между ОП и ЦОП не должны превышать утроенной проектной среднеквадратической погрешности (3). Если на какой-либо связи эти расхождения превышают 3, то измерения силы тяжести на этой связи необходимо повторить. По измеренным изменениям силы тяжести для каждой связи вычисляются их средние значения. Абсолютная величина силы тяжести на ЦОП принимается равной нулю. Тогда твердые значения силы тяжести на каждом ОП будут равны средним, значениям изменения силы тяжести между ЦОП и соответствующими ОП. Полученные, таким образом, значения силы тяжести (твердые значения) на ОП, являются общими для всех гравиметрических бригад академической группы при построении каждой бригадой карты изоаномал силы тяжести в редукции Буге.

8.3.2.Обработка результатов измерений на рядовых точках

Рядовые наблюдения выполняются рейсами, опирающимися на ОП. Камеральная обработка результатов измерений на рядовых точках выполняется в "Журнале обработки рейсов" (табл.8.2.). Каждый рейс обрабатывается отдельно. В графы "№ точек", "Время" и "Отсчет(S)" переносятся данные из Журнала полевых наблюдений. Вычисляются и записываются со своим знаком в графу "" приращения отсчетов на каждой точке относительно начальной точки рейса. Аналогично вычисляется в минутах. По формуле

приращение отсчетов переводятся в мГал и записываются в графу "". Смещение нуль пункта определяется следующим образом. В графе "" по твердым значениям силы тяжести на опорных точках рейса определяется приращение силы тяжести на конечной точке рейса и это значение записывается в графу " исправленное за смещение нуль пункта" против конечной точки рейса. Коэффициент смещения нуль пункта определяется по формуле

В нашем примере для первого рейса K=

Журнал обработки рядового рейса

Дата наблюдений_____

Рейс_____

Полевой гравиметровый журнал №_____

Исходный пункт_____

Опорные точки_____

Гравиметр № 370_____

Коэффициент смещения нуль-пункта K=0,022 мГал/мин.

Таблица 8.2

Номера точек	Время (t), ч, мин.	Отсчет (S)	ΔS	$\Delta g'' = c \cdot \Delta S$, мГал	Δt, мин.	$k \cdot \Delta t$, мГал	$\Delta g'_{испр}$ за смещение нуль пункта, мГал	Δg, мГал
I/0	10,17	6,540	0	0	0	0	0	0
II/0	10,23	6,365	1,19	1,19	6	0,12	1,31	1,31
III/0	10,28	6,090	3,06	3,06	11	0,22	3,28	3,28
IV/0	10,34	5,802	5,02	5,02	17	0,38	5,40	5,40
K=-0,013								
IV/0	10,34	5,802	0	0	0	0	0	5,40
III/0	10,40	6,112	0,310	-2,11	6	-0,08	-2,19	3,21
II/0	10,47	6,384	0,582	-3,96	13	-0,17	-4,13	1,27
I/0	10,52	6,563	0,761	-5,17	18	-0,23	-5,40	0

Вычислил _____

Проверил _____

Смещение нуль-пункта на каждой точке вычисляется по формуле , где - приращение времени на соответствующей точке. Вычисляются для каждой точки приращения силы тяжести, исправленные за смещение нуль-пункта, как алгебраическая сумма и поправки за смещение нуль-пункта . Вычисляются и записываются в графе против каждой точки рейса

наблюденные значения силы тяжести, приведенные к уровню исходной опорной точки, как алгебраическая сумма на начальной точке рейса и в данной точке.

По результатам обработки измерений на опорных пунктах составляется "Ведомость опорной сети".

Таблица 8.3

Номера точек	Δg_1	Δg_2	Δg_3	Δg_4	$\Delta g_{ср}$	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4				
						в ед. 10^{-2} мГал				в ед. 10^{-4} мГал			
I/0	0	0											
II/0	1,13	1,27			1,29				4				
III/0	3,28	3,21			3,24				16				
IV/0	5,40												
									Σ_1			^{2}	

$$\sum \delta^2 = \sum_1 + \sum_2 + \dots$$

Число колонок в "Ведомости" соответствует максимальному числу измеренных приращений на ОП. На каждой точке вычисляются и - отклонения от среднего. Если число измеренных приращений на точке больше трех и одно из приращений отличается от среднего на величину, превышающую утроенную проектную точность опорной сети, то это приращение бракуется. Если число приращений на точке равно двум (трем) и максимальное расхождение превышает выполняются два (одно) дополнительных наблюдения и отбраковку осуществляют в соответствии с вышеуказанным требованием. Отбраковка производится непосредственно в "Ведомости", перечеркиванием отбракованных значений и значения для них не вычисляются.

8.*3.3. Камеральная обработка результатов контрольных измерений* выполняется также, как и результатов рядовых измерений в таком же журнале. Наблюденные значения силы тяжести на точках контрольного рейса и на соответствующих им точках рядовых рейсов вносятся в "Ведомость контрольных наблюдений".

Таблица 8.4.

Ведомость контрольных наблюдений

Номера точек	Номер рейса и дата первичного наблюдения	Номер рейса и дата контрольного наблюдения	Δg ,мГал		$\Delta g_{ср}$	d	Примечание
			первичные	контрольные			

Вычислил_____ Проверил _____

Рейс признается доброкачественным, если отклонения рядового и контрольного наблюдений от их среднего не превышает утроенную величину проектной ошибки. В противном случае контролируются измерения на смежных с проконтролированными точками рядового рейса. Рейс бракируется, если контролем выявлено недопустимое расхождение наблюденных значений на трех и более точках этого рейса.

Оценка качества рядовой съемки выполняется по формуле двойных

наблюдений

8.3.4. Вычисление аномалий силы тяжести

После получения твердых значений на всех точках съемки вычисляются аномалии силы тяжести в редукции Буге. Предварительно по результатам нивелирования определяются абсолютные высоты Н, всех точек наблюдения и по этим высотам определяется поправка Буге

Поскольку участок съемки небольшой, то можно предварительно вычислить изменение нормального значения силы тяжести с изменением широты точки наблюдения - в мГал/м. Для широты пос.В.Сысерть (=56030') изменение с изменением широты на 1' составляет 1,4 мГал; радиус Земли в средних широтах можно принять равным среднему радиусу Земля, т.е. R3 = 6371200 м; примем равным 1' или 0,000292 радиан.

Профили на участке съемки располагаются широтно, поэтому для самого южного профиля 1V можно принять=0, а для остальных профилей вычислять, мГал

Здесь х- расстояние от профиля 1У по меридиану до соответствующего профиля. Значения Н, , вносятся в "Каталог рядовых пунктов".

Таблица 8.5

Каталог рядовых пунктов.

Координаты		Высота пункта	Наблю-денное значение силы тяжести	Поправка			Аномалия	
x	*y*			за нормальное значение силы тяжести	Фая	Буге	Фая	Буге

Рельеф местности на участке съемки сравнительно спокойный и представляет собой монотонный склон, поэтому специальные работы по определению топопоправки не проводятся, а влияние рельефа при интерпретации может быть учтено совместно с региональным фоном.

По результатам съемки строится каждой бригадой план изоаномал силы тяжести в редукции Буге с сечением изоаномал, кратным 2,5. Изоаномалы проводятся путем линейной интерполяции, при чем, вначале выполняется строгая интерполяция между точками наблюдений, а затем изолинии сглаживаются в пределах фактической среднеквадратической погрешности аномалий. Замкнутые изоаномалы проводятся не менее, чем по трем точкам. Каждая пятая изоаномала должна утолщаться. Изоаномалы, проведенные неуверенно, вычерчиваются пунктиром. На план наносится геологическая ситуация(рис.8.4).

Выполняется качественная интерпретация плана изоаномал. Учитывая геологическое строение района и плотностную характеристику пород, выявляется источник регионального фона, выделяются и объясняются локальные аномалии.

8.4. Содержание и оформление отчета

8.4.1. Текст отчета пишется каждым студентом самостоятельно в ученической тетради. Во введении отмечается место проведения практики, ее задачи, общие сведения о районе работ, расчет проектной точности. Краткий геологический очерк.

В разделе "Физико-геологические предпосылки" определяются возможности гравиразведки для картирования различных комплексов горных пород. Используя сведения о физических свойствах, полученные группой при прохождении практики по петрофизике и по образцам, отобранным во время практики по гравиразведке, составляется таблица плотностей горных пород. Выполняется анализ этой таблицы и с учетом сведений о геологическом строении района делается вывод, какие породы могут отразится в гравитационном поле. В разделе "Подготовка гравиметра к полевым работам" последовательно описываются все операции подготовки с приведением фактических данных из личных наблюдений с прибором

или данных бригады. В разделе "Методика и техника полевых работ" описывается методика создания опорной сети, рядовых и контрольных наблюдений в целом для подгруппы и выделяется конкретный объем собственных работ. Описывается техника наблюдений с гравиметром. В разделе "Камеральная обработка " перечисляются последовательно операции обработки опорной сети, рядовых и контрольных наблюдений, приводятся формулы для вычисления аномалии силы тяжести и формулы для оценки точности, приводятся конкретные данные по точности собственных наблюдений. Выполняется анализ плана изоаномал силы тяжести и графиков маршрутной съемки и делаются выводы о возможностях гравиразведки в данном районе.

8.4.2. Приложения к отчету

1. Графики регулировки уровней.

2. График смещения нуль пункта.

3. Полевой журнал.

4. Журнал обработки рейсов.

5. Ведомость опорной сети.

6. Ведомость контрольных наблюдений.

7. Каталог рядовых пунктов.

8. План изоаномал силы тяжести.

8.4.3. Требования к оформлению графики

Графика вычерчивается тушью на миллиметровой бумаге, план изоаномал сили тяжести - на ватмане согласно существующих требований (название, условные обозначения и т.п.). Кроме того, в зарамочном оформлении Плана изоаномал указывается группа, номер подгруппы и ее состав. Приложения должны быть пронумерованы, а в тексте обязательны ссылки на соответствующий номер приложения. Все приложения отчеты подгруппы складываются в один конверт.

Отчеты и приложения проверяются преподавателем, после доработки отчета в соответствии с полученными замечаниями каждый студент сдает зачет.

Библиографический список

I. Веселов К.Е. Гравиметрическая съемка. - М.:Недра, I986.-3I2 с.

2. Инструкция по гравиразведке.- М.,1980.-80 с.

3. Филатов В.В., Виноградов В.Б. Практикум по гравиразведке: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001.-80 с.

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Н. В. Блинкова, К. В. Вандышева

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Методические рекомендации
по производственной практике,
по составлению отчета для студентов специальности
21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций
«Геофизические методы исследования скважин (ГИС)» и
«Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)»

Екатеринбург
2020

Б69

Рецензенты: *Писецкий В. Б.,* д-р геол.-мин. наук, профессор кафедры геоинформатики Уральского государственного горного университета;
Иголкина Г. В., д-р геол.- мин. наук, профессор кафедры геофизики Уральского государственного горного университета.

Блинкова Н. В., Вандышева К. В.

Б69 ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА): методические рекомендации по производственной практике, по составлению отчета для студентов специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций «Геофизические методы исследования скважин» (ГИС) и «Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)». 2-е издание, дополненное / *Н. В. Блинкова, К. В. Вандышева*; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 24с.

Методические рекомендации содержат цели и задачи производственной практики, включающих в себя выработку навыков производственного труда, знакомства с техникой, геофизической аппаратурой, методикой работ. Даются необходимые рекомендации по руководству и организации практики от университета и от предприятия.

Для студентов специальности 21.05.03 Технология геологической разведки специализаций «Геофизические методы поисков и разведки МПИ» и «Геофизические методы исследования скважин»

© Блинкова Н. В.,
Вандышева К. В., 2010, 2018
© Уральский государственный
горный университет, 2010, 2018

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Факультета геологии и геофизики УГГУ
_____2018 г.
Председатель комиссии
_____проф. Бондарев В. И.

Н. В. Блинкова, К. В. Вандышева

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Методические рекомендации
по производственной практике,
по составлению отчета для студентов направления
21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций
«Геофизические методы исследования скважин (ГИС)» и
«Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)»

2-е издание, дополненное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Оглавление

Введение…… 4
1. Организация и руководство практикой……. 5
1.1. Организация практики……. 5
1.2. Руководство практикой…… 6
1.2.1. Руководство практикой от университета…….. 6
1.2.2. Руководство практикой от предприятия……... 6
2. Обязанности и права студентов…….. 10
2.1. Обязанности студента…….. 10
2.2. Права студентов…… 12
3. Цели и задачи практики……... 14
3.1. Цель практики……... 14
3.2. Задачи практики…… 14
4. Структура и содержание отчёта……. 15
5. Основные требования к оформлению отчета…… 19
6. Перечень документов, необходимых
при отъезде на практику…….. 21
7. Содержание практики…….……. 21
Рекомендуемая литература……. 23

ВВЕДЕНИЕ

Производственная практика является ответственным этапом в подготовке горных инженеров-геофизиков. Данная программа предусматривает выработку у студентов навыков производственного труда и преобретения профессии, необходимой для инженерной деятельности, закрепления знаний по общеинженерным и специальным дисциплинам и является неотъемлемой частью всего учебного процесса.

Цели, задачи, содержание, объем практик и их название определяются требованиями федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) по направлениям подготовки ВО, программами практик, разработанных с учетом специфики подготовки обучающихся. Цель практики заключается в формировании профессиональных навыков через закрепление, расширение, углубление и систематизацию знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения, проверке профессиональной готовности будущего специалиста к самостоятельной трудовой деятельности и приобретение профессионального опыта. Задачи практики определяются в рабочих программах практик и индивидуальных заданиях, разработанных кафедрами университета ответственными за проведение практики (с учетом специфики и уровня подготовки специалиста).

1. ОРГАНИЗАЦИЯ И РУКОВОДСТВО ПРАКТИКОЙ

1.1. Организация практики

Производственная практика студентов четвёртого курса проводится в геологоразведочных организациях (партиях, экспедициях и частных компаниях), а также научно-исследовательских и проектных организациях геолого-разведочного профиля.

Для успешного проведения производственной практики студентам необходимо знать определённые разделы из цикла предшествующих дисциплин. Из дисциплины «Геофизические методы исследования скважин», оборудование для выполнения спуско-подъёмных операций, геофизические цифровые станции для регистрации данных каротажа, технику и методику работ при выполнении определённых геофизических методов, теорию этих методов. Из дисциплины «Аппаратура геофизических исследований скважин», «Электронные измерительные устройства» необходимо студентам знать устройство скважинных приборов, устройство регистраторов и станций на уровне блок-схем. Из курса «Физика горных пород» – основные физические и физико-механические характеристики горных пород, классификацию горных пород, рудных и нерудных минералов по их способу образования, а так же классификации по буримости.

Из курса «Разведочная геофизика» основные методы разведки и их практической применение.

Из курса наземных методов разведки указываются предпосылки проведения работ, последовательность выполнения разными ме-

тодами, и их взаимодействие, типовой и рациональный комплекс геофизических работ. Определение масштаба съемки, обоснование сети наблюдения, точности и способа ее определения, выбор аппаратуры. Описание последовательности обработки, методики интерпретации результатов наблюдений каждым методом и способ представления полученных данных.

1.2. Руководство практикой

1.2.1. Руководство практикой от университета

Руководитель практики студентов от университета:

– обеспечивает проведение всех организационных мероприятий перед выездом студентов на практику (проводят собрание студентов и инструктаж по вопросам проведения практики, проверяют обеспеченность студентов программами, дневниками, а так же индивидуальным заданиями);

– проводят общий инструктаж по вопросам техники безопасности на практике и дисциплины в пути следования на место практики и обратно;

– обеспечивает высокое качество прохождения практики студентами в соответствии с программой практики, контролирует обеспечение студентов рабочими местами.

1.2.2. Руководство практикой от предприятий

Ответственность за прохождение практики на предприятии возлагается на руководителя предприятия. Непосредственное руководство практикой студентов в структурных подразделения пред-

приятий возлагается приходом руководителя предприятия на высококвалифицированных специалистов.

Предприятие обязано обеспечить студентов во время прохождения производственной практики оплачиваемыми рабочими местами в соответствии с программой практики, создать необходимые условия для усвоения студентами знаний о новой технике, новой аппаратуре, новых методах, передовой технологии, современных вопросов экономики и передовых методов организации труда.

Руководители практики организуют проведение обязательных инструктажей по охране труда и технике безопасности (вводного и на рабочем месте) с оформлением соответствующей документации. Безопасные условия труда и обучения проводятся в соответствии с «Порядком обучения по охране труда и проверке знаний требований охраны труда работников организаций», утвержденные Министерством образования Российской Федерации и Министерством труда и социального развития от 13.01.2003 №1/29 «Об утверждение порядка обучения по охране труда и проверке знаний требований по охране труда работников организаций».

Руководители практики обязаны обеспечить студентов (учащихся) на время прохождения практики спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями в соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации и постановлением Министерства труда Российской Федерации от 01.06.2009 № 290 н (в редакции от 12.01.2015) «об утверждений правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами инди-

видуальной защиты», девствующей в части, непротиворечащей трудовому кодексу Российской Федерации.

Предприятие несёт полную ответственность за несчастный случай, происшедший со студентами во время прохождения ими практики.

Руководители предприятий могут выносить в случае необходимости в приказном порядке, взыскания студентам-практикантам, нарушающим правила внутреннего распорядка, и сообщать об этом в университет.

Руководители практики должны создать необходимые условия для выполнения студентами (учащимися) программы производственной практики. Не допускать использования студентов на работах, не предусмотренных программой прохождения практики и не имеющих отношения к профессии (специальности) студентов.

Руководитель от предприятия, осуществляющий общее руководство практикой:

– знакомит студентов с организационной структурой предприятия и основными направлениями его работ;

– совместно с руководителем практики от университета организует и контролирует проведение практики в соответствии с программой и согласованным календарным графиком прохождения практики;

– организует экскурсии по предприятию и на другие объекты (скважины);

– вовлекает студентов в научно-исследовательскую и рационализаторскую работу.

Руководители обязаны предоставить студентам возможность пользования лабораториями, мастерскими, кабинетами (библиотекой), технической и другой документацией в подразделениях предприятия для успешного освоения студентами программы производственной практики и выполнения индивидуальных занятий.

Руководители от предприятия должны обеспечить иногородних студентов койко-местом в общежитии в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями на время прохождения производственной практики с оплатой по установленным нормам.

Руководители должны осуществлять контроль за соблюдением студентами мер пожарной безопасности.

Руководители практики должны обеспечить табельный учёт выхода на работу студентов, дать характеристику о работе каждого студента и заключение о качестве подготовленного ими отчёта.

Руководители практики должны производить оплату и стимулирование труда студентов, зачисленных на вакантные рабочие места (должности), в период прохождения производственной практики по выполняемой работе в соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации, локальными нормативными актами, действующими в обществе, и договорами образовательных учреждений на проведение производственной практики, заключаемых с обществом.

Руководители структурных подразделений в праве отстранять студентов от дальнейшего прохождения практики и досрочно отправить студента в расположение образовательного учреждения в случае грубого нарушения ими требований, правил, предписаний и инструкций по охране труда и технике безопасности, предусмотренных

трудовым кодексом Российской Федерации и иными нормативно трудовыми актами, действующими в части не противоречащими трудовому кодексу Российской Федерации.

Во время проведения производственной практики руководители практики должны предоставлять работникам, зачисленным на вакантные рабочие мечта (должности) гарантии компенсации, предусмотренные трудовым законодательством Российской Федерации.

Кроме того руководители практики должны знакомить студента с организацией работ на конкретном рабочем месте; помогать студентам правильно выполнять все задания, овладевать навыками производственной работы и рабочими профессиями, получать необходимые материалы для составления отчётов по практике; контролировать ведение дневников, подготовку отчётов по практике, составлять производственные характеристики об отношении студентов к работе, их деловые качества, а так же их участие в общественной жизни предприятия.

2. ОБЯЗАННОСТИ И ПРАВА СТУДЕНТОВ

2.1. Обязанности студентов

До отъезда на практику, студент должен знать какая кафедра и кто из её преподавателей руководит практикой, знать место и адрес прохождения практики; получить на кафедре, осуществляющей руководство практикой, путёвку-удостоверение, программу практики и пройти общий инструктаж по вопросам техники безопасности; изучить программу практики и маршрут следования к месту практики, сдать книги в библиотеку и своё место в общежитии, оформить об-

ходной лист и сдать его на кафедру; студентам, обучающимся платно оплатить обучение и оформить это в бухгалтерии.

Своевременно, но не позднее, чем за день до начала практики выехать на предприятие-базу практики имея при себе, кроме документов необходимых для прохождения практики, студенческий билет, трудовую книжку (если она имеется) и фотографии для пропуска. Желательно руководителю предприятия сообщить по телефону о своём выезде, вид транспорта, время прибытия.

По прибытию на место студент обязан явиться к руководителю предприятия и получить указания по прохождению практикой, договориться о времени и месте получения консультаций.

До начала работы на штатной должности студент должен пройти производственный инструктаж, организуемый предприятием, с обязательным изучением правил техники безопасности и охраны труда, правила работ с радиоактивными источниками и взрывными веществами (при работе на радиоактивных методах каротажа и перфорации скважин), а также действующих на предприятии правил эксплуатации оборудования.

В период прохождения практики студенты обязаны:

– полностью выполнять задание, предусмотренное программой практики, строго соблюдая сроки прохождения практики;

– подчиняться действующим на предприятии правилам внутреннего трудового распорядка;

– нести ответственность за выполненную работу и её результаты наравне с работниками предприятия;

– овладеть навыками производственной работы, сдать квалификационный экзамен по профилю выполненной работы;

– регулярно вести дневник, отражающий ежедневную работу, составить отчёт;

– чётко выполнять рекомендации и указания руководителей от университета и предприятия.

По окончании практики студентам необходимо сдать пропуск, техническую и художественную литературу, спецодежду, место в общежитии, предварительно отметив на предприятии, взять с собой отчёт по практике, путёвку-удостоверение, характеристику, удостоверение о получении квалификации, трудовую книжку и прибыть в университет в установленный срок (путёвка и характеристика подписываются руководителем предприятия и скрепляются печатью, отчёт по практике подписывается руководителем практики).

По возвращении путевка, отчёт и характеристика сдаются студентом на кафедру для проверки.

2.2. Права студентов

В соответствии с программой практики, предприятие обеспечивает их оплачиваемыми рабочими местами.

После зачисления студентов на оплачиваемые рабочие места и должности, на них распространяется трудовое законодательство Российской Федерации, правила охраны труда и внутреннего распорядка, действующего на данном предприятии, выплачивается компенсация за очередной отпуск по нормам, установленным, для данной профессии (должности).

Во время прохождения практики за студентами независимо от получаемой заработной платы, сохраняется право на получение стипендии, если студент её ранее получал.

На студентов, не имеющих стажа работы, заводится трудовая книжка, в которой делается соответствующая запись.

Студентам, зачисленным на платные должности в геологических партиях и экспедициях, получающим заработную плату и полевое довольствие или бесплатное питание, выплата суточных денег не производится.

Проезд студентов к месту практики и обратно средствами городского, пригородного и местного транспорта, независимо от места практики, оплачивается студентами за свой счёт.

Студенты за время прохождения практики пользоваться бесплатно защитной одеждой, спец обувью, и индивидуальными средствами защиты по нормам, установленными для соответствующих работников данного предприятия.

Предприятие обеспечивает студентов общежитиями на условиях, предоставляемых постоянным работникам.

Студенты имеют право пользоваться на предприятиях по месту прохождения практики литературой, инструкциями, получать консультации специалистов по программе практики и помощь в подборе материалов для отчётов о практике, курсовых и дипломных проектов.

3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

3.1. Цель практики

Целью практики является реализация на производстве и закрепление теоретических знаний, получаемых студентом в процессе обучения; практическая работа по специальности и овладение профессией, отбор и накопление материала, необходимого для выполнения дипломного проекта или дипломной работы; изучение и приобретение опыта руководства структурным подразделением; активное ознакомление с технологией производственного процесса, знакомство с новыми методиками и техническими средствами, а также проверка деловых качеств студентов в производственных условиях.

3.2. Задачи практики

В задачи практики входит:

– формирование профессиональных навыков путём активного участия в производственном процессе;

– приобретение практических навыков самостоятельной работы в должности рабочего;

– закрепление профессиональных знаний и их повышение при прохождении практики;

– приобретение опыта эксплуатации и ремонта оборудования, используемого в партиях и экспедициях;

– изучение конкретных производственных заданий и технико-экономических показателей их выполнения;

– освоение способов интерпретации результатов наблюдений;

– изучение организации труда.

Студент должен постоянно фиксировать свои достижения в специальном дневнике. В дальнейшем все собранные материалы и наблюдения должны быть изложены в отчёте по производственной практике.

Перечень дисциплин с указание разделов, усвоение которых необходимо для прохождения практики.

Для успешного прохождения производственной практики студентам необходимо знать определённые разделы цикла предшествующих дисциплин в соответствии с учебным планом. Из дисциплины « Геофизические методы исследования скважин » теорию методов электрического каротажа, радиоактивного каротажа и методов контроля за техническим состоянием скважин.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Важнейшим этапом прохождения производственной практики является составление отчёта. По отчёту оценивается качество выполнения программы практики. Все собранные материалы являются основой дипломного проекта или дипломной работы.

Любые методические материалы должны быть подкреплены рисунками, таблицами, картами физических полей, блок-схемами, диаграммами.

Студент должен подготовить список используемой литературы, отчётов, инструкций. В отчёте должны быть ссылки на фондовые материалы.

Составление дипломного проекта или дипломной работы является заключительным этапом обучения студентов в УГГУ, дипломный проект является квалификационной работой, подготовка и успешная защита которой в ГЭК (Государственная аттестационной комиссией) служит основанием для присвоения выпускнику университета звания горного инженера – геофизика. Поэтому сбор материалов на практике должен соответствовать следующему перечню разделов:

– для специализации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ»:

Введение

1. Общие сведения о районе работ (приложением должна быть выкопировка из географической карты, с указанием места работ)
2. Геологическое строение района и участка работ
3. Физические и геологические предпосылки для постановки геофизических работ
4. Построение физико-геологической модели (обобщенную ФГМ можно представлять в виде совокупности частных моделей: геологической, петрофизической и физических полей в профильном, плоскостном или объемном варианте)
5. Анализ геофизических работ, проведенных в районе
6. Методика и техника проектируемых работ
7. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и охрана окружающей среды
8. Перечень, объём и условие производства проектируемых работ

Заключение

Список использованной литературы;

– для специализации «Геофизические методы исследования скважин»:

Введение

1. Общие сведения о районе работ (приложением должна быть выкопировка из географической карты, с указанием места работ)
2. Геологическое строение района и участка работ
3. Физические и геологические предпосылки для постановки геофизических работ
4. Анализ геофизических работ, проведенных в районе
5. Особенности бурения, конструкция скважины
6. Методика и техника проектируемых работ
7. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и охрана окружающей среды
8. Перечень, объём и условие производства проектируемых работ

Заключение

Список используемой литературы.

Студенту необходимо приложить к отчёту каротажные диаграммы, геологическую карту и разрез, чертежи, схемы, графики, таблицы, карты геофизических полей.

Тема должна быть выбрана студентом под руководством квалифицированного специалиста от предприятия или с помощью преподавателя кафедры.

Возможные темы:

– для специализации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ»:

– «Проект геофизических работ с целью поисков золото-сульфидных месторождений в конкретном районе (регионе)»;

– «Проект геофизических работ в помощь геологическому картированию масштаба 1:50 000 при доизучении конкретной площади (участке работ)»;

– «Проект инженерно-геофизических исследований для геологического обеспечения проектирования строительства объекта (указать какого)».

– для специализации «Геофизические методы исследования скважин»:

– «Определение профиля притока и приемистости»;

– «Определение фильтрационно-ёмкостных свойств пластов - коллекторов»;

– «Оценка технического состояния скважины»;

– «Оценка нефтенасыщенности коллекторов»;

– «Новые технические средства для ГИС»;

– «Методы исследования горизонтальных скважин».

Руководитель практики, выделенный производственной организацией, должен постоянно консультировать студента, следить за качеством собранного материала.

В дальнейшем эту роль берёт на себя руководитель дипломного проектирования.

На написание отчёта даётся две недели от начала учебных занятий в осеннем семестре.

5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к техническим рукописям. Текст располагает на одной стороне листа белой бумаги формата А4. Рекомендуется шрифт 14 Times New Roman расстоянием между строками 1,5 интервала. Поля сверху, снизу и справа не менее 20 мм, слева – не менее 30 мм. Отступ абзаца 10 мм.

Страницы нумеруют подряд, включая рисунки и таблицы. Отсчет страниц начинают с титульного листа, но номер в первый раз проставляет на первой странице введения.

Нумерация рисунков, таблиц, формул сквозная, арабскими цифрами. Их помещают после первого упоминания на той же или на следующей странице. Подрисуночную подпись помещают ниже рисунка. Она включает номер рисунка (например, «Рис. 3») и далее его название. С новой строки помещают необходимые пояснения. Название рисунка набирают шрифтом меньшим, чем шрифт основного текста. Рисунок и подрисуночную подпись сверху и снизу отделяют от текста интервалами. Ссылки на рисунки делают в круглых скобках (например, (рис. 3)), при повторных ссылках добавляет сокращенное слово «смотри» (например, (см. рис. 3)).

Содержание таблиц также набирает более мелким шрифтом. Над таблицей помещают ее название, а над названием справа – слово "Таблица" и ее номер (знак «№» не пишут). Ссылки на таблицы делают так же, как на рисунки.

Слова в тексте пишут полностью, допускаются только общепринятые в технической литературе сокращения. Следует использовать термины и обозначения различных величин принятые в технической литературе. При первом использовании какого-либо обозначения следует пояснить его значение. Греческие буквы набирают прямым шрифтом, латинские – курсивом, за исключением математических (sin, ln и т .п.) и химических символов, которые набирают прямым шрифтом.

Заголовки разделов пишут заглавными буквами жирным шрифтом и располагают посредине листа. Разделы нумеруют арабскими цифрами (слово «глава» обычно не пишется). Подразделы нумеруют двумя цифрами через точку, указывающими номер раздела и номер подраздела в нем.

В конце текстовой части приводят список литературы. Список составляют в алфавитном порядке. Сначала указывают печатные источники, затем фондовые. Описание литературных источников делают в соответствии с установленными правилами. Ссылки на литературу в тексте делают путем указания номера источника по списку в квадратных скобках (например [7]). При использовании заимствованных рисунков, таблиц ссылка на источник или автора обязательна.

Графические приложения выполняют на стандартных листах формата А1. При необходимости можно использовать листы других стандартных форматов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ НЕОБХОДИМЫЙ ПРИ ОТЪЕЗДЕ НА ПРАКТИКУ

1. Паспорт.
2. Военный билет или приписное свидетельство.
3. Страховой полис.
4. Страховое свидетельство.
5. ИНН (идентификационный номер налога плательщика).
6. Трудовая книжка, если она есть.
7. Медицинская справка.
8. Путёвка от кафедры.
9. Справка первого отдела.
10. Два фото размером 3×4 см.

Перед получением путёвки студент на кафедру должен сдать обходной лист.

7. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Производственную практику на предприятиях занимающихся ГИС, проходят студенты специализации «Геофизические методы исследования скважин», избравшие для курсового и дипломного проектирования тематику разнообразных методов, методик, технологии исследования скважин.

На практику в геологоразведочные организации отправляются студенты специализации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ», избравшие для курсового и дипломного проектирования

тематику разнообразных методов, методик, технологии проведения геофизических методов разведки.

Производственная практика позволит студенту проявить свои деловые и профессиональные качества и обеспечить место для дальнейшей работы после окончания университета.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Возженников Г. С., Белышев Ю. В.* Радиометрия и ядерная геофизика: Учеб. пос. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. – 406 с.

2. *Геофизические методы разведки рудных месторождений:* справочник / под ред. В. В. Бродового. – М.: Недра, 1990. – 296 с.

3. *Горбачев Ю. И.* Геофизические исследования скважин: учебник для вузов / под. ред. Е. В. Каруса. – М.: Недра, 1990. – 398 с.

4. *Гравиразведка: справочник геофизика* / под ред. Е. А. Мудрцовой и К. Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 607 с.

5. *Добрынин В. М., Вендельштейн Б. Ю., Резванов В. А. и др.* Промысловая геофизика: учебник для вузов / под. ред. В. М. Добрынина. – М.: Недра, 1986. – 342 с.

6. *Дьяконов Д. И., Леонтьев Е. И., Кузнецов Г. С.* Общий курс геофизических исследований скважин: учебник для вузов. 2-е изд. перераб. – М.: Недра, 1984. – 432 с.

7. *Инструкции по гравиметрической разведке*. – М.: Недра, 1975. – 88 с.

8. *Инструкции по магниторазведке:* наземная магнитная съемка, аэромагнитная съемка, гидромагнитная съемка / под ред. Ю. С. Глебовского и В. Е. Никитского. – Л.: Недра, 1981.

9. *Инструкции по сейсморазведке*. М.: Недра, 1985.

10. *Инструкции по электроразведке:* наземная электроразведка, скважинная электроразведка, шахтно-рудничная электроразведка, морская электроразведка / М-во геологии СССР. – Л.: Недра, 1984. – 352 с.

11. *Кузнецов Г. С., Леонтьев Е. И., Резванов Р. А.* Геофизические методы контроля разработки нефтяных и газовых месторождений: учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 223 с.

12. *Кассин Г. Г.* Геофизические методы на региональном этапе геологоразведочного процесса. – Екатеринбург: УГГА, 1996. – 104 с.

13. *Магниторазведка:* справочник геофизика / под. ред. В. Е. Никитского и Ю. С. Глебовского. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 470 с.

14. *Молчанов А. А., Лукьянов Э. Е., Рапин В. А.* Геофизические исследования горизонтальных нефтегазовых скважин: учебное пособие. – Спб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2001. – 298 с.

15. *Рудные месторождения СССР* / под ред. В. И. Смирнова. Том 3. – М.: Недра, 1974. – 392 с.

16. *Сапожников В. М.* Комплексирование геофизических методов: учебное пособие / Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 76 с.

17. *Сковородников И. Г.* Геофизические исследования скважин: Учеб. пос. для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 456 с.

18. *Физические свойства горных пород и полезных ископаемых*: справочник геофизика / под ред. Н. Б. Дортман. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 456 с.

19. *Электроразведка:* Справочник геофизика. В двух книгах / под. ред. В. К. Хмелевского и В. М. Бондаренко 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – 438 и 278 с.

Учебное издание

БЛИНКОВА НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА
ВАНДЫШЕВА КСЕНИЯ ВАСИЛЬЕВНА

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Методические рекомендации
по производственной практике, по составлению отчета
для студентов направления
21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций «Геофизические методы исследования скважин (ГИС)» и «Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)»

2-е издание, дополненное

Редактор В. В. Баклаева
Компьютерная верстка К. В. Вандышевой

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×811/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. Уч. – изд. л. Тираж 100. Заказ 1,25

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

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 – 2020

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

Издание УГГУ Екатеринбург, 2020

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.

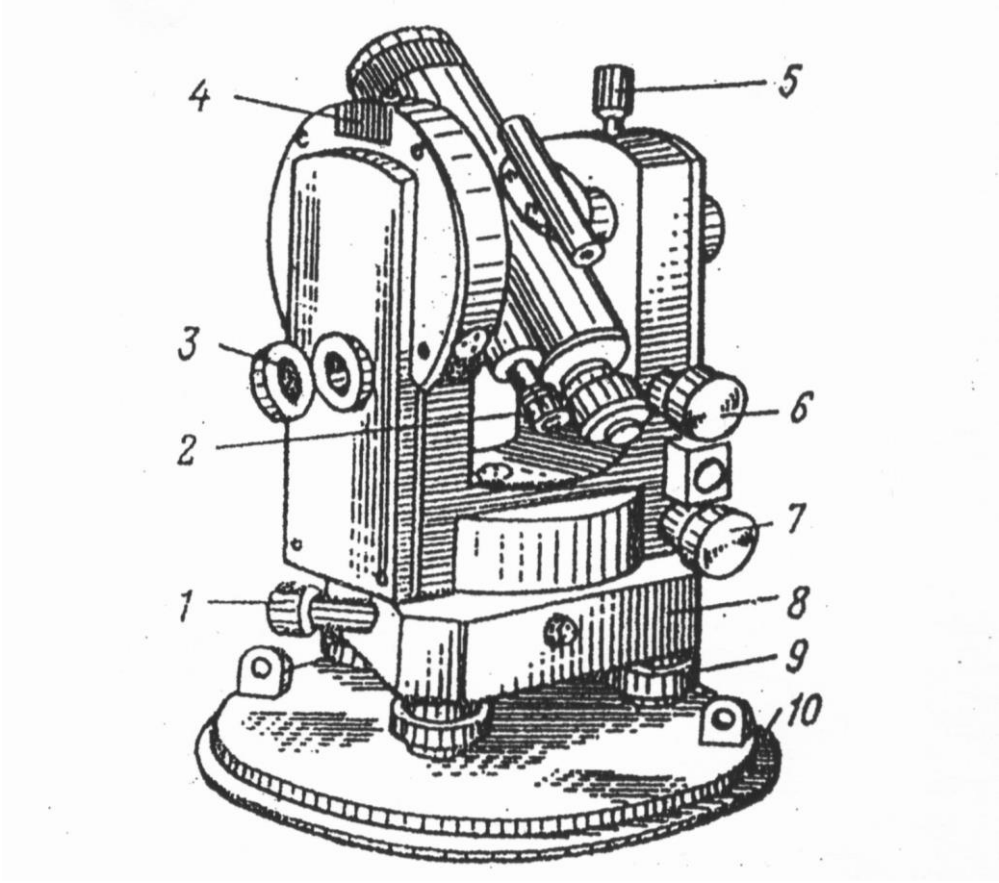


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа;
4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы;
6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады;
8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание

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′.

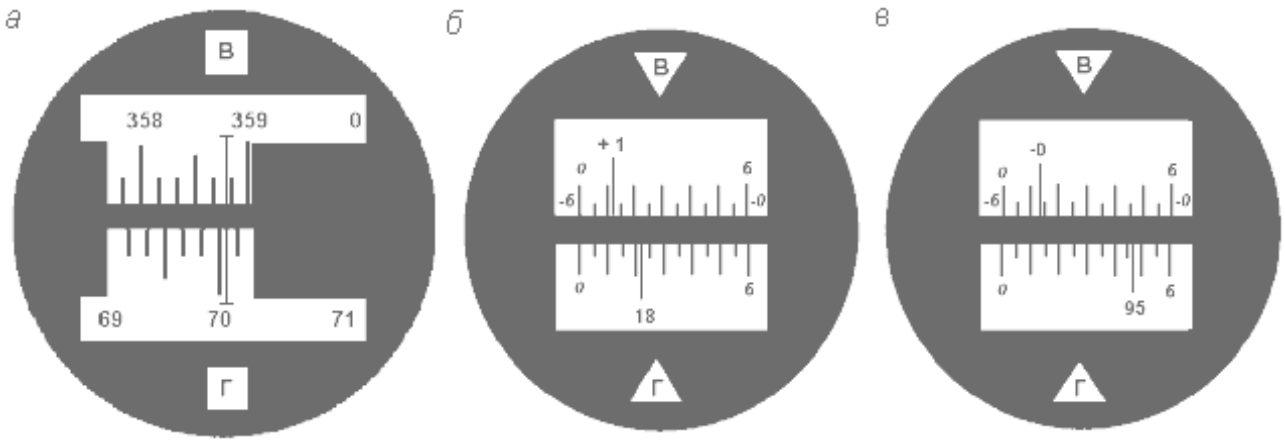


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′, по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′, по горизонтальному – 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

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180°}{2}.$$

Пример:

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7°20' + 172°44' - 180°}{2} = 2',$

для Т-30 КП $172^\circ 44'$.

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7°20' - 7°24'}{2} = -2',$

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).

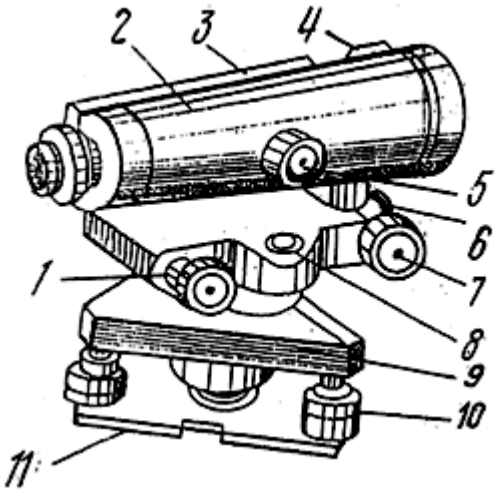
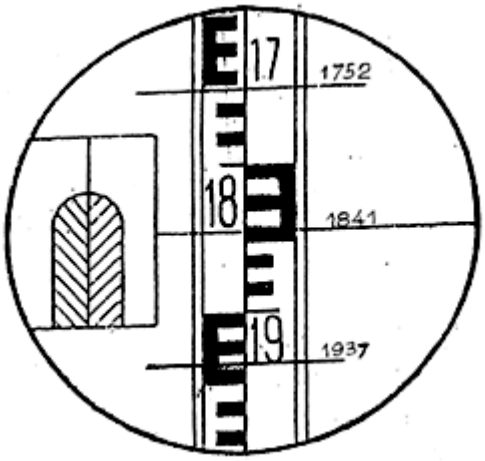


Рис. 1.4. Устройство нивелира:
1 – элевационный винт;
2 – зрительная труба;
3 – цилиндрический уровень;
4 – визир;
5 – винт фокусировки;
6 – закрепительный винт;
7 – наводящий винт;
8 – круглый уровень;
9 – подставка;
10 – подъемные винты;
11 – основание.



Отсчёты по рейке:
1752 мм - верхняя нить
1841 мм - средняя нить
1937 мм - нижняя нить

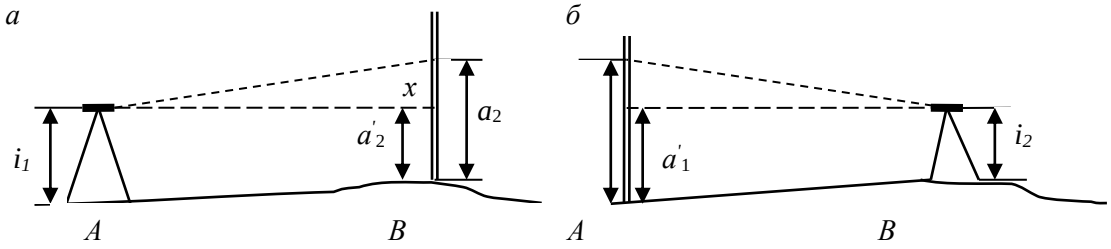


Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

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 $\qquad i_2 = 1540$ мм

$a_1 = 1180$ мм $\qquad a_2 = 1786$ 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.

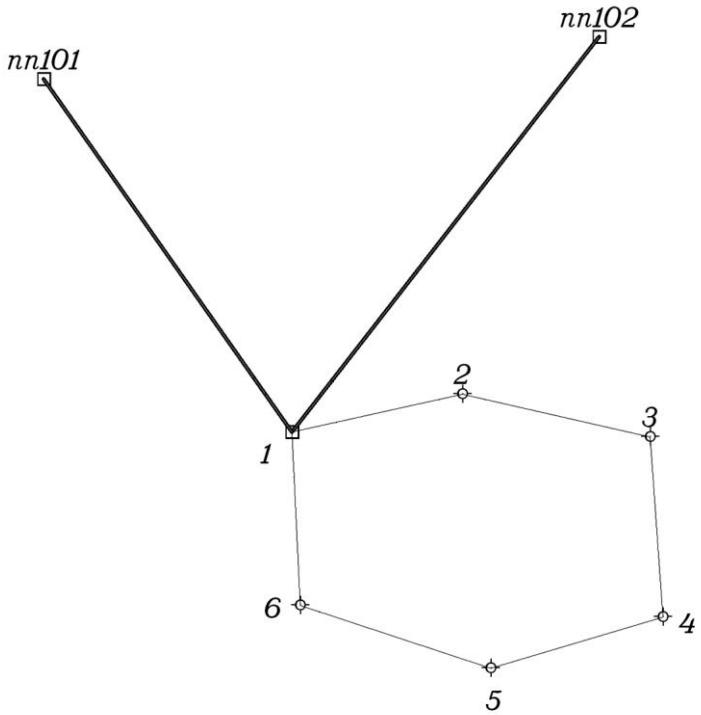


Рис. 2.1. Схема расположения пунктов съемочного обоснования

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.

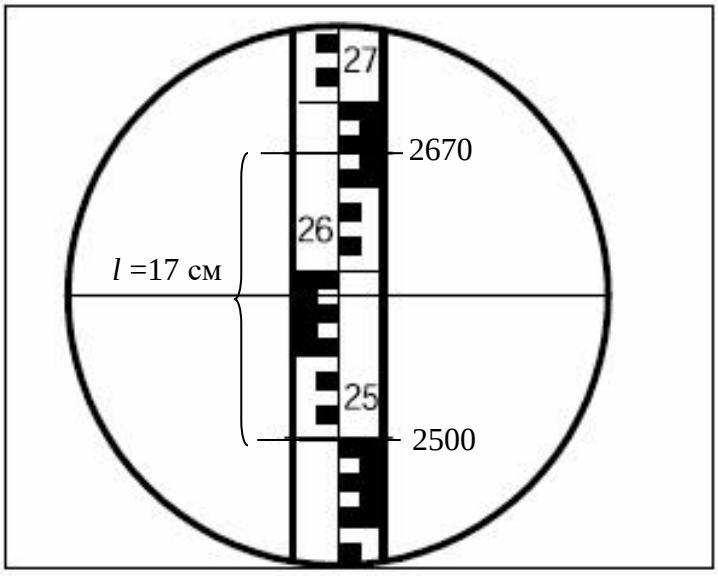


Рис. 2.2. Определение расстояний нитяным дальномером

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 ($\alpha_{1\text{-}А}$, $\alpha_{1\text{-}В}$) 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:

$$r_{1\text{-}пп101} = \operatorname{arctg}\frac{Y_{пп101} - Y_1}{X_{пп101} - X_1},\quad r_{1\text{-}пп102} = \operatorname{arctg}\frac{Y_{пп102} - Y_1}{X_{пп102} - X_1}.$$

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).

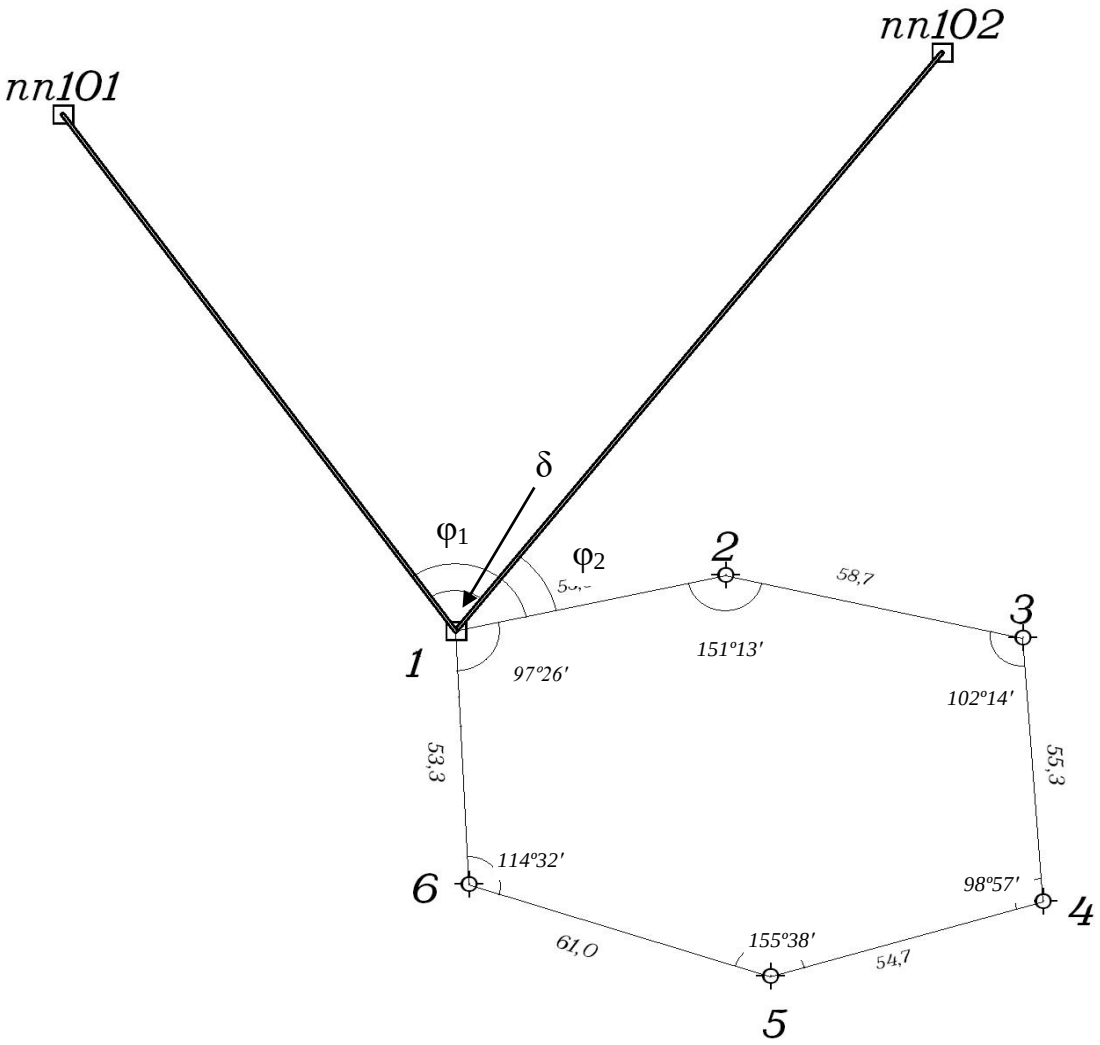


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

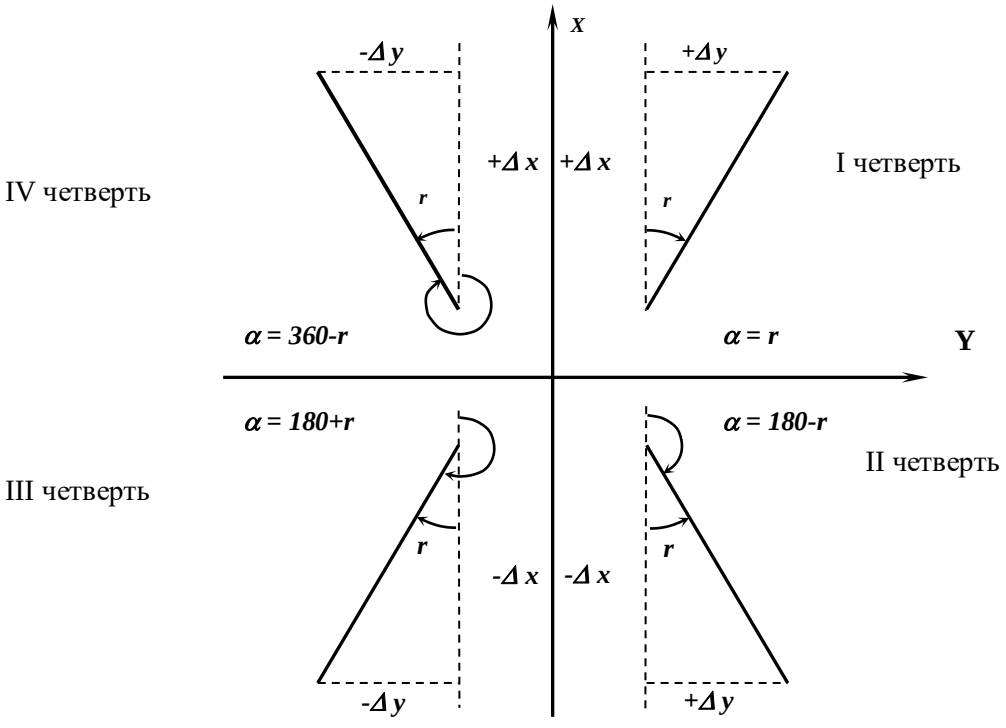


Рис. 3.2. Зависимости между дирекционными углами и румбами

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							-0,02		230,00	1
	-2°01'	+2°02'	83,0	82,90	-2,92	+2,95	-2,94	-2,96		
2							-0,03		227,04	2
	-5°24'	+5°25'	122,0	120,92	-11,43	11,46	-11,45	-11,48		
3							-0,02		215,56	3
	+2°15'	-2°16'	98,0	97,85	+3,85	-3,88	+3,87	+3,85		
4							-0,03		219,41	4
	+1°56'	-1°57'	120,0	119,86	+4,05	-4,09	+4,07	+4,04		
5							-0,02		223,45	5
	+4°30'	-4°29'	100,5	99,88	+7,86	-7,83	+7,85	+7,83		
6							-0,01		231,28	6
	-0°56'	+0°58'	76,5	76,48	-1,25	+1,29	-1,27	-1,28		
1						$\sum h_{ср}$ (+) = +15,79			230,00	1
				ΣD = 597,89 м		$\sum h_{ср}$ (-) = -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						+0,07	+0,12			3382,83	2162,06
	1	110°59'00"	110°59'								
3				3°47'	120,92	+120,64	+7,98	+120,71	+8,10		
	4									3503,54	2171,16
	2	123°09'00"	123°09'			+0,06	+0,10				
4				60°38'	97,85	+48,01	+85,32	+48,07	+85,42		
	5									3551,61	2256,58
	3	105°15'00"	105°15'			+0,07	+0,12				
5				135°23'	119,86	-85,35	+84,21	-85,28	+84,33		
	6									3466,33	2340,91
	4	117°58'00"	117°58'			+0,06	+0,10				
6				197°25'	99,88	-95,32	-29,90	-95,26	-29,8		
	1	-0°0'30"								3371,07	2311,11
	5	124°58'30"	124°58'			+0,05	+0,08				
1				252°27'	76,48	-23,07	-72,94	-23,02	-72,86		
	2	-0°0'30"									
	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 $\leq 20°$ или $\geq 150°$, 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:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{лев} - 180° \text{ - для левых углов;}$$
$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{прав} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

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:

$$\Delta X_{\text{ИСПР}} = \Delta X_i + \delta X_i, \qquad \Delta Y_{\text{ИСПР}} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{\text{ИСПР}} = 0$, $\sum \Delta Y_{\text{ИСПР}} = 0$.

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{ИСПР}}, \qquad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{ИСПР}},$$

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

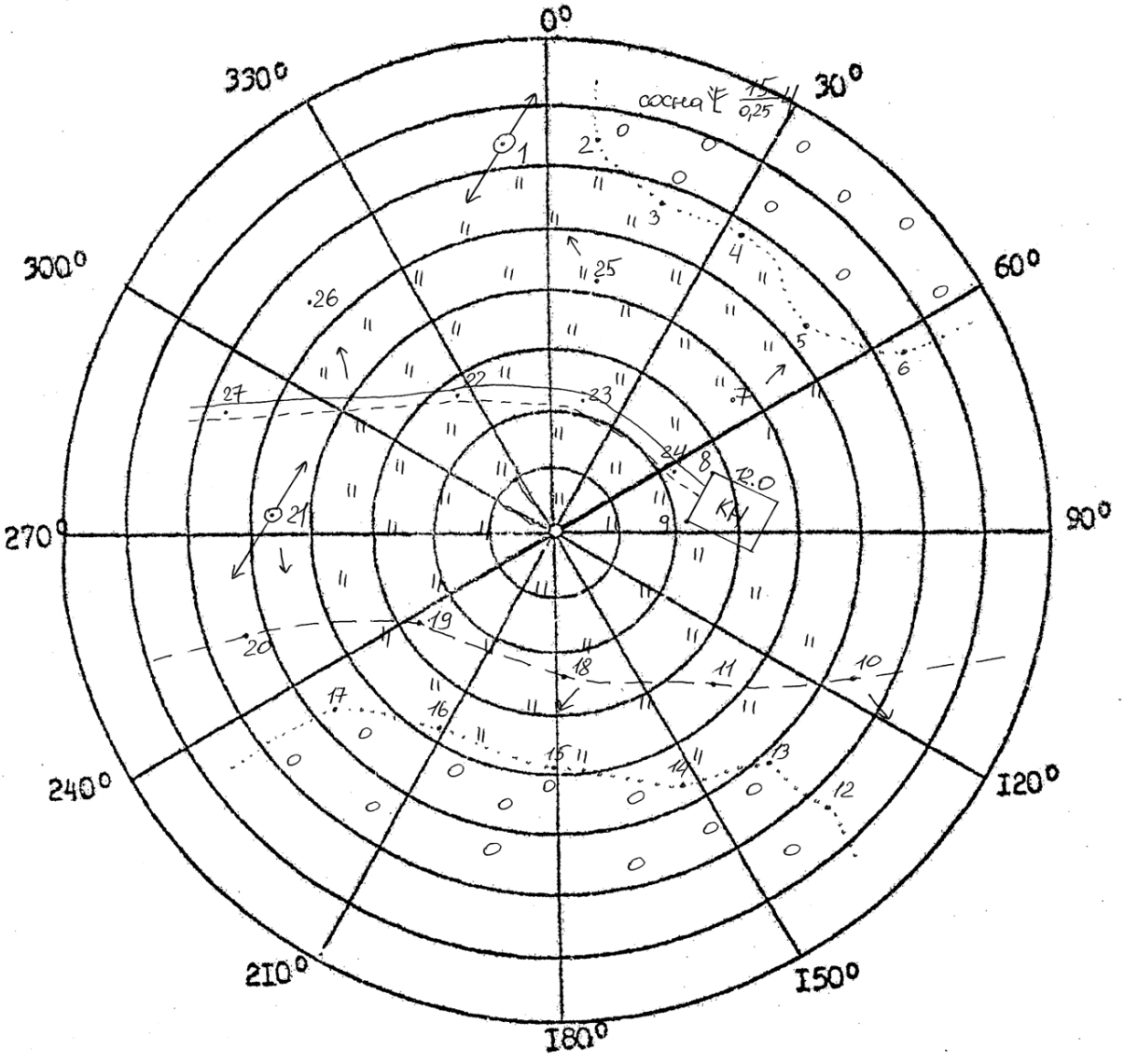
4.3. Составление абриса

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.

Станция 2

Начальное направление на пункт 1



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).

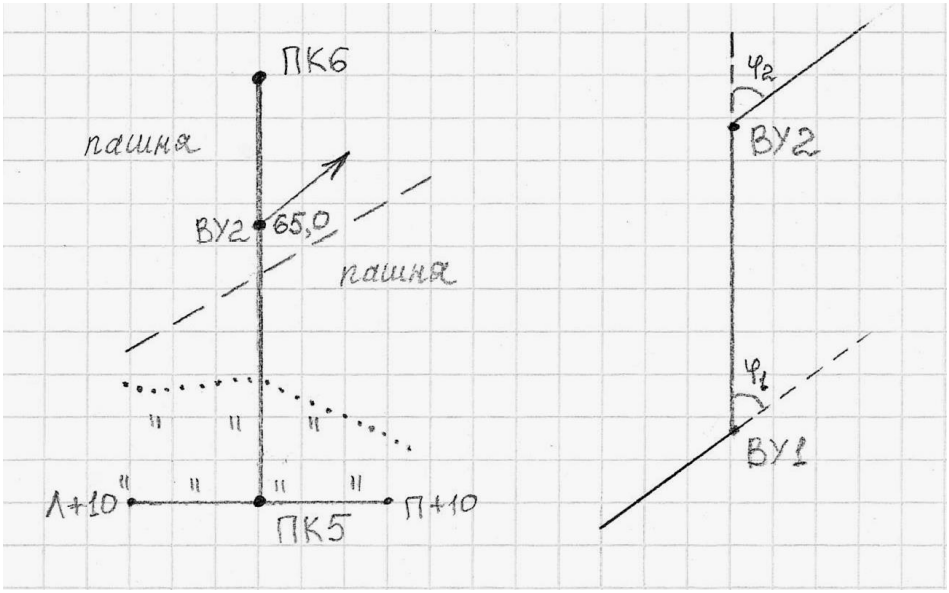


Рис. 6.1. Пикетажный журнал

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.

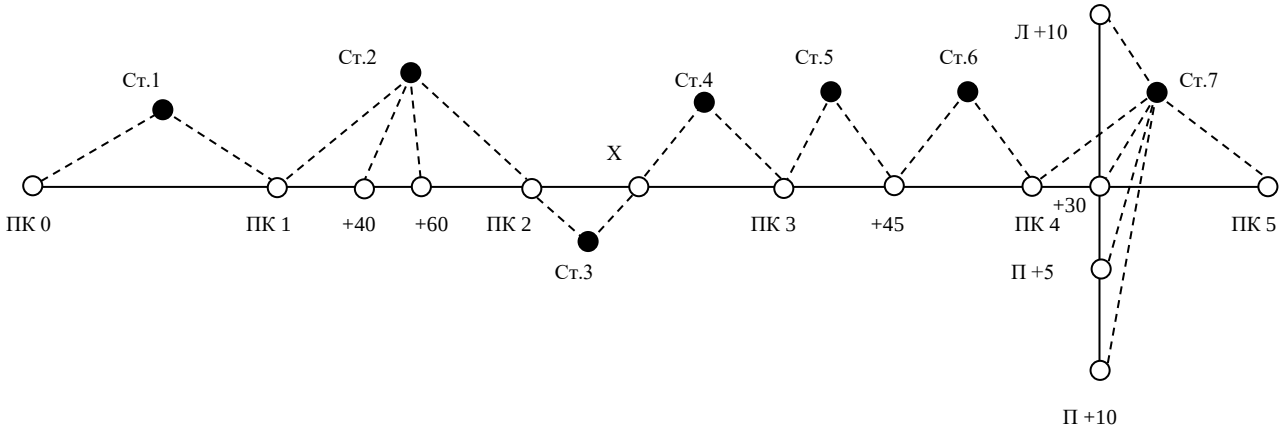


Рис. 6.2. Выбор станций при нивелировании трассы

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-x	2830	420		2410					127,394	2	
		7615	5202		2413		+2 2412					
4	x-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*).

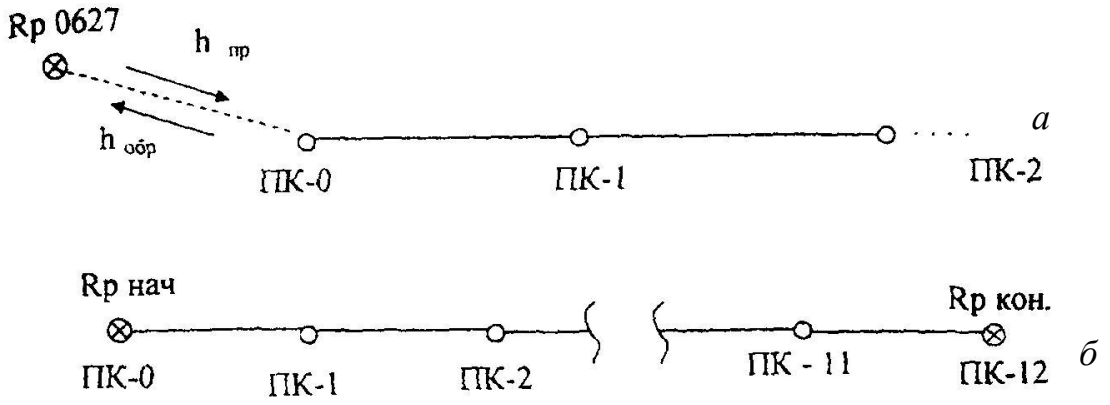


Рис. 6.3. Схемы привязки нивелирного хода:
а – висячий ход, *б* – разомкнутый ход

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:

$$H_1 = H_0 + h_1, \quad H_2 = H_1 + h_2 \ \ldots$$

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.

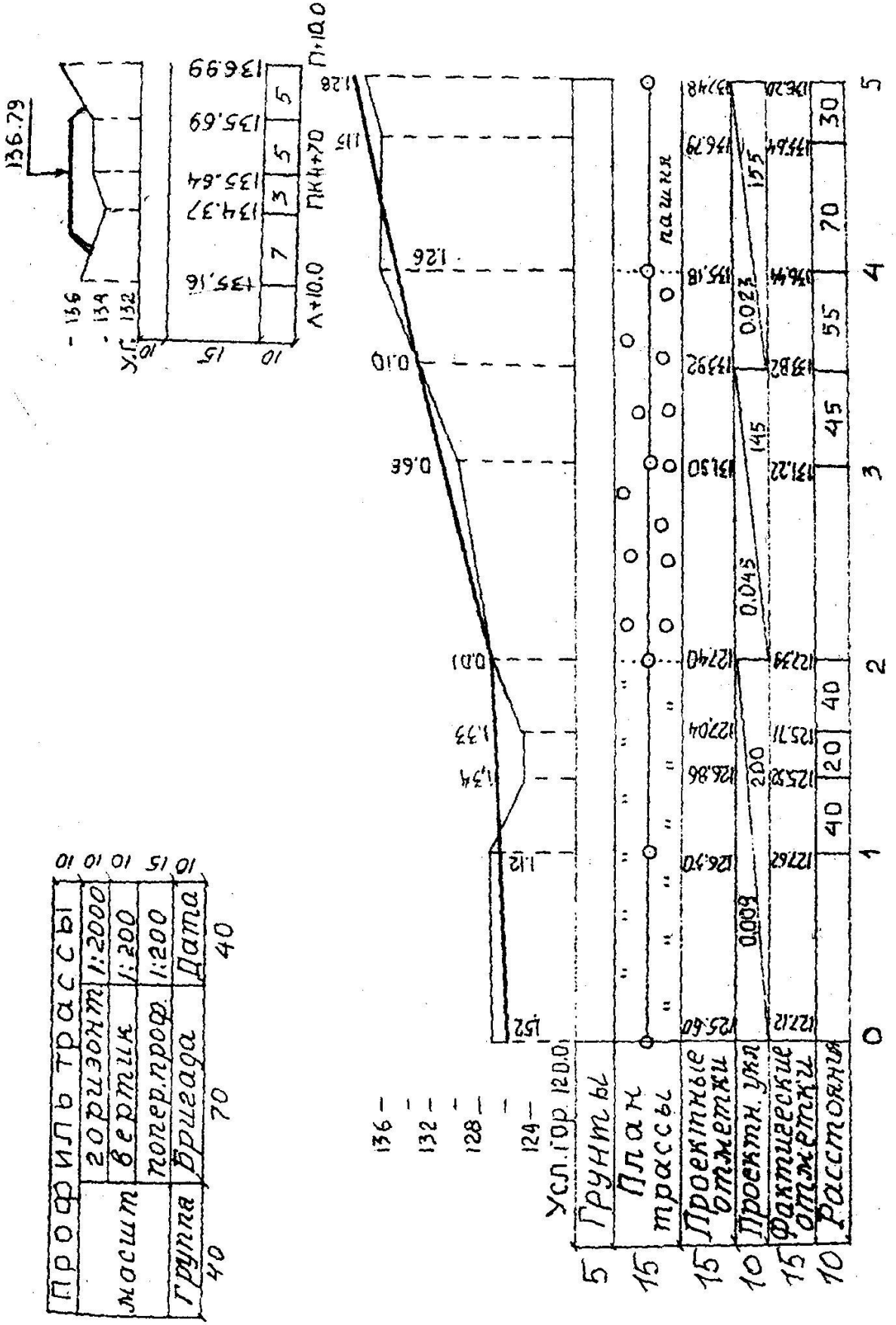


Рис. 6.4. Профиль трассы

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:

$$i = \frac{h}{d}..$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0{,}009;$$

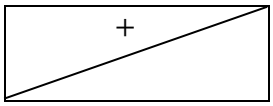
$$i_2 = \frac{6,4}{145} = +0,045;$$

$$i_3 = \frac{3,6}{155} = +0,023.$$

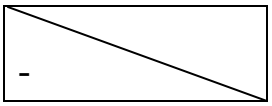
Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

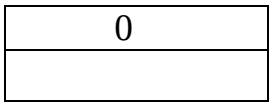
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (*а*), спуском (*б*) или горизонтальные (*с*) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(*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).

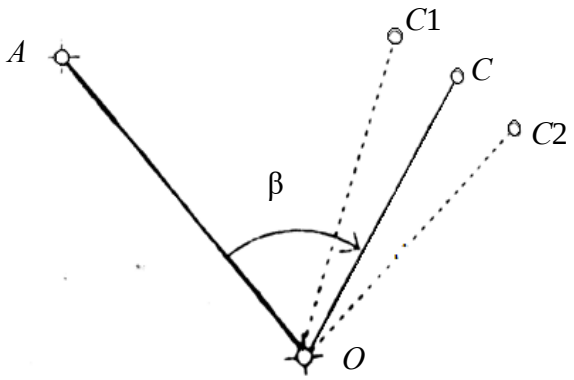


Рис. 7.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

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).

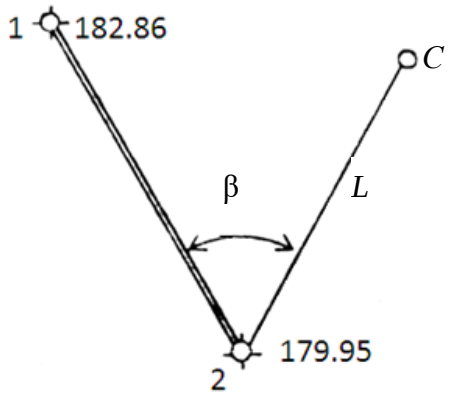


Рис. 7.2. Схема выноса в натуру запроектированной точки

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	*У*	*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:

$$\beta = \alpha_{2\text{-}C} - \alpha_{2\text{-}1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \operatorname{arctg}\frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \operatorname{arctg}\frac{Y_1 - Y_2}{X1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}, \quad D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \; h = H_C - H_2,$$

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.

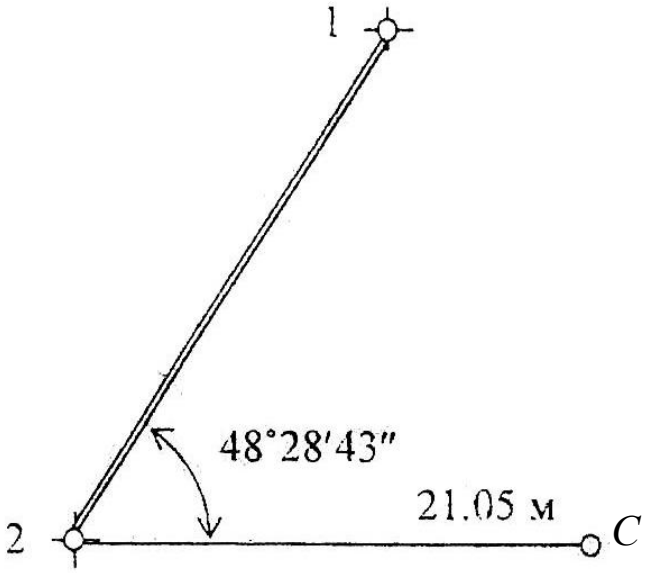


Рис. 7.3. Разбивочный чертеж

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).

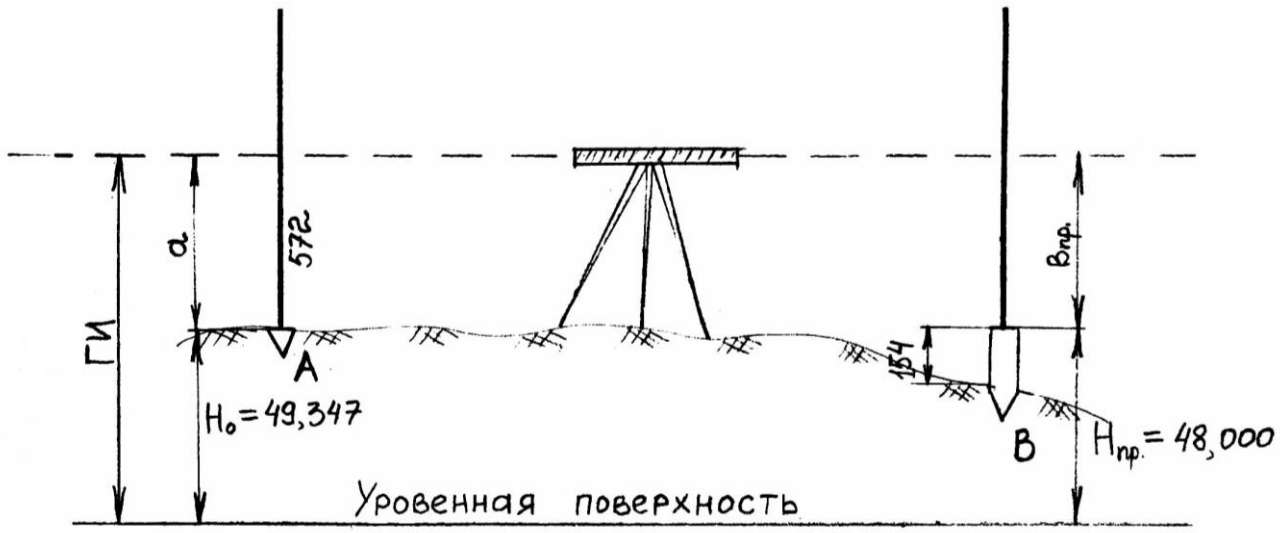


Рис. 7.4. Вынос в натуру точки с проектной отметкой

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.

$$H_{\text{пр1}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 10 = 50{,}20 + 0{,}04 = 50{,}24 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр2}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 20 = 50{,}20 + 0{,}08 = 50{,}28 \text{ м};$$

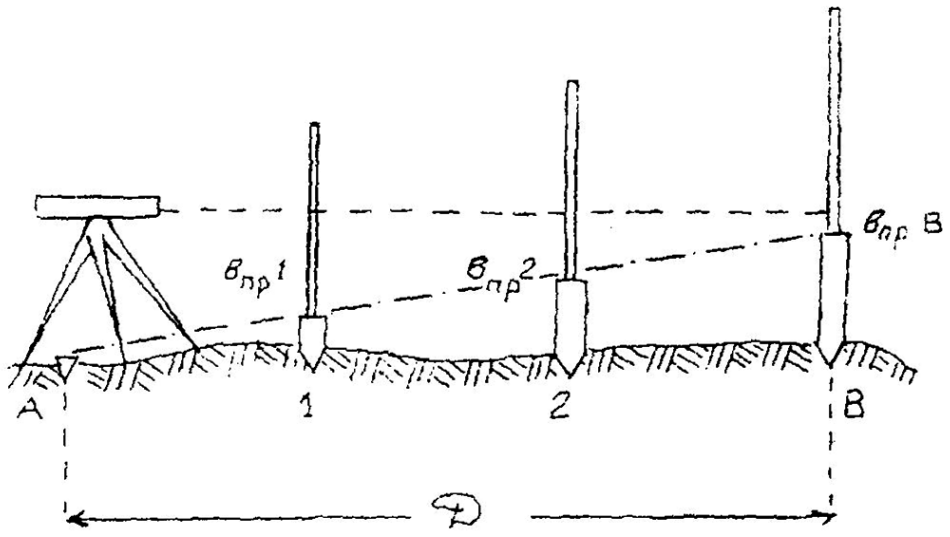
$$H_{\text{прВ}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 30 = 50{,}20 + 0{,}12 = 50{,}32 \text{ м}.$$

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



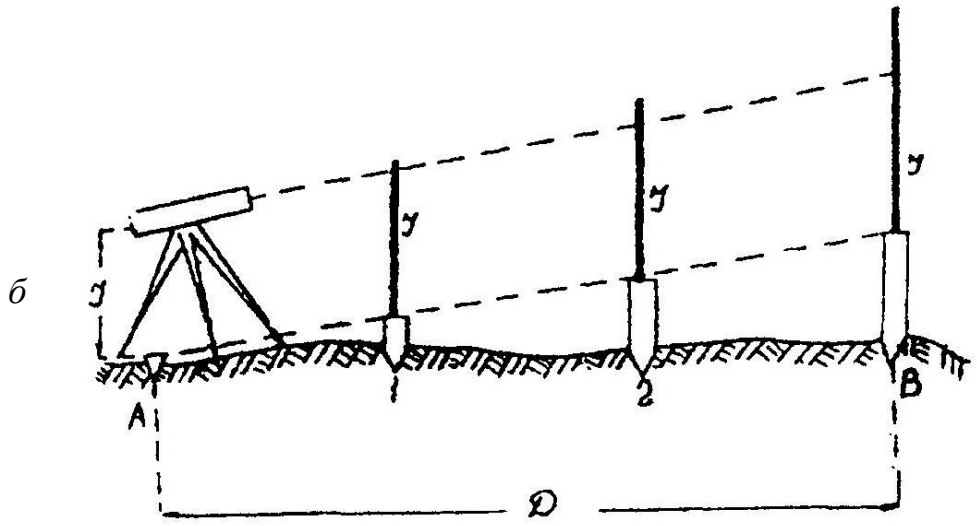


Рис. 7.5. Построение заданного уклона

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
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Н. В. Блинкова, К. В. Вандышева

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Методические рекомендации
по производственной практике,
по составлению отчета для студентов специальности
21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций
«Геофизические методы исследования скважин (ГИС)» и
«Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)»

Екатеринбург
2020

Б69

Рецензенты: *Писецкий В. Б.,* д-р геол.-мин. наук, профессор кафедры геоинформатики Уральского государственного горного университета;
Иголкина Г. В., д-р геол.- мин. наук, профессор кафедры геофизики Уральского государственного горного университета.

Блинкова Н. В., Вандышева К. В.

Б69 ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА): методические рекомендации по производственной практике, по составлению отчета для студентов специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций «Геофизические методы исследования скважин» (ГИС) и «Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)». 2-е издание, дополненное / *Н. В. Блинкова, К. В. Вандышева*; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 24с.

Методические рекомендации содержат цели и задачи производственной практики, включающих в себя выработку навыков производственного труда, знакомства с техникой, геофизической аппаратурой, методикой работ. Даются необходимые рекомендации по руководству и организации практики от университета и от предприятия.

Для студентов специальности 21.05.03 Технология геологической разведки специализаций «Геофизические методы поисков и разведки МПИ» и «Геофизические методы исследования скважин»

© Блинкова Н. В.,
Вандышева К. В., 2010, 2018
© Уральский государственный
горный университет, 2010, 2018

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Факультета геологии и геофизики УГГУ
_____2018 г.
Председатель комиссии
_____проф. Бондарев В. И.

Н. В. Блинкова, К. В. Вандышева

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Методические рекомендации
по производственной практике,
по составлению отчета для студентов направления
21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций
«Геофизические методы исследования скважин (ГИС)» и
«Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)»

2-е издание, дополненное

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Оглавление

Введение…… 4
1. Организация и руководство практикой……. 5
1.1. Организация практики……. 5
1.2. Руководство практикой…… 6
1.2.1. Руководство практикой от университета…….. 6
1.2.2. Руководство практикой от предприятия……... 6
2. Обязанности и права студентов…….. 10
2.1. Обязанности студента…….. 10
2.2. Права студентов…… 12
3. Цели и задачи практики……... 14
3.1. Цель практики……... 14
3.2. Задачи практики…… 14
4. Структура и содержание отчёта……. 15
5. Основные требования к оформлению отчета…… 19
6. Перечень документов, необходимых
при отъезде на практику…….. 21
7. Содержание практики…….……. 21
Рекомендуемая литература……. 23

ВВЕДЕНИЕ

Производственная практика является ответственным этапом в подготовке горных инженеров-геофизиков. Данная программа предусматривает выработку у студентов навыков производственного труда и преобретения профессии, необходимой для инженерной деятельности, закрепления знаний по общеинженерным и специальным дисциплинам и является неотъемлемой частью всего учебного процесса.

Цели, задачи, содержание, объем практик и их название определяются требованиями федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) по направлениям подготовки ВО, программами практик, разработанных с учетом специфики подготовки обучающихся. Цель практики заключается в формировании профессиональных навыков через закрепление, расширение, углубление и систематизацию знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения, проверке профессиональной готовности будущего специалиста к самостоятельной трудовой деятельности и приобретение профессионального опыта. Задачи практики определяются в рабочих программах практик и индивидуальных заданиях, разработанных кафедрами университета ответственными за проведение практики (с учетом специфики и уровня подготовки специалиста).

1. ОРГАНИЗАЦИЯ И РУКОВОДСТВО ПРАКТИКОЙ

1.1. Организация практики

Производственная практика студентов четвёртого курса проводится в геологоразведочных организациях (партиях, экспедициях и частных компаниях), а также научно-исследовательских и проектных организациях геолого-разведочного профиля.

Для успешного проведения производственной практики студентам необходимо знать определённые разделы из цикла предшествующих дисциплин. Из дисциплины «Геофизические методы исследования скважин», оборудование для выполнения спуско-подъёмных операций, геофизические цифровые станции для регистрации данных каротажа, технику и методику работ при выполнении определённых геофизических методов, теорию этих методов. Из дисциплины «Аппаратура геофизических исследований скважин», «Электронные измерительные устройства» необходимо студентам знать устройство скважинных приборов, устройство регистраторов и станций на уровне блок-схем. Из курса «Физика горных пород» – основные физические и физико-механические характеристики горных пород, классификацию горных пород, рудных и нерудных минералов по их способу образования, а так же классификации по буримости.

Из курса «Разведочная геофизика» основные методы разведки и их практической применение.

Из курса наземных методов разведки указываются предпосылки проведения работ, последовательность выполнения разными ме-

тодами, и их взаимодействие, типовой и рациональный комплекс геофизических работ. Определение масштаба съемки, обоснование сети наблюдения, точности и способа ее определения, выбор аппаратуры. Описание последовательности обработки, методики интерпретации результатов наблюдений каждым методом и способ представления полученных данных.

1.2. Руководство практикой

1.2.1. Руководство практикой от университета

Руководитель практики студентов от университета:

– обеспечивает проведение всех организационных мероприятий перед выездом студентов на практику (проводят собрание студентов и инструктаж по вопросам проведения практики, проверяют обеспеченность студентов программами, дневниками, а так же индивидуальным заданиями);

– проводят общий инструктаж по вопросам техники безопасности на практике и дисциплины в пути следования на место практики и обратно;

– обеспечивает высокое качество прохождения практики студентами в соответствии с программой практики, контролирует обеспечение студентов рабочими местами.

1.2.2. Руководство практикой от предприятий

Ответственность за прохождение практики на предприятии возлагается на руководителя предприятия. Непосредственное руководство практикой студентов в структурных подразделения пред-

приятий возлагается приходом руководителя предприятия на высококвалифицированных специалистов.

Предприятие обязано обеспечить студентов во время прохождения производственной практики оплачиваемыми рабочими местами в соответствии с программой практики, создать необходимые условия для усвоения студентами знаний о новой технике, новой аппаратуре, новых методах, передовой технологии, современных вопросов экономики и передовых методов организации труда.

Руководители практики организуют проведение обязательных инструктажей по охране труда и технике безопасности (вводного и на рабочем месте) с оформлением соответствующей документации. Безопасные условия труда и обучения проводятся в соответствии с «Порядком обучения по охране труда и проверке знаний требований охраны труда работников организаций», утвержденные Министерством образования Российской Федерации и Министерством труда и социального развития от 13.01.2003 №1/29 «Об утверждение порядка обучения по охране труда и проверке знаний требований по охране труда работников организаций».

Руководители практики обязаны обеспечить студентов (учащихся) на время прохождения практики спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями в соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации и постановлением Министерства труда Российской Федерации от 01.06.2009 № 290 н (в редакции от 12.01.2015) «об утверждений правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами инди-

видуальной защиты», девствующей в части, непротиворечащей трудовому кодексу Российской Федерации.

Предприятие несёт полную ответственность за несчастный случай, происшедший со студентами во время прохождения ими практики.

Руководители предприятий могут выносить в случае необходимости в приказном порядке, взыскания студентам-практикантам, нарушающим правила внутреннего распорядка, и сообщать об этом в университет.

Руководители практики должны создать необходимые условия для выполнения студентами (учащимися) программы производственной практики. Не допускать использования студентов на работах, не предусмотренных программой прохождения практики и не имеющих отношения к профессии (специальности) студентов.

Руководитель от предприятия, осуществляющий общее руководство практикой:

– знакомит студентов с организационной структурой предприятия и основными направлениями его работ;

– совместно с руководителем практики от университета организует и контролирует проведение практики в соответствии с программой и согласованным календарным графиком прохождения практики;

– организует экскурсии по предприятию и на другие объекты (скважины);

– вовлекает студентов в научно-исследовательскую и рационализаторскую работу.

Руководители обязаны предоставить студентам возможность пользования лабораториями, мастерскими, кабинетами (библиотекой), технической и другой документацией в подразделениях предприятия для успешного освоения студентами программы производственной практики и выполнения индивидуальных занятий.

Руководители от предприятия должны обеспечить иногородних студентов койко-местом в общежитии в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями на время прохождения производственной практики с оплатой по установленным нормам.

Руководители должны осуществлять контроль за соблюдением студентами мер пожарной безопасности.

Руководители практики должны обеспечить табельный учёт выхода на работу студентов, дать характеристику о работе каждого студента и заключение о качестве подготовленного ими отчёта.

Руководители практики должны производить оплату и стимулирование труда студентов, зачисленных на вакантные рабочие места (должности), в период прохождения производственной практики по выполняемой работе в соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации, локальными нормативными актами, действующими в обществе, и договорами образовательных учреждений на проведение производственной практики, заключаемых с обществом.

Руководители структурных подразделений в праве отстранять студентов от дальнейшего прохождения практики и досрочно отправить студента в расположение образовательного учреждения в случае грубого нарушения ими требований, правил, предписаний и инструкций по охране труда и технике безопасности, предусмотренных

трудовым кодексом Российской Федерации и иными нормативно трудовыми актами, действующими в части не противоречащими трудовому кодексу Российской Федерации.

Во время проведения производственной практики руководители практики должны предоставлять работникам, зачисленным на вакантные рабочие мечта (должности) гарантии компенсации, предусмотренные трудовым законодательством Российской Федерации.

Кроме того руководители практики должны знакомить студента с организацией работ на конкретном рабочем месте; помогать студентам правильно выполнять все задания, овладевать навыками производственной работы и рабочими профессиями, получать необходимые материалы для составления отчётов по практике; контролировать ведение дневников, подготовку отчётов по практике, составлять производственные характеристики об отношении студентов к работе, их деловые качества, а так же их участие в общественной жизни предприятия.

2. ОБЯЗАННОСТИ И ПРАВА СТУДЕНТОВ

2.1. Обязанности студентов

До отъезда на практику, студент должен знать какая кафедра и кто из её преподавателей руководит практикой, знать место и адрес прохождения практики; получить на кафедре, осуществляющей руководство практикой, путёвку-удостоверение, программу практики и пройти общий инструктаж по вопросам техники безопасности; изучить программу практики и маршрут следования к месту практики, сдать книги в библиотеку и своё место в общежитии, оформить об-

ходной лист и сдать его на кафедру; студентам, обучающимся платно оплатить обучение и оформить это в бухгалтерии.

Своевременно, но не позднее, чем за день до начала практики выехать на предприятие-базу практики имея при себе, кроме документов необходимых для прохождения практики, студенческий билет, трудовую книжку (если она имеется) и фотографии для пропуска. Желательно руководителю предприятия сообщить по телефону о своём выезде, вид транспорта, время прибытия.

По прибытию на место студент обязан явиться к руководителю предприятия и получить указания по прохождению практикой, договориться о времени и месте получения консультаций.

До начала работы на штатной должности студент должен пройти производственный инструктаж, организуемый предприятием, с обязательным изучением правил техники безопасности и охраны труда, правила работ с радиоактивными источниками и взрывными веществами (при работе на радиоактивных методах каротажа и перфорации скважин), а также действующих на предприятии правил эксплуатации оборудования.

В период прохождения практики студенты обязаны:

– полностью выполнять задание, предусмотренное программой практики, строго соблюдая сроки прохождения практики;

– подчиняться действующим на предприятии правилам внутреннего трудового распорядка;

– нести ответственность за выполненную работу и её результаты наравне с работниками предприятия;

– овладеть навыками производственной работы, сдать квалификационный экзамен по профилю выполненной работы;

– регулярно вести дневник, отражающий ежедневную работу, составить отчёт;

– чётко выполнять рекомендации и указания руководителей от университета и предприятия.

По окончании практики студентам необходимо сдать пропуск, техническую и художественную литературу, спецодежду, место в общежитии, предварительно отметив на предприятии, взять с собой отчёт по практике, путёвку-удостоверение, характеристику, удостоверение о получении квалификации, трудовую книжку и прибыть в университет в установленный срок (путёвка и характеристика подписываются руководителем предприятия и скрепляются печатью, отчёт по практике подписывается руководителем практики).

По возвращении путевка, отчёт и характеристика сдаются студентом на кафедру для проверки.

2.2. Права студентов

В соответствии с программой практики, предприятие обеспечивает их оплачиваемыми рабочими местами.

После зачисления студентов на оплачиваемые рабочие места и должности, на них распространяется трудовое законодательство Российской Федерации, правила охраны труда и внутреннего распорядка, действующего на данном предприятии, выплачивается компенсация за очередной отпуск по нормам, установленным, для данной профессии (должности).

Во время прохождения практики за студентами независимо от получаемой заработной платы, сохраняется право на получение стипендии, если студент её ранее получал.

На студентов, не имеющих стажа работы, заводится трудовая книжка, в которой делается соответствующая запись.

Студентам, зачисленным на платные должности в геологических партиях и экспедициях, получающим заработную плату и полевое довольствие или бесплатное питание, выплата суточных денег не производится.

Проезд студентов к месту практики и обратно средствами городского, пригородного и местного транспорта, независимо от места практики, оплачивается студентами за свой счёт.

Студенты за время прохождения практики пользоваться бесплатно защитной одеждой, спец обувью, и индивидуальными средствами защиты по нормам, установленными для соответствующих работников данного предприятия.

Предприятие обеспечивает студентов общежитиями на условиях, предоставляемых постоянным работникам.

Студенты имеют право пользоваться на предприятиях по месту прохождения практики литературой, инструкциями, получать консультации специалистов по программе практики и помощь в подборе материалов для отчётов о практике, курсовых и дипломных проектов.

3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

3.1. Цель практики

Целью практики является реализация на производстве и закрепление теоретических знаний, получаемых студентом в процессе обучения; практическая работа по специальности и овладение профессией, отбор и накопление материала, необходимого для выполнения дипломного проекта или дипломной работы; изучение и приобретение опыта руководства структурным подразделением; активное ознакомление с технологией производственного процесса, знакомство с новыми методиками и техническими средствами, а также проверка деловых качеств студентов в производственных условиях.

3.2. Задачи практики

В задачи практики входит:

– формирование профессиональных навыков путём активного участия в производственном процессе;

– приобретение практических навыков самостоятельной работы в должности рабочего;

– закрепление профессиональных знаний и их повышение при прохождении практики;

– приобретение опыта эксплуатации и ремонта оборудования, используемого в партиях и экспедициях;

– изучение конкретных производственных заданий и технико-экономических показателей их выполнения;

– освоение способов интерпретации результатов наблюдений;

– изучение организации труда.

Студент должен постоянно фиксировать свои достижения в специальном дневнике. В дальнейшем все собранные материалы и наблюдения должны быть изложены в отчёте по производственной практике.

Перечень дисциплин с указание разделов, усвоение которых необходимо для прохождения практики.

Для успешного прохождения производственной практики студентам необходимо знать определённые разделы цикла предшествующих дисциплин в соответствии с учебным планом. Из дисциплины « Геофизические методы исследования скважин » теорию методов электрического каротажа, радиоактивного каротажа и методов контроля за техническим состоянием скважин.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Важнейшим этапом прохождения производственной практики является составление отчёта. По отчёту оценивается качество выполнения программы практики. Все собранные материалы являются основой дипломного проекта или дипломной работы.

Любые методические материалы должны быть подкреплены рисунками, таблицами, картами физических полей, блок-схемами, диаграммами.

Студент должен подготовить список используемой литературы, отчётов, инструкций. В отчёте должны быть ссылки на фондовые материалы.

Составление дипломного проекта или дипломной работы является заключительным этапом обучения студентов в УГГУ, дипломный проект является квалификационной работой, подготовка и успешная защита которой в ГЭК (Государственная аттестационной комиссией) служит основанием для присвоения выпускнику университета звания горного инженера – геофизика. Поэтому сбор материалов на практике должен соответствовать следующему перечню разделов:

– для специализации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ»:

Введение

1. Общие сведения о районе работ (приложением должна быть выкопировка из географической карты, с указанием места работ)
2. Геологическое строение района и участка работ
3. Физические и геологические предпосылки для постановки геофизических работ
4. Построение физико-геологической модели (обобщенную ФГМ можно представлять в виде совокупности частных моделей: геологической, петрофизической и физических полей в профильном, плоскостном или объемном варианте)
5. Анализ геофизических работ, проведенных в районе
6. Методика и техника проектируемых работ
7. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и охрана окружающей среды
8. Перечень, объём и условие производства проектируемых работ

Заключение

Список использованной литературы;

– для специализации «Геофизические методы исследования скважин»:

Введение

1. Общие сведения о районе работ (приложением должна быть выкопировка из географической карты, с указанием места работ)
2. Геологическое строение района и участка работ
3. Физические и геологические предпосылки для постановки геофизических работ
4. Анализ геофизических работ, проведенных в районе
5. Особенности бурения, конструкция скважины
6. Методика и техника проектируемых работ
7. Обеспечение безопасности жизнедеятельности и охрана окружающей среды
8. Перечень, объём и условие производства проектируемых работ

Заключение

Список используемой литературы.

Студенту необходимо приложить к отчёту каротажные диаграммы, геологическую карту и разрез, чертежи, схемы, графики, таблицы, карты геофизических полей.

Тема должна быть выбрана студентом под руководством квалифицированного специалиста от предприятия или с помощью преподавателя кафедры.

Возможные темы:

– для специализации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ»:

– «Проект геофизических работ с целью поисков золото-сульфидных месторождений в конкретном районе (регионе)»;

– «Проект геофизических работ в помощь геологическому картированию масштаба 1:50 000 при доизучении конкретной площади (участке работ)»;

– «Проект инженерно-геофизических исследований для геологического обеспечения проектирования строительства объекта (указать какого)».

– для специализации «Геофизические методы исследования скважин»:

– «Определение профиля притока и приемистости»;

– «Определение фильтрационно-ёмкостных свойств пластов - коллекторов»;

– «Оценка технического состояния скважины»;

– «Оценка нефтенасыщенности коллекторов»;

– «Новые технические средства для ГИС»;

– «Методы исследования горизонтальных скважин».

Руководитель практики, выделенный производственной организацией, должен постоянно консультировать студента, следить за качеством собранного материала.

В дальнейшем эту роль берёт на себя руководитель дипломного проектирования.

На написание отчёта даётся две недели от начала учебных занятий в осеннем семестре.

5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к техническим рукописям. Текст располагает на одной стороне листа белой бумаги формата А4. Рекомендуется шрифт 14 Times New Roman расстоянием между строками 1,5 интервала. Поля сверху, снизу и справа не менее 20 мм, слева – не менее 30 мм. Отступ абзаца 10 мм.

Страницы нумеруют подряд, включая рисунки и таблицы. Отсчет страниц начинают с титульного листа, но номер в первый раз проставляет на первой странице введения.

Нумерация рисунков, таблиц, формул сквозная, арабскими цифрами. Их помещают после первого упоминания на той же или на следующей странице. Подрисуночную подпись помещают ниже рисунка. Она включает номер рисунка (например, «Рис. 3») и далее его название. С новой строки помещают необходимые пояснения. Название рисунка набирают шрифтом меньшим, чем шрифт основного текста. Рисунок и подрисуночную подпись сверху и снизу отделяют от текста интервалами. Ссылки на рисунки делают в круглых скобках (например, (рис. 3)), при повторных ссылках добавляет сокращенное слово «смотри» (например, (см. рис. 3)).

Содержание таблиц также набирает более мелким шрифтом. Над таблицей помещают ее название, а над названием справа – слово "Таблица" и ее номер (знак «№» не пишут). Ссылки на таблицы делают так же, как на рисунки.

Слова в тексте пишут полностью, допускаются только общепринятые в технической литературе сокращения. Следует использовать термины и обозначения различных величин принятые в технической литературе. При первом использовании какого-либо обозначения следует пояснить его значение. Греческие буквы набирают прямым шрифтом, латинские – курсивом, за исключением математических (sin, ln и т .п.) и химических символов, которые набирают прямым шрифтом.

Заголовки разделов пишут заглавными буквами жирным шрифтом и располагают посредине листа. Разделы нумеруют арабскими цифрами (слово «глава» обычно не пишется). Подразделы нумеруют двумя цифрами через точку, указывающими номер раздела и номер подраздела в нем.

В конце текстовой части приводят список литературы. Список составляют в алфавитном порядке. Сначала указывают печатные источники, затем фондовые. Описание литературных источников делают в соответствии с установленными правилами. Ссылки на литературу в тексте делают путем указания номера источника по списку в квадратных скобках (например [7]). При использовании заимствованных рисунков, таблиц ссылка на источник или автора обязательна.

Графические приложения выполняют на стандартных листах формата А1. При необходимости можно использовать листы других стандартных форматов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ НЕОБХОДИМЫЙ ПРИ ОТЪЕЗДЕ НА ПРАКТИКУ

1. Паспорт.
2. Военный билет или приписное свидетельство.
3. Страховой полис.
4. Страховое свидетельство.
5. ИНН (идентификационный номер налога плательщика).
6. Трудовая книжка, если она есть.
7. Медицинская справка.
8. Путёвка от кафедры.
9. Справка первого отдела.
10. Два фото размером 3×4 см.

Перед получением путёвки студент на кафедру должен сдать обходной лист.

7. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Производственную практику на предприятиях занимающихся ГИС, проходят студенты специализации «Геофизические методы исследования скважин», избравшие для курсового и дипломного проектирования тематику разнообразных методов, методик, технологии исследования скважин.

На практику в геологоразведочные организации отправляются студенты специализации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ», избравшие для курсового и дипломного проектирования

тематику разнообразных методов, методик, технологии проведения геофизических методов разведки.

Производственная практика позволит студенту проявить свои деловые и профессиональные качества и обеспечить место для дальнейшей работы после окончания университета.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Возженников Г. С., Белышев Ю. В.* Радиометрия и ядерная геофизика: Учеб. пос. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. – 406 с.

2. *Геофизические методы разведки рудных месторождений:* справочник / под ред. В. В. Бродового. – М.: Недра, 1990. – 296 с.

3. *Горбачев Ю. И.* Геофизические исследования скважин: учебник для вузов / под. ред. Е. В. Каруса. – М.: Недра, 1990. – 398 с.

4. *Гравиразведка: справочник геофизика* / под ред. Е. А. Мудрцовой и К. Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 607 с.

5. *Добрынин В. М., Вендельштейн Б. Ю., Резванов В. А. и др.* Промысловая геофизика: учебник для вузов / под. ред. В. М. Добрынина. – М.: Недра, 1986. – 342 с.

6. *Дьяконов Д. И., Леонтьев Е. И., Кузнецов Г. С.* Общий курс геофизических исследований скважин: учебник для вузов. 2-е изд. перераб. – М.: Недра, 1984. – 432 с.

7. *Инструкции по гравиметрической разведке*. – М.: Недра, 1975. – 88 с.

8. *Инструкции по магниторазведке:* наземная магнитная съемка, аэромагнитная съемка, гидромагнитная съемка / под ред. Ю. С. Глебовского и В. Е. Никитского. – Л.: Недра, 1981.

9. *Инструкции по сейсморазведке*. М.: Недра, 1985.

10. *Инструкции по электроразведке:* наземная электроразведка, скважинная электроразведка, шахтно-рудничная электроразведка, морская электроразведка / М-во геологии СССР. – Л.: Недра, 1984. – 352 с.

11. *Кузнецов Г. С., Леонтьев Е. И., Резванов Р. А.* Геофизические методы контроля разработки нефтяных и газовых месторождений: учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 223 с.

12. *Кассин Г. Г.* Геофизические методы на региональном этапе геологоразведочного процесса. – Екатеринбург: УГГА, 1996. – 104 с.

13. *Магниторазведка:* справочник геофизика / под. ред. В. Е. Никитского и Ю. С. Глебовского. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 470 с.

14. *Молчанов А. А., Лукьянов Э. Е., Рапин В. А.* Геофизические исследования горизонтальных нефтегазовых скважин: учебное пособие. – Спб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2001. – 298 с.

15. *Рудные месторождения СССР* / под ред. В. И. Смирнова. Том 3. – М.: Недра, 1974. – 392 с.

16. *Сапожников В. М.* Комплексирование геофизических методов: учебное пособие / Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 76 с.

17. *Сковородников И. Г.* Геофизические исследования скважин: Учеб. пос. для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 456 с.

18. *Физические свойства горных пород и полезных ископаемых*: справочник геофизика / под ред. Н. Б. Дортман. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 456 с.

19. *Электроразведка:* Справочник геофизика. В двух книгах / под. ред. В. К. Хмелевского и В. М. Бондаренко 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – 438 и 278 с.

Учебное издание

БЛИНКОВА НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА
ВАНДЫШЕВА КСЕНИЯ ВАСИЛЬЕВНА

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Методические рекомендации
по производственной практике, по составлению отчета
для студентов направления
21.05.03 «Технология геологической разведки» специализаций «Геофизические методы исследования скважин (ГИС)» и «Геофизические методы поисков и разведки МПИ (РФ)»

2-е издание, дополненное

Редактор В. В. Баклаева
Компьютерная верстка К. В. Вандышевой

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×811/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. Уч. – изд. л. Тираж 100. Заказ 1,25

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

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

А. А. Редозубов, В. Г. Жуков

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР) ИНЖЕНЕРА

Учебное пособие для написания ВКР для специальности 21.05.03 Тезхнология геологической разведки специализации «Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых»

Издательство
Уральского государственного горного университета

Екатеринбург – 2020

УДК 550

Рецензент: *Давыдов А. В.*, доктор геол.-мин. наук, профессор

кафедры геоинформатики УГГУ

Р33 Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР) инженера для студентов специальности 21.05.03 Тезхнология геологической разведки специализации «Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых»*А. А. Редозубов, В. Г. Жуков*; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 39 с.

Пособие представляет конспект лекций по курсу « Интерпретация данных ГИС», читаемый студентам очного обучения. В нём одновременно с изложением теоретических основ интерпретации содержатся рекомендации по выполнению соответствующих практических работ и приводится часть заданий. Предполагается, что некоторые исходные материалы для выполнения практических работ будут выдаваться индивидуально на аудиторных занятиях.

В методических указаниях изложены сведения о порядке подготовки и защиты ВКР инженера (дипломный проект, дипломная работа), а также рекомендации по порядку изложения, объему и оформлению каждого раздела пояснительной записки и графических приложений.
Для студентов очного и заочного обучения

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР…….. 4

2. ТЕМАТИКА ВКР И ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ…… 5

3. СТРУКТУРА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА…… 6

4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.. 8

4.1. Аннотация…….. 8

4.2. Введение……. 9

4.3. Общие сведения о районе работ…….. 9

4.4. Геолого-геофизическая изученность…….. 10

4.5 Геологическое строение района и участка работ…... 10

4.6. Физико-геологические предпосылки для постановки геофизических работ…….. 12

4.7. Анализ результатов геофизических работ ранее проведенных в районе …… 14

4.8. Методика проектируемых работ……. 14

4.9. Специальная часть…… 15

4.10. Обеспечение безопасности жизнедеятельности….. 16

5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ…… 17

5.1. Общие положения……. 17

5.2. Предполевые работы и проектирование……. 18

5.3. Полевые геофизические работы…….. 19

5.4. Топографо-геодезические работы…….. 23

5.5. Камеральные работы при геофизических исследо-

ваниях……..... 24

5.6. Определение стоимости и составление смет на геологоразведочные работы…… 24

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ВКР В ФОРМЕ ДИП-ЛОМНОЙ РАБОТЫ…….. 25

6.1. Структура дипломной работы…….. 25

6.2. Содержание дипломной работы……..... 26

7. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР…… 27

8. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ ВКР…….. 30

ОСНОВНАЯ РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА…….. 31

ПРИЛОЖЕНИЯ……. 33

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР

Выполнение выпускной квалификационной работы является заключительным этапом обучения в высшем учебном заведении. Это самостоятельная учебная работа студента, направленная на обобщение, закрепление и углубление приобретенных во время обучения теоретических знаний и практических навыков и применение их для решения конкретной производственной или научной задачи.

ВКР может выполняться в виде типового дипломного проекта или в виде дипломной работы. В первом случае ставится задача проверить умение будущего инженера решать конкретные геологические (или иные) задачи геофизическими методами, правильно эти задачи формулировать и составлять проект их реализации. Во втором случае студент должен показать способность самостоятельно решать конкретные методические или теоретические вопросы геофизической разведки.

Разработка ВКР требует от студента полной мобилизации его творческих возможностей, целенаправленного труда в течение всего периода дипломирования. Желательно, чтобы работа над специальным заданием – наиболее творческой частью дипломного проекта – начиналась еще до начала дипломирования, во время производственной практики и учебного семестра. Тем более это желательно, когда ВКР выполняется в виде работы исследовательского характера.

Наиболее высокой оценки заслуживают ВКР, представляющие реальную ценность в прикладном или научном отношении. Государственной Аттестационной комиссией ВКР или ее специальная глава может быть признана реальной при выполнении хотя бы одного из следующих условий:

- ВКР выполнена по заданию предприятия (организации) или предприятие документально подтверждает использование результатов работы;

- материалы ВКР опубликованы в виде статьи, доклада или включены в отчеты предприятия, где студент проходил практику или в отчеты о НИР кафедры;

- разработанная студентом установка, прибор, компьютерная программа и т. п. используется в учебном процессе или научно-исследовательской работе.

Законченная выпускная квалификационная работа с отзывом руководителя и рецензией специалиста сторонней организации, назначенного заведующим кафедрой, представляется для публичной защиты. При успешной защите Государственная Аттестационная комиссия присваивает автору ВКР квалификацию инженера.

2. ТЕМАТИКА ВКР И ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Если ВКР выполняют в форме дипломного проекта, в теме должна быть указана цель проектируемых работ, например: общие поиски или специализированные поиски конкретных объектов, поисково-оценочные работы на конкретных объектах, предварительная или детальная разведка, геологическое картирование, гидрогеологические или инженерно-геологические исследования (и их цель) и т. п. Должен быть указан район проектируемых работ. В отдельных случаях могут быть указаны проектируемые геофизические методы и масштаб работ, но, как правило, эти параметры проекта должны выбираться и обосновываться самим студентом. Обычно проект составляют для условий того района, где студент проходил производственную практику.

Примеры тем дипломного проекта:

-«Проект геофизических работ с целью поисков золото-сульфидных месторождений в конкретном районе»;

-«Проект геофизических работ в помощь геологическому картированию масштаба 1:25000 при доизучении конкретной площади»;

-«Проект инженерно-геофизических исследований для геологического обеспечения проектирования строительства объекта (указать какого)».

Исходными материалами для составления дипломного проекта, как правило, должны служить материалы, собранные в период производственной практики. Для дипломирования необходимо собрать не только результативные материалы из отчетов и проектов, но и первичные результаты наблюдений, которые студент должен обработать и проинтерпретировать в процессе работы над ВКР. Необходимо также собрать материалы, нужные для составления экономической части проекта. Особое внимание следует обратить на сбор сведений о нормах и стоимости работ для новых методов и методик, не включенных в нормативные документы. В отдельных случаях, когда студент по объективным причинам не смог во время практики собрать достаточный материал для дипломирования, ему может быть предложена тема, для которой можно найти необходимый материал без выезда в удаленные пункты.

Вместо дипломного проекта студент по согласованию с кафедрой может выполнять работу исследовательского или конструкторского характера. В этом случае он должен самостоятельно разработать актуальный вопрос методики или теории разведочной геофизики, или разработать прибор или установку, или составить программу для интерпретации результатов геофизических исследований по собственному оригинальному алгоритму.

Примеры тем дипломных работ:

-«Построение физико-геологических моделей на основе анализа физических свойств горных пород и особенностей геологического строения рассматриваемого участка или на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических данных»;

-«Анализ новых методик геофизических исследований и интерпретации геофизических материалов»;

-«Разработка и изготовление прибора или установки (указать каких) для учебных или производственных целей».

3. СТРУКТУРА ВКР В ФОРМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект состоит из пояснительной записки (обычный объем 70-100 страниц) и графических приложений (демонстрационных плакатов), выполненных на листах формата А1. Некоторые приложения могут быть выполнены на листах других стандартных форматов. Небольшие рисунки, которые нет необходимости выносить на демонстрационные плакаты, помещают в тексте. Кроме того, в тексте следует продублировать в уменьшенном масштабе графические материалы с демонстрационных плакатов, за исключением имеющих очень большие размеры (например, геологическая карта района работ). Вместо демонстрационных плакатов можно изготовить электронный вариант чертежей, и на защите пользоваться мультимедийным проектором. Диск с электронной версией графических приложений должен быть приложен к ВКР. Наиболее важные графические материалы рекомендуется продублировать на 1-2 демонстрационных плакатах или распечатать слайды и передать копии членам ГАК. Если работа содержит объемный табличный материал, его следует поместить в конце пояснительной записки в качестве текстовых приложений.

Перечень разделов и подразделов текстовой части дипломного проекта (в скобках указан примерный объем в страницах):

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ (1)

АННОТАЦИЯ (1)

ОГЛАВЛЕНИЕ (1-2)

ВВЕДЕНИЕ (1-2)

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ (2-4)

2. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙ-ОНА РАБОТ (5-7)

2.1. Геологическая изученность

2.2. Геофизическая изученность

3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА И УЧАСТКА РАБОТ (15-17)

3.1. Геологическая позиция и общая геологическая характеристика района работ

3.2. Стратиграфия

3.3. Магматизм

3.4. Тектоника

3.5. Метаморфизм

3.6. Полезные ископаемые

3.7. Гидрогеологическая характеристика района работ

3.8. Геологическое обоснование выбора участка работ и геологическое строение участка работ.

4. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ (8-12)

4.1. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых района работ

4.2. Геолого-геофизическая характеристика объектов поисков и объектов – геологических помех

4.3. Физико-геологические модели объектов поисков и объектов-помех, оценка возможности применения различных геофизических методов

5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ В РАЙОНЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ (10-12)

6. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРУЕМЫХ РАБОТ(10-15)

6.1 Выбор и обоснование комплекса методов

6.2. Методика и техника работ каждым методом

6.3. Камеральная обработка и интерпретация результатов работ

7. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ (10-15)

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1. Мероприятия по охране труда и безопасному ведению работ

8.2. Мероприятия по охране окружающей среды

9. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (1)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

СПИСОК ГРАФИЧЕСКИХ И ИНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ, НЕ ВКЛЮЧЕННЫХ В ПОЯСНИТЕЛЬНУЮ ЗАПИСКУ

Возможно объединение близких по содержанию подразделов небольшого объема и введение подразделов, не указанных в перечне. Возможна перестановка разделов и подразделов, если этого требует логика изложения материала.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

4.1. Аннотация.

Указываются инициалы и фамилия автора дипломного проекта и его тема.

В следующем абзаце приводятся ключевые слова, отражающие содержание проекта.

Затем указывают объект, на который составлен проект, цель проектируемых работ, проектируемые для решения поставленной задачи методы. Предполагаемые результаты проектируемых работ.

Указывают тему специальной части, полученные результаты и их значимость.

Завершают аннотацию сведениями о количестве страниц пояснительной записки, иллюстраций, таблиц, приложений, литературных источников.

Изложение должно быть кратким, но позволяющим понять существо дипломного проекта. Объем аннотации, как правило, не должен превышать половины страницы.

4.2. Введение

Во введении должна быть дана четкая формулировка геологического задания: местоположение участка проектируемых работ (административная, географическая и геологическая привязка), стадия геологоразведочных работ (см. приложение 6), целевое назначение и ставящиеся перед работами геологические задачи, актуальность и значение для экономики, ожидаемые результаты работ.

Приводят сведения о месте прохождения производственной практики, о задачах и видах работ, проводившихся предприятием, и о видах работ, в которых студент принимал непосредственное участие. Дают характеристику собранных в период практики материалов, послуживших исходными для составления дипломного проекта. Указывают руководителя практики от предприятия.

4.3. Общие сведения о районе работ

В этом разделе приводятся сведения о районе, характеризуются условия проведения и организации проектируемых работ. Указывают географическое положение и административная принадлежность района работ, характеризуется рельеф, гидрографическая сеть, климат, растительность и животный мир. Дают характеристика проходимости местности, имеющихся путей сообщения. Приводят сведения о промышленности и сельскохозяйственном производстве в районе, о населении и его занятости.

Приведенные в разделе сведения должны давать четкое представление о категории трудности проведения геофизических работ, продолжительности полевого периода, возможности найма рабочих на месте. Указывают положение базы экспедиции (партии) и связь с ней.

Текст необходимо иллюстрировать обзорной картой. На карте следует указать положение участка работ и, если возможно, базы экспедиции.

4.4. Геолого-геофизическая изученность района работ

В этом разделе в хронологическом порядке указывают проведенные в районе геологические и геофизические исследования. Сначала описывают геологические, затем геофизические исследо-

вания. Указывают год проведения работ, выполнявшая работы организация и непосредственные руководители работ. Если работы дали ощутимые практические или методические результаты, кратко описывают эти результаты. По участку проектируемых работ следует привести более подробные сведения. Можно привести данные об изученности района в табличной форме.

Раздел следует иллюстрировать схемами изученности района.

В заключение следует сделать вывод о степени изученности района и о направлении дальнейших исследований.

4.5. Геологическое строение района и участка работ

Этот раздел должен начинаться с характеристики **геологической позиции** района и краткого описания его **общего геологического строения.** Описывают слагающие район горные породы, их возраст, петрографическая принадлежность и распространение по площади. Описывают основные структуры и крупные тектонические нарушения. Желательно указать рудоносность структурных элементов и комплексов пород. Хорошо, если будет указано проявление петрографических комплексов и структурных элементов в геофизических полях.

В подразделе **стратиграфия** в хронологическом порядке описывают стратиграфическую колонку. Приводят сведения о литологии стратиграфических горизонтов, их мощности, распространении на территории района. Отмечают несогласия, фациальные изменения и т. п. Хорошо привести данные о физических свойствах слагающих стратиграфические горизонты пород. Указывают стратиграфическую приуроченность полезных ископаемых. Подраздел иллюстрируютя стратиграфической колонкой, которая приводится на приложении с геологической картой. В тексте полезно привести наиболее важные участки стратиграфической колонки в более крупном масштабе.

При описании **магматизма** указывают его фазы, проявившиеся в районе и характерные для них комплексы магматических пород. Приводят сведения о форме, размерах элементов залегания и взаимоотношениях интрузивных, эффузивных и жильных тел, о проявлениях приконтактового метаморфизма. Указывают их положение в разрезе и возраст. Отмечаютя связь полезных ископаемых с магматическими породами. Хорошо, если будут приведены краткие сведения о физических свойствах горных пород. Текст желательно иллюстрировать рисунками.

При описании **тектоники** сначала следует рассмотреть общую тектоническую схему района, охарактеризовать наиболее крупные пликативные и дизъюнктивные структурные элементы. Описание необходимо иллюстрировать рисунком. Далее эти и более мелкие структурные элементы надо описать подробнее, указать их возрастные соотношения, элементы залегания и т. п. Особое внимание следует обратить на установленную или предполагаемую связь полезных ископаемых с теми или иными структурами.

Подробно надо описать **метаморфизм** горных пород. Следует рассмотреть наблюдающиеся в районе типы метаморфизма, степень и характер изменения отдельных пород и комплексов. Необходимо описать пространственное распространение метаморфизованных пород, связь метаморфизма с магматической и тектонической деятельностью. Особое внимание следует обратить на связь полезных ископаемых с метаморфизмом и на околорудные изменения вмещающих пород. Указать характер изменения физических свойств пород при метаморфизме.

В подразделе, касающемся **полезных ископаемых**, приводят сведения обо всех полезных ископаемых, месторождения или проявления которых известны в районе работ. Указывают их пространственное положение, стратиграфическая, структурная и литологическая приуроченность, генетический тип. Рассматривают поисковые признаки и рудоконтролирующие факторы.

Месторождения и проявления полезного ископаемого, на поиски или разведку которого составляется проект, описывают подробно, другие полезные ископаемые – более кратко. Для полезного ископаемого – объекта поисков детально описывают контролирующие структуры, состав и метаморфизм вмещающих пород, глубина залегания, форма, размеры, элементы залегания, вещественный состав рудных тел, наличие околорудных изменений вмещающих пород, ореолов вкрапленности и т. п. Приводят сведения о мощности и характере слоя рыхлых отложений и коры выветривания, о гипергенных изменениях. Если известных месторождений на участке нет, рассматривают существующие представления об ожидаемом характере объектов поисков.

Подраздел следует иллюстрировать схемой расположения месторождений и рудопроявлений (можно их показать на геологической карте). Очень желательно привести разрезы по месторождениям и рудопроявлениям.

В **гидрогеологической характеристике** района описывает водоносность комплексов пород, приводят сведения о водоносных горизонтах, химизме подземных вод, степени их пригодности для питьевого и технического водоснабжения. Раздел резко усиливают, если проектируемые работы направлены на решение гидрологических задач.

Заключительным разделом геологической части проекта является **обоснование выбора участка** для проектируемых работ. Его делают на основе рассмотренных в предыдущих разделах геологических данных и геолого-геофизической изученности территории. Затем следует дать подробную геологическую характеристику выбранного участка, указать наличие на нем перспективных геофизических и геохимических аномалий, их установленную или предполагаемую геологическую природу. Текст необходимо иллюстрировать геологической картой достаточно крупного масштаба (обычно 1:25000 или 1:10000 или крупнее). Следует привести реальные или прогнозные разрезы месторождений или рудопроявлений.

Если проектируются работы по разведке месторождения, необходимо подробно рассмотреть все известные данные о его строении, морфологии рудных тел, их составе и степени разведанности.

4.6. Физико-геологические предпосылки для постановки геофизических работ

Физические свойства горных пород и полезных ископаемых района лучше описывать по их генетическим группам (осадочные, вулканогенно-осадочные, магматические и т. п.) Обязательно указываются источники, по которым приводятся данные по физическим свойствам, способы определения, представительность. Эти данные обычно приводят в виде таблицы. Если есть возможность, надо построить гистограммы или вариационные кривые и выполнить статистическую обработку. Наиболее наглядное представление о физических свойствах горных пород и полезных ископаемых дает диаграмма, которую надо обязательно построить. Для ее построения строится колонка, в которую включаются все горные породы района, и около нее – графики всех физических свойств.

Информацию о физических свойствах горных пород можно получить из литературных и фондовых источников. Можно оценить физические свойства пород путем статистической обработки результатов полевых наблюдений или каротажа. На основе анализа этих данных следует сделать выводы о принципиальной возможности разделения горных пород по их физическим свойствам.

Наличие различия физических свойств объекта и вмещающей среды еще не гарантирует возможности его обнаружения соответствующим геофизическим методом. Важное значение имеют и его геометрические параметры – форма, глубина от поверхности, элементы залегания, наличие мешающих геологических фак-

торов (мощный слой приповерхностных рыхлых отложений, экраны из пород высокого сопротивления и т. д.). Поэтому для получения представления о возможностях геофизических методов необходимо дать комплексную **геолого-геофизическую характеристику объектов поисков**, включая их геометрические параметры, физические свойства и возможное влияние геологических помех.

В завершение раздела должна быть построена **физико-геологическая модель объекта поисков** и для нее выполнено решение прямой задачи. Для оценки глубинности методов в условиях района прямую задачу следует решить для нескольких положений эрозионного среза. Для характеристики возможностей методов хорошо также привести результаты наблюдений над реальными объектами. Желательно также построить физико-геологические модели для объектов, которые будут затруднять интерпретацию результатов (вызывать искажения, похожие на аномалии от объектов поисков или, маскировать их).

Итогом раздела являются выводы о возможностях каждого геофизического метода в условиях района проектируемых работ.

4.7. Анализ результатов геофизических работ ранее проведенных в районе

В этом разделе детально анализируют результаты работ последнего года или нескольких последних лет. Сначала кратко описывает примененную методику работ. Дает характеристику примененного комплекса методов. Формулируют задачи, которые ставились перед каждым методом и основные сведения о методике его применения (сеть наблюдений, использовавшаяся аппаратура, тип и размеры установок, точность и т. п.).

Затем производятописание физических полей и сопоставление их с геологическим строением площади. Описывают отдельные аномалии и высказывают соображения об их геологической природе.

Затем в качестве примера подробно анализируют несколько типичных аномалий. Если на участке имеются известные месторождения или рудопроявления, на которых проведены геофизические работы, аномалии над ними должны быть обязательно проанализированы. Для выбранных аномалий надо самостоятельно выполнить качественную и количественную интерпретацию и дать объяснение их геологической природы.

В заключение раздела следует дать оценку применявшейся ранее методике геофизических исследований и высказать свои предложения по ее совершенствованию.

4.8. Методика проектируемых работ

В начале раздела надо указать стадию проектируемых работ и сформулировать конкретные задачи, которые ставятся перед геофизическими исследованиями для выполнения геологического задания. На основе геологического строения, физико-геологических предпосылок и анализа результатов ранее проведенных геофизических работ **обосновывают комплекс методов**.

Определяют основные методы, которыми будет обследоваться вся площадь, и дополнительные, которыми будут изучаться наиболее интересные, по данным основных методов, участки. Определяют, если это необходимо, вспомогательные методы, результаты которых будут использоваться при интерпретации данных других методов (например, ВЭЗ или малоглубинная сейсморазведка с целью изучения рельефа коренных пород для нужд гравиразведки). Для каждого метода должна быть четко сформулирована решаемая им задача.

Указывает последовательность выполнения работ разными методами и их взаимодействие. Определяют масштаб съемки и рассчитываютя сеть наблюдений. Если сеть наблюдений для разных методов разная, это должно быть обосновано, а сети согласо-

ваны (для методов с более редкой сетью должны использоваться профили и пикетаж более детальной сети).

Методика работ каждым методом включает обоснование сети наблюдений, точности и способа ее определения, выбор аппаратуры. Выбирают и обосновывают системы наблюдений, типы и параметры установок в электроразведке, схема создания опорной сети, где она необходима, учет вариаций поля и т. п. Кратко описывают технику проведения работ.

Описывает **порядок обработки и методику интерпретации результатов наблюдений** каждым методом и комплексную интерпретация с привлечением геологических данных. Указывают способ представления полученных результатов.

Если решение поставленных задач возможно при использовании различных вариантов методики, необходимо сопоставить стоимости работ для разных вариантов. Предпочтение следует отдать тому варианту, при котором необходимая информация может быть получена при меньших затратах.

4.9. Специальная часть

В специальной части студент разрабатывает какой-либо узкий вопрос, представляющий практический или научный интерес. Разработка этого вопроса должна содержать элементы исследования или научного обобщения. Качество специальной части в наибольшей степени определяет творческую зрелость выпускника и его способность к самостоятельной инженерной деятельности. Поэтому от качества специальной части во многом зависит общая оценка дипломного проекта.

Тематика специальной части дипломного проекта аналогична рассмотренной в разделе 2 настоящих методических указаний тематике дипломных работ, но в специальной части дипломного проекта постановка вопроса более узкая, и соответственно ее

объем меньше. Как правило, тема специальной части должна быть связана с темой дипломного проекта и полученные результаты должны использоваться при составлении проекта. Желательно, чтобы тему специальной части студент предложил сам, подготовив ее в период производственной практики и согласовав с руководителем практики от предприятия. Возможна разработка специальной части как продолжения разработки вопросов, которыми студент занимался в процессе курсового проектирования или научно-исследовательской работы в период теоретического обучения.

Структура специальной части в зависимости от темы может быть различной, но во всех случаях в ней должны быть отражены следующие моменты: постановка задачи и состояние вопроса, цель исследования, методика исследования, описание и анализ полученных результатов, выводы и рекомендации по использованию полученных результатов.

Раздел иллюстрирует графическими материалами, таблицами, схемами установок и т. п. В качестве приложений оформляются все первичные материалы – распечатки результатов расчетов на компьютере, алгоритмы и программы, журналы измерений при проведении экспериментов, вспомогательные графики и т. п.

Место специальной части в тексте пояснительной записки определяется ее содержанием.

4.10. Обеспечение безопасности жизнедеятельности

Мероприятия по охране труда и безопасности ведения работ. Рассматривает специфику природных и климатических условий района работ и предусматривают меры, обеспечивающие безопасность проведения работ на опасных участках (сложный рельеф, болота, тайга, необходимость переправ через реки и т. д.). Обустройство полевых лагерей и обеспечение находящихся в них людей материалами и снаряжением, продовольствием,

транспортом, аптечками и т. п. Необходимо предусмотреть надежную связь полевых отрядов с базой. Рассматривают действия в критических ситуациях – стихийные бедствия, аварии на расположенных поблизости промышленных предприятиях и т. д.

Общие положения безопасности ведения работ включают в себя безопасность при подготовке сети (лесорубочные работы, противопожарные мероприятия и т. п.), безопасность транспортировки людей и грузов, безопасность эксплуатации источников тока и аппаратуры. Подробно следует рассмотреть правила безопасности при проведении работ проектируемыми методами.

Необходимо предусмотреть обучение персонала безопасным приемам труда, указать периодичность проверки знаний по технике безопасности, предусмотреть контроль за соблюдением этих правил.

Мероприятия по охране окружающей среды. Анализируют факторы, сопутствующие проектируемым работам, которые отрицательно влияют на окружающую среду, и предусматриваются меры по уменьшению этого влияния.

Применение наземных транспортных средств вызывает разрушение грунтов и почв, приводит к загрязнению их и растительного покрова горюче-смазочными материалами. Это воздействие на среду должно быть минимальным. Следует максимально аккуратно проводить лесорубочные работы при разбивке сети, расчистке площадок для полевых лагерей, чтобы наносить растительности как можно меньший урон, строго соблюдая при этом правила пожарной безопасности. Самое серьезное внимание должно быть уделено охране рек и других водоемов, колодцев, грунтовых вод от загрязнения, недопущению нанесения вреда ихтиофауне.

Необходимо предусмотреть проведение природовосстановительных мероприятий после окончания работ: очистки профилей от поваленных деревьев, кустов, лесопосадочные работы,

уборки площадок полевых лагерей, восстановления почвенного слоя и т. п.

5. Производственная часть проекта

5.1. Общие положения

Производственная часть проекта должна содержать организационные условия производства геологоразведочных работ, расчет времени, затрат труда и расходования материальных ценностей (в номенклатуре) на все виды предполевых, полевых и камеральных геологоразведочных работ, объемы которых определены в методической части проекта.

Исходя из календарного плана выполнения работ, составленного по срокам выполнения геологического задания с учетом организационных условий производства, определяют необходимые трудовые и материальные ресурсы по периодам (годам, месяцам). Обосновывает объем производственного и бытового строительства, и рассчитывает количество необходимых материалов по нормам ССН-92, вып. 11, часть 2.

Составляет схему перевозки грузов и транспортировки персонала, по нормам ССН-92, вып. 10 рассчитывают необходимое количество грузов по видам транспорта и затрат времени на транспортировку персонала с учетом времени полевых сезонов.

Обосновывают затраты на прочие сопутствующие работы (производственные командировки, полевое довольствие, доплаты и др.).

5.2. Предполевые работы и проектирование

Определяет состав и затраты исполнителей, необходимые для составления проектно-сметной документации, на основе действующих в геологоразведочной организации временных норм и норм ССН 1.1 (табл. 17–23) на сбор, изучение геологических материалов по району работ, написание проекта и составления смет по форме, приведенной в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Затраты труда на проектирование

Виды работ	Ед. изм.	Объем работ	Норма на ед. чел.- дн.	Затраты труда, чел.-дн.					Итого, чел.-дн.
				гл. геолог	геолог 1 кат.	техн. геолог	….	….	
Изучение фондовых материалов … … Составление текста проекта									
ИТОГО:									∑ Т

Расчет затрат времени на предварительное дешифрирование материалов космо- и аэрофотосъемок выполняют в соответствии с ССН, вып. 1, табл. 23–25, в зависимости от масштаба работ и категории сложности геологического строения. Нормы основных расходов – СНОР, вып. 1, ч. 1, табл. 3.

5.3. Полевые геофизические работы

При проектировании полевых геофизических исследований с использованием методов гравии-, магнито-, электроразведки, радиометрии, а также аэрогеофизических методов производят расчет

затрат времени и затрат труда по форме, пример которой показан в табл. 5.2.

Для этого по соответствующим частям ССН находят нормы времени на единицу объема работ, обосновывают и описывают все условия, в соответствии с которыми выбраны нормы времени (параметры сети, категория трудности, способ передвижения, тип и число приборов, схема установки электродов, расстояние подлета к участку работ и т. д.).

При проведении работ в ненормализованных условиях в соответствии с ССН обосновывают и приводят поправочные коэффициенты к нормам времени.

При одновременном использовании нескольких коэффициентов в результате их перемножения определяется общий поправочный коэффициент.

Суммарные затраты времени определяют путем перемножения объемов работ на норму времени и на поправочные коэффициенты (табл 5.2, гр. 7 = гр. 3 · гр. 5 · гр. 6). К ним добавляют затраты времени для проверки и профилактического обслуживания аппаратуры и оборудования в полевой период. Затраты времени на профилактику зависят от методов геофизических исследований и типа приборов. Нормируют ССН и составляют от одной до трех отрядосмен на один месяц полевых работ (поправочные коэффициенты к затратам времени составляют соответственно 1,04; 1,085; 1,13).

Затраты труда в человеко-днях определяются путем перемножения норм затрат труда на общее количество отрядо-смен (табл. 5.2, гр.10 = гр. 8 × гр. 9). Нормы затрат труда берутся из соответствующих таблиц ССН.

В табл. 5.2. рассчитывют также проектное суммарное количество координатных точек. Для этого объемы работ умножают на количество координатных точек в единице объема работ (приводятся в соответствующих таблицах норм времени ССН). Общее количество координатных точек необходимо для расчета затрат времени на камеральные работы.

Если отработку площади проектируют по участкам с нескольких баз, то по нормам ССН определяются затраты времени на переезды отряда внутри района работ (перебазировка с одного участка работ на другой), исходя из схемы переездов. При этом необходимо учитывать, что нормы времени на переезды (перебазировку отряда)

не включают затраты времени по ежедневной доставке производственного персонала к месту проведения геофизических работ на профиль и обратно. Время на эти цели предусмотрено в укрупненных нормах времени на соответствующие виды геофизических исследований, а расходы учтены в нормах основных расходов (СНОР).

Далее рассматривают вопросы организации различных видов полевых работ: количество отрядов и их численность, календарные сроки выполнения полевых работ. Для этого суммарные затраты времени и труда увязывают с продолжительностью полевых работ и штатами производственных подразделений (отряд, партия), выполняющих данные виды работ, по формулам:

$$N = T_{\text{общ.}} / (t \cdot d \cdot K_{\text{в.н.}}),$$

где N – количество геофизических отрядов, необходимых для выполнения работ; $T_{\text{общ.}}$ – общие затраты времени на геофизические исследования соответствующим методом, отрядо-смен; t – количество месяцев работы по проекту; d – количество смен (дней) в месяце (25,4 – при односменном режиме работы); $K_{\text{в.н.}}$ – коэффициент выполнения норм выработки, принимаемый от 1,05 до 1,20.

$$Ч = З_т / T_ф K_{\text{в.н.}},$$

где Ч – численность трудящихся, занятых на выполнении геофизических исследований; $З_т$ – суммарные затраты труда, человеко-дни; $T_ф$ – фонд времени одного работающего за рассматриваемый период, дни;

$$T_ф = (T_к – T_{\text{пр.}} – T_{\text{вых.}} – T_{\text{отп.}})\cdot 0{,}96,$$

где $T_к$ – календарные сроки выполнения запланированного объема работ, дни; $T_{\text{пр.}}$ – число праздничных дней за рассматриваемый период; $T_{\text{вых.}}$ – число выходных дней; $T_{\text{отп.}}$ – число дней отпуска (по два дня на один месяц работы); 0,96 – коэффициент, учитывающий невыходы на работу по уважительной причине.

Как правило, по приведенным формулам рассчитывают количество геофизических отрядов и численность трудящихся, исходя из заданных сроков выполнения работ. При этом следует учитывать, что под геофизическим отрядом понимают первичное производственное подразделение, организуемое для выполнения работ

одним из геофизических методов с помощью одного прибора, станции или комплекта аппаратуры. Таким образом, при расчете количества отрядов фактически определяют необходимое количество приборов или комплектов аппаратуры для выполнения запроектированного объема работ в заданные сроки. Возможны и обратные расчеты, т. е. уточнение календарных сроков работ, исходя из существующих штатов и имеющейся аппаратуры в геофизической организации.

5.4. Топографо-геодезические работы

Проектирование топографо-геодезических работ осуществляют в соответствии с ССН, вып. 9. Для выбора и использования сметных норм и норм затрат труда обосновывают: категорию трудности местности; категорию трудности рубки леса; категория твердости пород древесины; коэффициент на заболоченность и глубину снежного покрова и другие показатели, отражаемые в табл. 2.3.3.

Таблица 5.3

Расчет затрат времени на проведение топографо-геодезических работ

(ССН, вып. 9)

№ п/п	Вид работ	Категория трудности	Объем работ	Норма времени, отр.-см.	Поправочный коэф.	Итого затрат времени, отр.-см.	Нормативный документ, табл.
	ИТОГО:						

5.5. Камеральные работы при геофизических исследованиях

Затраты времени и труда на камеральные работы по геофизическим исследованиям методами сейсмо-, гравии-, магнито-, электроразведки, радиометрии, скважинной геофизики и аэрогеофизическим работам нормируются ССН, глава «Камеральные работы».

Продолжительность камерального периода в отрядо-месяцах для различных видов геофизических работ определяют в соответствии с продолжительностью полевых работ, количеством координатных или физических точек за месяц работы отряда, сложностью обработки полевого материала.

Для определения количества точек, выполняемых отрядом за месяц работ, необходимо общее количество физических или координатных точек разделить на расчетную продолжительность работ в месяцах. Продолжительность работ в месяцах рассчитывают путем деления общих затрат времени в отрядо-сменах для данного метода на 25,4 (среднее число смен в месяце).

Нормы ССН на камеральную обработку геофизических исследований не предусматривают затраты на использование ЭВМ. При использовании ЭВМ на камеральных работах в данном разделе необходимо обосновать количество машинного времени в машино-часах, требуемого для обработки полевых материалов.

5.6. Определение стоимости и составление смет на геологоразведочные работы

Смету составляют на весь объем геологоразведочных работ и затрат, предусмотренных проектом.

Сметная стоимость геологоразведочных работ складывется из основных расходов, накладных расходов, плановых накоплений, компенсируемых затрат, подрядных работ и резерва на непредвиденные расходы.

Общая сметная стоимость геологоразведочных работ сводится по следующей номенклатуре работ и затрат с подразделением каждой позиции по видам, методам, способам, масштабам и т. п. (форма СМ-1):

I. Основные расходы

а. Собственно геологоразведочные работы:

- предполевые работы и проектирование;

- полевые работы – всего:

в том числе по видам, методам, способам, масштабам и т. д.:

- организация и ликвидация полевых работ;

- лабораторные и технологические исследования;

- камеральные и опытно-методические работы;

- прочие собственно геологоразведочные работы (содержание радиостанций, затраты на метрологическое обеспечение, охрану полевого лагеря и т. д.).

б. Сопутствующие работы и затраты:

- строительство зданий и сооружений;

- транспортировка грузов и персонала партий.

II. Накладные расходы

III. Плановые накопления

IV. Компенсируемые затраты:

- производственные командировки;

- полевое довольствие;

- доплаты и компенсации;

- возмещение убытков, причиненных изъятием или временным занятием земельных участков;

- рекультивация земель и лесных угодий;

- попенная оплата;

- ликвидация последствий взрывов;

- согласование мест проведения геологоразведочных работ.

V. Подрядные работы

VI. Резерв на непредвиденные работы и затраты

Всего по объекту

Подробный порядок определения сметной стоимости по перечисленным видам работ и затрат изложен в Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы [13] и в Методическом руководстве [14].

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ВКР В ФОРМЕ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

6.1. Структура дипломной работы

Дипломная работа, как и дипломный проект, состоит из пояснительной записки и демонстрационных плакатов или графических приложений в электронной форме, которые на защите демонстрируются с помощью мультимедийного проектора. Всё касающееся графических и иных приложений, изложенное в разделе 3, в полной мере относится к дипломной работе. Примеры возможных тем дипломных работ были приведены в разделе 2. Конечно, эти примеры не исчерпывают всей возможной тематики, которая может быть очень разнообразной. В каждом конкретном случае тема дипломной работы определяется ее руководителем и студентом. Тема дипломной работы утверждается на заседании кафедры.

Структура текстовой части дипломной работы (в скобках указан ориентировочный объем разделов в страницах):

Титульный лист (1)

Дипломное задание (1)

Аннотация (1)

Оглавление (1)

Введение (1-3)

Основная часть (40-60)

Заключение (1-2)

Список литературы

Список графических и иных приложений, не включенных в пояснительную записку.

Структура основной части пояснительной записки разрабатывается студентом вместе с руководителем в зависимости от содержания работы.

6.2. Содержание дипломной работы

Аннотация. Указывают инициалы и фамилию автора работы и ее название.

В следующем абзаце приводят ключевые слова, отражающие содержание работы.

Затем приводят краткие сведения об объекте исследования, цели работы, методы решения поставленных задач, основне полученне результаты и их практическое и научное значение. Аннотация должна быть составлена так, чтобы по ней можно было понять существо работы.

Завершают аннотацию сведениями о количестве страниц пояснительной записки, иллюстраций, таблиц, приложений, литературных источников.

Объем аннотации, как правило, не должен превышать половины страницы.

Введение должно отражать актуальность и современное состояние проблемы. Наибольшее внимание следует уделить формулировке цели исследований. Далее надо сформулировать за-

дачи, которые необходимо решить; что необходимо сделать для их решения. Следует указать исходные материалы для дипломной работы, новизну и значимость работы, отметить личный вклад автора.

Основная часть пояснительной записки в зависимости от содержания работы может иметь различную структуру, разрабатываемую студентом при консультации руководителя. Можно лишь указать характер информации, которая должна содержаться в дипломной работе.

1. Состояние проблемы, которое необходимо рассмотреть на основе обзора литературных и иных источников. Выяснение вопросов, требующих разработки, соображения о возможных способах решения поставленных задач.

2. Обоснование направления исследований и методика их проведения. Описание и анализ полученных результатов. Сопоставление своих результатов с ранее известными.

3. Возможные области применения полученных результатов. Задачи дальнейших исследований по проблеме.

В заключении указывают степень решения поставленных задач, основные выводы, область применения полученных результатов, пути дальнейших исследований по проблеме.

7. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР

Пояснительная записка должна оформляться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к техническим рукописям. Текст располагает на одной стороне листа белой бумаги формата А4. При наборе на компьютере рекомендуется шрифт 14 с расстоянием между строками 1,5 интервала. Поля сверху, снизу и справа не менее 20 мм, слева – не менее 30 мм. Отступ абзаца 10-15 мм.

Страницы нумеруют подряд, включая рисунки и таблицы. Отсчет страниц начинают с титульного листа, но номер в первый раз проставляет на первой странице введения. Снизу на первой странице введения располагают штамп (приложение 3).

Формулы набирают с помощью соответствующего редактора и располагают в отдельной строке посредине страницы. Нумерация формул сквозная, арабскими цифрами. Номера формул в круглых скобках располагают у правой границы текста. Необходимые пояснения помещают после формул. Первая строка расшифровки начинается со слова «где» (без двоеточия).

Слова в тексте пишут полностью, допускаются только общепринятые в технической литературе сокращения. Следует использовать термины и обозначения различных величин принятые в технической литературе. При первом использовании какого-либо обозначения следует пояснить его значение. Греческие буквы набирают прямым шрифтом, латинские – курсивом, за исключением математических (sin, ln и т .п.) и химических символов, которые набирают прямым шрифтом.

Заголовки разделов пишут заглавными буквами жирным шрифтом и располагают посредине листа. От последующего текста их отделяют двойным интервалом. Заголовки подразделов пишут строчными буквами, за исключением первой заглавной, шрифт лучше использовать жирный. Их начинают с абзаца и отделяют от предыдущего текста двойными интервалами. Разделы нумеруют арабскими цифрами (слово «глава» обычно не пишется). Подразделы нумеруют двумя цифрами через точку, указывающими номер раздела и номер подраздела в нем.

Рисунки в тексте могут быть выполнены компьютерным способом или от руки черной тушью (чернилами). Их помещают после первого упоминания на той же или на следующей странице. Подрисуночную подпись помещают ниже рисунка. Она включает номер рисунка (например, «рис. 4») и его название. Далее с новой строки помещают необходимые пояснения. Если текст набран шрифтом 14, название рисунка набирают шрифтом 12, а поясне-

ния – шрифтом 10. Рисунок и подрисуночную подпись сверху и снизу отделяют от текста интервалами. Ссылки на рисунки делают в круглых скобках, при повторных ссылках добавляет сокращенное слово «смотри» (например, «см. рис. 4»).

Содержание таблиц набирает более мелким шрифтом. В головке таблицы допускаются только горизонтальные и вертикальные линии. Диагональные линии не допускаются. Над таблицей помещают ее название, а над названием справа – слово "Таблица" и ее номер (знак «№» не пишут). Если таблица не помещается на странице, на следующей странице следует полностью повторить головку, а сверху справа написать «Продолжение (или «Окончание») таблицы» и ее номер. Ссылки на таблицы делают так же, как на рисунки.

В конце текстовой части приводят список литературы, использовавшейся в процессе подготовки ВКР. Список составляют в алфавитном порядке. Сначала указывают печатные источники, затем фондовые. Описание литературных источников делают в соответствии с установленными правилами. Примеры библиографического описания литературных источников приведены в приложении 4. Ссылки на литературу в тексте делают путем указания номера источника по списку в квадратных скобках. При использовании заимствованных рисунков, таблиц ссылка на источник или автора обязательна. Это в полной мере относится и к демонстрационным чертежам.

Графические приложения выполняют на стандартных листах формата А1. При необходимости можно использовать листы других стандартных форматов. Чертежи вычерчивают черной тушью (чернилами) или выполняют на компьютере. На чертежах должны использоваться общепринятые обозначения и цвета красок.

Подписи на чертежах следует делать стандартными шрифтами. Размер букв должен быть достаточно большим, чтобы надписи легко читались с некоторого расстояния. Можно выполнять надписи с помощью компьютера, а затем подклеивать. Каждый лист должен иметь общий заголовок. Если на листе помеще-

ны несколько чертежей, например, карты различных физических полей, каждый чертеж должен иметь название, написанное более мелким шрифтом, чем общее название листа. Название листа дублирует в штампе, помещенном в нижнем правом углу листа. Форма штампа приведена в приложении 5.

8. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ ВКР

К защите ВКР допускаются студенты, выполнившие учебный план и подготовившие в установленный срок свои выпускные квалификационные работы. Расписание заседаний ГАК утверждается проректором по учебной работе и доводится до общего сведения не позднее, чем за месяц до начала защит ВКР.

Завершенная выпускная работа подписывается студентом на титульном листе, в штампе на первой странице введения и в штампах графических приложений. Консультанты по геологической и экономической части подтверждают свое согласие с этими разделами подписями на оборотной стороне дипломного задания. Консультант по геологической части ставит свою подпись также в штампе на первой странице введения и в штампах графических приложений с геологическим содержанием.

Руководитель ВКР после проверки работы также ставит свою подпись на пояснительной записке и чертежах и составляет отзыв. Вместе с отзывом руководителя ВКР представляется заведующему кафедрой для утверждения и направления на рецензию специалисту из сторонней организации из числа утвержденных приказом по институту.

До начала защиты студент представляет в ГАК свою ВКР с отзывом руководителя и рецензией. Личная карточка студента с перечнем изученных дисциплин и оценок по ним и зачетная книжка представляются в ГАК деканатом.

Для доклада студенту предоставляется 15 минут. Доклад необходимо подготовить заранее, распределить время между его частями и отрепетировать. Во время выступления можно иметь текст доклада, но не следует его читать. Лучше вместо текста доклада пользоваться его планом с краткими тезисами основных положений. Излагаемый материал надо иллюстрировать демонстрационными чертежами.

После доклада члены ГАК задают вопросы, связанные с темой защищаемой ВКР. Вопросы могут задавать также все присутствующие. После ответов на вопросы зачитывают отзыв руководителя и рецензию. Затем студенту предоставляется возможность ответить на замечания по работе.

После окончания всех защит, назначенных на данный день, проводится закрытое заседание ГАК, на котором принимается решение по каждой защищавшейся работе. При обсуждении желательно присутствие руководителей и, если это возможно, рецензентов. При определении оценки работы учитываются качество доклада, ответы на вопросы и отзывы руководителя и рецензента.

Результаты защиты ВКР объявляются в тот же день, сразу после закрытого заседания ГАК.

Положительное решение ГАК является основанием для присуждения выпускнику квалификации горного инженера и выдачи диплома о высшем образовании.

ОСНОВНАЯ РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

По геолого-геофизической части

1. *Гравиразведка:* справочник геофизика/ под ред. Е. А. Мудрецовой и К. Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 607 с.

2. *Инструкции по гравиметрической разведке*. М.: Недра, 1975. 88 с.

3. *Инструкции по магниторазведке:* наземная магнитная съемка, аэромагнитная съемка, гидромагнитная съемка / под ред. Ю. С. Глебовского и В. Е. Никитского. Л.: Недра, 1981.

4. *Инструкции по сейсморазведке*. М.: Недра, 1985.

5. *Инструкции по электроразведке:* наземная электроразведка, скважинная электроразведка, шахтно-рудничная электроразведка, морская электроразведка / М-во геологии СССР. Л.: Недра, 1984. 352 с.

6. *Комплексирование методов разведочной геофизики*: Справочник геофизика / под ред. В. В. Бродового и А. А. Никитина. М.: Недра, 1984. 379 с.

7. *Магниторазведка:* справочник геофизика / под. ред. В. Е. Никитского и Ю. С. Глебовского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 470 с.

8. *Физические свойства горных пород и полезных ископаемых*: справочник геофизика / под ред. Н. Б. Дортман. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 456 с.

9. *Электроразведка:* Справочник геофизика. В двух книгах / под. ред. В. К. Хмелевского и В. М. Бондаренко 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1989. 438 и 278 с.

По охране труда и окружающей среды

10. *Болтыров В. Б., Золоев К. К*. Экология геологоразведочных работ: методические рекомендации. Свердловск: ПО «Уралгеология». 1991. 82 с.

11. *Правила безопасности при геологоразведочных работах.* М.: Недра, 1979. 249 с.

12. *Ширшков А. И.* Охрана труда в геологии. М.: Недра, 1990. 235 с.

По производственной части

13. *Инструкция по составлению проектов и смет.* Приложение к приказу Роскомнедра от 22.11.93, № 108. – М., 1993.

14. *Проектирование геологоразведочных работ*: методические указания по выполнению курсовой работы дисциплины «Экономика и организация геологоразведочных работ» и экономической части ВКР специалиста для студентов геологических и геофизических специальностей / Г. С. Карпов, С. В. Макарова, Г. А. Самсонов, В. Г. Жуков. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 64 с.

15. *Сборники норм основных расходов (СНОР)*, выпуски 1-11. – М., 1995.

16. *Сборник сметных норм (ССН),* выпуски 1-11. – М.: ВИЭМС, 1992.

Учебное издание

А. А. Редозубов, В. Г. Жуков

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР) ИНЖЕНЕРА

Учебное пособие

Подписано в печать _____ 2016 г. Бумага писчая. Формат 60х84 1/16.
Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____. Тираж 200 . 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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.03 «ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ» ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Екатеринбург

Введение

Естественные науки – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География –** система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология –** комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершавшихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письмена, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под ***фундаментальными*** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К ***прикладным направлениям*** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

Объектом общей геологии является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

Предметом непосредственного изучения геологии служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит ***метод актуализма.*** При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

Общенаучное значение геологии заключается в её неоценимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

Практическое значение геологии заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом

обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе - Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

"Вселенная, весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется ***Метагалактикой,*** включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или ***галактик*** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

Наша ***Галактика Млечного Пути*** - типичная звездная система с массой около 10^{10} масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765км\с (30,27км\с в перигелии, 29,27км\с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезималями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

Под фигурой, или формой Земли, понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к ***эллипсоиду вращения (сфероиду).*** В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керна глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в

определённых усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

Земная кора (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями (наибольшие под Гималаями и Андами).

Мантия Земли распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

Ядро Земли подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

Мантия Земли является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

Верхняя мантия характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы.* Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твёрдой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой.* По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделённой от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или ***эндогеннных,*** и внешних, или ***экзогенных,*** сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются ***геологическими процессами***. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

Эндогенные процессы определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

Экзогенные **процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на сглаживание, выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

3.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом.* Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обусловливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные.*

3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

Магматизмом называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При ***интрузивном магматизме*** (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При ***эффузивном магматизме*** (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°С.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°С, изредка достигая 1350°С. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H_2O, H_2, CO_2, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать ***изохимически,*** т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и ***метасоматически,*** т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

Выветривание (нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

Денудация (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации (силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

Аккумуляция (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

Диагенез (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм

рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - слагают горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющие большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются ***минералами.*** Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определённым химическим составом и вполне определённой кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твёрдость и т.д.

4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горными породами называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определённых геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твёрдые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются ***породообразующими***

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются ***мономинеральными,*** если же из нескольких -***полиминеральными*** (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

Осадочные горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении_любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

Магматические горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

Метаморфические горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощностьот 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность ***континентальной*** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 . (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км , но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие ***океанической*** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются ***структурными элементами.*** *С* точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это ***структуры*** **I** (планетарного) порядка . В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры П порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно - океанические хребты.

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

Гипотезы горизонтального дрейфа континентов

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкоровых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые

также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дицем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется ***спредингом*** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется ***субдукцией,*** сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - ***обдукцией***. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - ***коллизия*** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкоровых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно соприкасается с технологий переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

Полезным ископаемым называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для

извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на ***металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.***

Металлические полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

К *неметаллическим* полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекол и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

Горючие ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К ***газоминеральному*** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

Гидроминеральные полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

Рудой называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

Месторождением **полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется ***кондициями*** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

Телом полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обусловливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

самородные - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

сернистые **и им** подобные - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

оксидные - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

карбонатные - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

сульфатные - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

фосфатные - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.;*

силикатные - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.;*

галоидные - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

Магматическими называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения

магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу ***экзогенных*** включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К ***месторождениям выветривания*** относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. ***Остаточные*** месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К **осадочным месторождениям** относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

Метаморфизованными называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под ***метаморфическими*** месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3.Оценочные работы.

Этап III. Разведка и освоение месторождений.

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной

значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности, гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОСНОВЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.03 Технология геологической разведки

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……4
1. ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ……7
1.1.Оконтуривание рудного тела в разрезе скважины и в поперечном сечении……7
1.2. Оконтуривание пластообразной рудной залежи на плане……12
2. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ……16

ВВЕДЕНИЕ

Оконтуривание месторождений полезных ископаемых – это определение на горизонтальной, вертикальной проекциях и разрезах границ контуров распространения залежей полезного ископаемого или его частей (отдельных тел, блоков, горизонтов). Оно производится по показателям кондиций: бортовому содержанию полезного компонента, минимальному промышленному содержанию, минимальной мощности тела полезного ископаемого или метропроценту и ряду других. Оконтуривание месторождений полезных ископаемых – этап, предшествующий подсчету запасов полезных ископаемых. Оконтуривание сводится к установлению опорных точек контура объекта по естественным обнажениям, горным выработкам, разведочным скважинам и построению по ним линии подсчетного контура залежи. Для подсчета запасов отстраивается промышленный контур, ограничивающий кондиционные участки тела полезного ископаемого. Он может быть внутренним и внешним. **Внутренний** контур отстраивается через крайние разведочные пересечения, встретившие полезное ископаемое; **внешний** – через точки предполагаемых естественных или условных (экстраполированных) границ распространения месторождения.

В пределах выработки опорные точки устанавливаются по данным замеров, непосредственных наблюдений и опробования. При четких геологических границах подсчетный контур совпадает с геологическим. При сложном распределении полезных компонентов оконтуривание производят по пробе с бортовым содержанием, по мощности или метропроценту (произведению величины мощности на содержание). При отстройке подсчетного контура установленные по отдельным выработкам опорные точки переносятся на планы, разрезы или проекции и соединяются прямыми или изогнутыми (согласно геологической структуре) линиями. Положение опорных точек между крайними пересечениями с кондиционными и некондиционными показателями находят способом интерполяции. За пределами выработок с кондиционными показателями при отсутствии оконтуривающих пересечений подсчетный контур определяют методом экстраполяции с использованием геолого-геофизических данных по месторождению.

Запасы, оконтуренные по достаточно густой сети разведочных пересечений, могут быть отнесены к категориям *A* и *B*, а на объектах сложного геологического строения – к категории C_1. Запасы, распо-

ложенные за пределами внутреннего контура, обычно относятся к категориям C_2 и реже – C_1.

Подсчетом запасов называется операция по определению количества промышленно пригодного минерального сырья в недрах. Разведанные и правильно учтенные запасы полезных ископаемых представляют надежную основу для экономики страны. Поэтому обоснованный подсчет запасов для разных видов минерального сырья имеет важное государственное значение. Хотя подсчет запасов является вычислительной операцией, в его основе лежит методически обоснованная разведка и всестороннее изучение геологического строения месторождения полезного ископаемого.

По Л. И. Четверикову (1984) понятие «**методика разведки**» является базовым понятием теории разведки. Оно включает в себя: а) комплекс локальных наблюдений и замеров разведочных параметров (метод разведки); б) способы осуществления этих наблюдений и замеров; в) методы обработки, анализа и оценки разведочной информации; г) интерпретацию данной информации и создание эмпирической модели разведуемых недр. Пункт «а» занимает особое положение. Он реализуется через разведочные системы. Вслед за А. Б. Кажданом [1, 2] под разведочной системой мы понимаем совокупность определенным образом расположенных разведочных пересечений. По пространственной ориентировке разрезов разведочные системы подразделяются на три класса: 1) вертикальных разрезов; 2) горизонтальных разрезов; 3) продольных разрезов. Выбор системы разведки зависит от ряда факторов: а) поставленных задач и выбранной методики разведки; б) горно-геологических особенностей разведки; в) имеющихся технических средств; г) географо-геоморфологических и экономических факторов. Оптимальной будет такая система разведки, которая позволит решить поставленные задачи и осуществить оценку недр с наименьшей затратой времени и материально-технических средств.

Подсчет запасов и сопутствующее ему изучение месторождений проводятся для: а) определения количества минерального сырья в недрах с выяснением распределения запасов по отдельным сортам и участкам месторождения; б) обоснования степени надежности цифр подсчета запасов и степени изученности месторождения; в) сбора необходимых данных для геолого-экономической оценки разведуемого месторождения, включающей обоснование способа вскрытия и отработки объекта, оценку технологических свойств и качеств минераль-

ного сырья, расчет экономической целесообразности промышленного освоения.

Запасы какого-либо компонента (например, металла) в недрах рудного месторождения рассчитываются по формуле

$$P = Q \cdot c,$$

где P – запасы компонента (например, металла); Q – запасы минерального сырья (например, руды); c – среднее содержание компонента в контуре подсчитываемых запасов (например, среднее содержание металла в руде).

Если «c» выражено в процентах, то $P = Q\dfrac{c}{100}$.

Запасы минерального сырья (Q) определяются по формуле

$$Q = V \cdot d\ ,$$

где V – объем тела полезного ископаемого, по которому производится подсчет запасов, м^3; d – объемная масса минерального сырья в недрах, т/м^3.

Объем тела полезного ископаемого (V) определяется по формуле

$$V = S \cdot m,$$

где S – площадь полезного ископаемого, м^2; m – средняя мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчитываемых запасов, м.

В итоге формулу подсчета запасов можно выразить так: $P = S \cdot m \cdot d \cdot c$

$$\text{или}\quad P = \frac{S \cdot m \cdot d \cdot c}{100}.$$

Запасы минерального сырья в недрах (Q) устанавливаются в следующих единицах: 1) запасы руды коренных металлических месторождений твердых полезных ископаемых – в тыс. т; 2) запасы песков россыпных месторождений, пород для строительных целей и др. – в тыс. м^3 или млн м^3. Запасы компонентов учитываются в т или в тыс. т. При этом для железа, марганца, хрома, ванадия и алюминия определяются только запасы сырой руды (Q) и среднее содержание в ней металла (c), а запасы металлов (P) не вычисляются. Запасы благородных металлов (золота, платины, серебра) определяются в кг или т. При подсчете запасов алмазов содержание выражается в каратах (1 карат = 200 мг) или граммах.

Запасы подсчитываются по месторождениям (участкам) по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе их изучения и промышленного освоения. Они оцениваются в недрах без введения поправок на потери и разубожи-

вания при добыче, обогащении и переработке концентратов. В комплексных месторождениях подлежат подсчету запасы основных и совместно залегающих с ними полезных ископаемых, а также содержащиеся в них основные и попутные полезные компоненты (металлы, минералы, химические элементы и их соединения), целесообразность промышленного использования которых определена кондициями на минеральное сырье.

1. ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Важнейшим элементом разведки месторождений полезных ископаемых является оконтуривание залежей, позволяющее определить их форму и внутреннее строение. Оконтуривание ведется по показателям кондиций, которые зависят от способа определения границ тела полезного ископаемого (визуальный или путем опробования), от характера распределения полезного компонента (равномерное, неравномерное) и от сложности внутреннего строения.

Первоначально выполняется оконтуривание тела по разведочной выработке, а затем оконтуривание в разведочном сечении и на плане. По данной теме предлагаются два задания, работа над которыми дает студенту представление об оконтуривании рудных залежей. В обоих заданиях контуры промышленного оруденения устанавливаются по данным опробования. Это позволяет при выполнении каждого задания убедиться в тесной связи количества балансовых запасов от качества полезного ископаемого. В каждом задании следует показать штриховкой распределение балансовых и забалансовых запасов.

1.1. Оконтуривание рудного тела в разрезе скважины и в поперечном разведочном сечении

Дано: поперечный геологический разрез пластообразной залежи гипергенных никелевых руд, полученный по данным эксплуатационной разведки (рис. П. 1 – П. 3). Разведочные скважины расположены друг от друга на расстоянии 10-15 м. Длина керновых проб 2 м. Содержание никеля вынесено рядом с соответствующими пробами. Фрагмент этого разреза приведен на рис. 1. Для реализации индиви-

дуальной самостоятельной работы каждого студента на группу выдается 3 разреза по 10 вариантов в каждом.

В процессе оконтуривания следует руководствоваться следующими кондициями:

1. Минимальная рабочая мощность – 2 м.

2. Максимальная мощность пустых пород и забалансированных руд, включаемых в промышленный контур рудного тела, – 2 м.

3. Бортовое содержание никеля повариантно (табл. 1).

Таблица 1

Кондиции для оконтуривания по конкретным вариантам задания

Варианты		Бортовое содержание никеля, % масс.	Минимальное промышленное содержание никеля по блоку, % масс.
нечетные скважины	четные скважины		
1, 11, 21	6, 16, 26	0,7	1,05
2, 12, 22	7,17,27	0,8	1,10
3, 13, 23	8, 18, 28	0,9	1,15
4, 14, 24	9,19,29	1,0	1,20
5, 15, 25	10, 20, 30	1,1	1.30

4. Минимальное содержание никеля, принятое за нижний предел для оконтуривания забалансовых руд, составляет 0,5 % масс.

Необходимо:

а) пользуясь кондициями, определить опорные точки для оконтуривания в пределах каждой выработки; отметки кровли и подошвы залежи соединить пунктирной линией;

б) вычислить и поставить над скважиной в виде дроби мощность рудной залежи (числитель) и среднее содержание никеля в процентах (знаменатель);

в) провести контуры забалансовых руд в разведочном сечении;

г) вычислить площадь балансовых руд в разрезе и линейный запас никеля, приняв значение объемной массы сухой руды, равной 1,15 т/м^3;

д) исследовать зависимость линейного запаса балансовых руд (количество) от уровня бортового содержания, принятого при оконтуривании.

Методические указания к выполнению работы.

Каждый студент получает разведочный профиль с исходными данными для оконтуривания в соответствии с вариантом задания (1-10, 11-20, 21-30), определяемым согласно порядковому номеру студента в групповом журнале. Каждый вариант предусматривает обработку данных по четным или нечетным скважинам, входящим в разведочный профиль.

Наметив по заданному бортовому содержанию верхнюю границу рудного тела по каждой скважине, следует соединить из жирной пунктирной линией, соответствующей положению в пространстве кровли рудного тела. Затем аналогичным образом необходимо провести пунктирную линию, соединяющую отметки подошвы рудного тела.

Далее необходимо выделить участки забалансовых руд, включаемых в контур рудного тела. Как правило, они соответствуют спаренному положению двух проб с некондиционным (ниже бортового) содержанием никеля.

Наметив внешние и внутренние границы забалансовых руд, нужно определить среднее содержание никеля по скважине и общую мощность рудного тела по скважине (среднеарифметическим способом). Оба параметра выносятся в виде дроби над скважиной.

На рис. 1 дан пример оконтуривания на одном из участков разреза. При бортовом содержании никеля 0,8 % по скважине № 1 мощность залежи составила 10 м, так как некондиционный интервал с содержанием 0,53 % не превышает 2 м. Среднее содержание никеля по пяти пробам составило 0,95 %.

Скважина 3 вскрыла внутри рудного тела интервал забалансовых руд мощностью 4 м (0,70 и 0,75 %). Поскольку согласно кондициям внутри рудного тела такие руды могут присутствовать лишь в виде прослоев не более 2 м, этот интервал исключается из контура балансовых руд. Однако, если такой участок окружен балансовыми рудами в соседних скважинах, он вычленяется на разрезе как «островок» забалансовых руд. Некондиционные интервалы мощностью 2 м, располагающиеся среди кондиционных, включаются в контур балан-

совых руд без каких-либо ограничений. Примером может служить интервал с содержанием 0,7 % никеля по скважине 5 (см. рис. 1). В случае более высоких требований кондиций к качеству руд ($C_{б.}$ = 0,9 % масс), этот интервал совместно с соседним (0,8 %) вычленяется из рудного контура как «окно» забалансовых руд.

После проведения контура балансовых руд следует проверить правильность оконтуривания. С этой целью необходимо вычислить среднее значение мощности рудного тела (среднеарифметическое) и среднее содержание никеля по разведочному сечению (средневзвешенное). При соблюдении неравенства $\overline{C} \geq C_{\text{мин. пр.}}$ можно считать оконтуривание завершенным. Если среднее содержание никеля меньше минимального промышленного, нужно исключить из расчета среднего значения скважины с наименьшим содержанием никеля (одну-две) и вновь проверить наличие приведенного выше неравенства.

Закончив оконтуривание балансовых руд, следует провести, по соответствующему показателю кондиций, контуры забалансовых руд (верхний и нижний) и показать распространение названных типов руд в разведочном сечении соответствующей штриховкой (см. рис. 1). Проведя оконтуривание балансовых руд по разрезу, нужно определить их площадь (S) в м^2, учитывая соотношение вертикального и горизонтального масштабов. Это можно сделать с помощью палетки или умножением длины залежи в разрезе на среднюю ее мощность, вычисленную ранее. В качестве палетки можно использовать кальку, на которой равномерно по квадратной сетке (1,0 х 1,0 см) нанесены яркие (жирные) точки, каждая из которых соответствует единичной площадке, определяемой произведением знаменателей горизонтального и вертикального масштабов. В нашем случае это 20 м^2 (1:1000 и 1:200). Если точки на палетке нанести через 0,5 см, то площадь зоны влияния каждой точки будет 5 м^2. Точки, попавшие на границу контура, соответствуют половине единичной площадки (10 или 2,5 м^2 соответственно). Для повышения точности вычисления площади определение площади по палетке следует выполнить дважды.

Затем необходимо определить линейный запас никеля (P_{Ni}) в слое 1 м, пользуясь формулой

$$P_{\text{Ni}} = S \cdot 1 \cdot d \cdot \overline{C} \cdot 100^{-1},$$

где S - площадь балансовых руд, м^2; d - объемная масса сухой руды, т/м^3; $\overline{C}$ - среднее содержание никеля по разрезу, % масс.

Заключительная часть работы состоит из исследования связи количества руды (линейный запас) от его качества (среднее или бортовое содержание никеля). Для этого студенты, выполнявшие оконтуривание при различных вариантах бортового содержания, но при одинаковых исходных данных (варианты 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30), объединяются в группы по пять человек для обмена полученными результатами и их обсуждения. Обменявшись значениями вычисленных линейных запасов никеля в балансовых рудах, каждый студент строит график зависимости величины линейного запаса (ордината) от бортового содержания (абсцисса). В итоге он убеждается в конкретном проявлении зависимости подсчитанных запасов от принятых кондиций.

Итоги проделанной работы отображаются на правой стороне отчетного бланка, где последовательно (сверху вниз) приводятся следующие данные:

- промышленные кондиции, использованные при оконтуривании (бортовое и минимальное промышленное содержание никеля);
- среднее содержание никеля по разрезу в сопоставлении с минимальным промышленным, % масс;
- средняя мощность рудного тела, м;
- площадь балансовых руд в разведочном сечении, $м^2$;
- расчет линейного запаса никеля, т;
- график зависимости линейного запаса никеля от его бортового содержания.

Время выполнения работы в аудитории – 2 часа.

1.2. Оконтуривание пластообразной рудной залежи на плане

Оконтуривание залежи гипергенных никелевых руд реализуется в проекции на дневную поверхность после проведения оконтуривания в каждой скважине и разведочном пересечении.

Дано: Разведочный план небольшого месторождения гипергенных никелевых руд, разведанного по сети 50 х 50 м в стадию оценочных работ (номера скважин 1-86) и 25 х 25 м в стадию разведки (номера скважин 87 и более). Возле каждой скважины показаны мощность рудного тела и среднее содержание никеля по пересечениям с балансовыми рудами. По скважинам, не вскрывшим промышленного оруденения, выносятся содержания никеля по забалансовым рудам. Фрагмент этого плана приводится на рис. 2.

Основные показатели кондиций, определяющие условия оконтуривания, приведены в табл. 2. Всего предложено пять значений кондиционных показателей.

Таблица 2

Промышленные кондиции для оконтуривания залежей в плане

Варианты заданий				Бортовое содержание никеля, % масс.	Минимальное промышленное содержание никеля по залежи, % масс.
а	б	в	г		
1	6	11	16	0,7	1,05
2	7	12	17	0,8	1,10
3	8	13	18	0,9	1,15
4	9	14	19	1,0	1,20
5	10	15	20	1,1	1,30

Варианты с индексами «а» (1-5) и «в» (11-15) выполняются с использованием всех скважин, а с индексами «б» (6-10) и «г» (16-20) – по скважинам стадии оценочных работ (см. рис. 2).

При названных условиях одновременно реализуется 20 индивидуальных решений данного задания.

В качестве дополнительных кондиций заданы:

1. Минимальная рабочая мощность – 2 м;

2. Минимальное содержание никеля, дающее право относить руды к забалансовым – 0,5 % масс.

Необходимо: пользуясь заданными кондициями, провести оконтуривание балансовых и забалансовых руд, отобразив их штриховкой на бланке задания.

Методические указания к выполнению работы.

Каждому студенту выдается план расположения разведочных скважин со значениями мощностей рудных тел и средних содержаний никеля по разведочным пересечениям. В соответствии с порядковым номером студента в групповом журнале определяется вариант его индивидуального задания, включающий перечень разведочных скважин, участвующих в оконтуривании, и промышленные кондиции, при которых оно должно быть выполнено (см. табл. 2).

В контур балансовых руд включаются скважины с содержанием никеля выше бортового. Положение контура на плане определяется интерполяцией между скважинами с кондиционным и некондиционным содержанием и фиксируется жирной пунктирной линией. Аналогичным образом проводится внутриконтурная граница балансовых и забалансовых руд.

После проведения контура балансовых руд необходимо вычислить средневзвешенное содержание никеля по залежи (блоку) и среднюю мощность залежи. Оконтуривание можно считать выполненным правильно, если соблюдается неравенство: $\overline{C} \geq C_{\text{мин. пр.}}$ Если приведенное неравенство не соблюдается, то запасы руды оконтуренного блока или залежи относятся к забалансовым. Для того, чтобы перевести их в балансовые, нужно исключить из проведенного контура одну или несколько скважин с наименьшим содержанием никеля и вновь проверить приведенное выше неравенство. При его соответствии заданному условию оконтуривание балансовых руд можно считать завершенным.

Следующей операцией оконтуривания следует считать проведение контура забалансовых руд, включив в него скважины с содержанием никеля более 0,5 % масс.

Для вариантов оконтуривания с использованием всех скважин, нанесенных на разведочном плане (обозначены в табл. 2 символами «а» и «в»), необходимо провести дополнительный контур через крайние скважины с содержанием никеля выше бортового. Его следует провести жирной сплошной линией. Это будет контур, ограничивающий запасы категории В. При этом запасы балансовых руд между сплошной и пунктирной линиями будут отнесены к категории C_1 (см. рис. 2).

Положение контура балансовых руд проводится на середине расстояния между скважинами с параметрами, соответствующими кондициям и некондиционными.

После выполнения оконтуривания необходимо произвести подсчет запасов руды и металла в контурах балансовых запасов. Затем, объединившись в группы по пять человек с одинаковыми исходными данными (а – г, см. табл. 2), студенты обмениваются итогами расчетов запасов руды и металла и строят графики зависимости запасов никеля (ординаты) от бортового содержания (абсцисса).

Требования к оформлению результатов работы.

В итоге работы на разведочном плане с исходными данными каждый студент показывает штриховкой контуры развития балансовых и забалансовых руд (см. рис. 2). На поле справа указываются: кондиции, при которых производилось оконтуривание; средние содержания никеля и средние мощности руд по залежам (блокам); площади выделенных блоков и запасы руд и металла по каждому из них; график зависимости запасов никеля от бортового содержания, принятого при оконтуривании.

В вариантах с полным использованием разведочных данных (см. табл. 2) на плане выделяются площади блоков, соответствующих по разведанности категориям B и C_1.

Время выполнения работы – 2 часа.

2. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ

Целью предлагаемых к решению задач (задания 1-12, рисунки 3-14) является – приобретение студентами навыков проектирования оценочных работ в пределах рудоперспективных участков.

Порядок выполнения работы.

1) Ознакомившись с геологической ситуацией, отображенной на бланке задания, необходимо сделать заключение о возможном геолого-промышленном типе месторождения, руководствуясь литературными сведениями [3, 4, 5]. Для отнесения оцениваемого объекта к определенному промтипу следует учитывать: форму, размеры, условия залегания выходящих на поверхность залежей полезного ископаемого; состав, условия залегания рудовмещающих пород; уровень установленных при опробовании концентраций полезных компонентов.

2) Привести примеры месторождений-эталонов. Охарактеризовать возможный минеральный и химический состав полезного ископаемого (руководствуясь рекомендованными источниками).

3) Обосновать возможную группу прогнозируемого месторождения по сложности геологического строения для целей разведки, взяв рекомендации инструкции ГКЗ [6].

4) Сформулировать задачи, решаемые при проведении оценочных работ. Уточнить их применительно к конкретной геологической обстановке.

5) Обосновать систему разведочных работ (форму, плотность разведочной сети). Нанести проектные выработки на план и отстроенные проектные геологические разрезы – 1-2 шт. (размещенные в нижней части листа – на бланке задания).

6) Наметить виды и способы отбора проб применительно к конкретному типу полезного ископаемого. Для каждого вида опробования (химического, геохимического, минералогического, технологического, технического, геофизического) обосновать цель исследования, способы отбора проб, параметры проб (сечение, длину, массу пробы). Составить схему обработки проб. Все запланированные виды исследований отразить в табличной форме.

7) Подсчитать проектные запасы полезного ископаемого по категории C_1 (для отдельных блоков), C_2, а также прогнозные ресурсы по категории P_1. Ограничить проектные выработки глубиной до 100-150 м, в отдельных случаях – до 200 м (в зависимости от типа полезного ископаемого). По запроектированным выработкам предусмотреть возможные (вероятные) параметры (мощность залежи, содержание полезного компонента, объемная масса руды и т. д.). Обосновать метод подсчета запасов и выполнить его, отразив результаты в табличной форме.

Отчетными документами являются графический материал и пояснительная записка к нему. На приведенной на бланке задания схематической геологической карте следует нанести проектные разведочные выработки (горноразведочные, буровые скважины), отразив номерами последовательность их проходки. Проектные выработки должны быть также нанесены и на отстроенные геологические разрезы, а также при необходимости на продольную вертикальную проекцию. На графике отразить контуры блоков проектных запасов категории C_1, C_2 и прогнозных ресурсов категории P_1. В пояснительной записке обосновать методику оценочных работ, объем аналитических исследований. Геолого-промышленную значимость оцениваемого объекта сравнить с литературными сведениями [3, 4, 5, 7]. Время выполнения задания – 6-8 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каждан, А. Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1977. – 327 с.

2. *Каждан, А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки) / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1984. – 285 с.

3. *Авдонин, В. В.* Месторождения металлических полезных ископаемых / В. В. Авдонин, В. Е. Бойцов, В. М. Григорьев [и др.]. – М.: Трикста, 2005. – 720 с.

4. *Малахов, И. А.* Промышленные типы металлических полезных ископаемых / И. А. Малахов, П. Л. Бурмако, А. П. Алексеев. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. – 209 с.

5. *Яковлев, П. Д.* Промышленные типы рудных месторождений / П. Д. Яковлев. – М.: Недра, 1986. – 358 с.

6. *Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых.* – М.: ГКЗ, 1998. – 319 с.

7. *Баранников, А. Г.* Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: лабораторный практикум с основами теории / А. Г. Баранников, А. Н. Угрюмов, Г. П. Дворник. – Екатеринбург: УГГУ, 2004. – 104 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

для обучающихся специальности

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 3

Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н.,
Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н.

Екатеринбург
2020

Самостоятельная работа студентов в рамках учебного процесса играет важную роль в изучении дисциплины «Месторождения полезных ископаемых», поскольку основными объектами труда горных инженеров-геологов – поисков, разведки являются месторождения полезных ископаемых. Поэтому в процессе обучения у студентов формируются представления о месторождения полезных ископаемых как геологических объектах, возникающих в процессах формирования и развития земной коры. Главные задачи профессиональной деятельности – разработка научно обоснованных направлений поисковых работ и выбор рациональной методики разведки месторождений полезных ископаемых могут быть успешно решены при условии овладения студентом современных представлений о геологических и физико-химических условиях их формирования. В процессе самостоятельной работы студент получает представление об особенностях строения каждого типа месторождений как модели месторождений, с которым он будет сталкиваться в процессе своей будущей практической деятельности, и сравнивать с ними конкретные объекты. Для этого в рамках самостоятельной работы в первую очередь следует обратить внимание на изучение имеющегося на кафедре каменного материала, характеризующего большую часть типов промышленных месторождений.

Основное содержание дисциплины и объемы самостоятельной работы по разделам дисциплины приведены в таблице

№№ тем	Содержание	Часы по СРС
1	Форма и условия залегания рудных тел	20
2	Структуры и текстуры руд	20
3	Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых	29
4	Подготовка к экзамену	27

Методические указания по организации самостоятельного изучения дисциплины

1. Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине «Месторождения полезных ископаемых» дают главный материал, как по теории, так и по практике исследований генезиса и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых. Современные проблемы, рассматриваемые в данной дисциплине, обусловлены как появлением новых теоретических представлений о геологии месторождений, так и их новых промышленных типов. Это требует после

прослушивания лекций обращаться к рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучения дополнительного материала по теме для последующего выполнения лабораторных заданий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

2. Подготовка, выполнение и оформление практических занятий

Практические занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о вещественном составе минерального сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение новых разрабатываемых месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации МПИ.

Особое внимание при изучении генетических типов месторождений следует обратить на работу с научной литературой по данной проблематике.

Чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнения в решении практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных разделов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

В рамках программы изучения дисциплины «Месторождения полезных ископаемых» предусматривается следующая тематика лабораторных работ.

Тема 1. Форма и условия залегания рудных тел.

Цель практических работ – ознакомиться с принципами определения формы рудных тел, изучить геологические разрезы, определить формы рудных тел на реальных геологических разрезах и найти их место в квалификационной таблице; по геологической обстановке на разрезе определить главные факторы, обусловившие форму и место локализации полезного ископаемого.

Места локализации рудных тел и, соответственно, их форма определяется рядом геологических факторов, в частности, условиям образования (эндогенными, экзогенными, или метаморфогенными). Как следствие, при изучении геологических разрезов месторождений, после определения формы рудного тела следует внимательно ознакомиться с геологической обстановкой и попытаться определить, какой из геологических факторов является определяющим: сингенетичность или эпигенетичность руд: отложения или замещения и др.

При выполнении работы следует иметь в виду, что форма природных геологических тел в большинстве случаев далека от идеальной, и при определении названия подбирается наиболее близкий эталон – идеальное геологическое тело.

Тема 2. Структуры и текстуры руд

Цель занятий – ознакомиться с основными структурами и текстурами руд, описать особенности минералогического состава и текстур руд различного генезиса. При изучении образцов необходимо, прежде всего, определить рудные минералы, текстуры, определить тип месторождения по типоморфным текстурам. Для этого используются таблицы «Типы текстур руд» по С.А. Вахромееву (1979).

Тема 3. Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых

Цель практических работ – изучение теоретического и имеющегося в учебных коллекциях каменного материала, изучить парагенетические ассоциации минералов руд, описать имеющиеся в коллекциях образцы руд и определить их место согласно генетической классификации месторождений полезных ископаемых (по В.Ф. Рудницкому, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 46).

Последовательность изучения генетических типов МПИ рекомендуется следующим образом:

1). Повторение теоретического материала по лекции, учебным пособиям, консультации с преподавателем, просмотр дополнительной литературы из рекомендованного списка.

2). Самостоятельная работа по дополнительному изучению образцов руд из учебных коллекций кафедры.

3). Изучение примеров месторождений данного класса по литературным данным.

4). Проверка усвоения материала по «Вопросам и заданиям для самопроверки» (В.Ф. Рудницкий, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 233-245).

3. Рекомендации по работе с литературой

Изучение учебной и научной литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить, используя следующие рекомендации:

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться , ориентируяясь на источники, содержащие необходимый материал.
2. Систематизировать перечень источников (для экзамена, для написания исследовательских работ.
3. Зафиксировать выходные данные по каждой книге.
4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книги) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. При этом целесообразно проконсультироваться с преподавателем.
5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).
6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте – это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.
7. Рекомендуется широко использовать интернет-источники и базы геологической литературы.

4. Подготовка к экзамену

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания (примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже).

1). Понятие о полезных ископаемых и их месторождениях

2).Вещественный состав руд. Вредные и полезные компоненты. Комплексное использование руд.

3). Минеральный состав руд. Массивные и вкрапленные руды.

4). Рудоконтролирующие структуры.

5). Морфологическая классификация рудных тел. Формы рудных тел.

6). Понятия текстуры и структуры руд. Классификация текстур.

7). Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород.

8). Источники рудного вещества эндогенных месторождений.

9). Источники рудного вещества экзогенных месторождений.

100. Причины и способы рудоотложения.

11). Раннемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.

12). Позднемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.

13. Ликвационные месторождения – условия образования и примеры месторождений.

14). Пегматиты: условия формирования месторождений, их типы и примеры.

15). Карбонатиты. Условия формирования, примеры месторождений.

16). Грейзены: факторы их образования, примеры месторождений.

17). Скарновые месторождения: условия формирования и примеры.

18). Порфировые месторождения: условия формирования и примеры.

19).Субвулканические (гидротермально-метасоматические) вулканогенные месторождения

20).Гидротермально-осадочные вулканогенные месторождения, условия их формирования и примеры.

21). Гидротермальные амагматогенные месторождения, условия формирования и примеры.

22). Месторождения выветривания и факторы их формирования.

23). Инфильтрационные месторождения.

24). Остаточные месторождения.

25). Механические месторождения полезных ископаемых и условия их формирования. Россыпные месторождения и их примеры.

26). Химические месторождения и условия их формирования.

27). Биохимические месторождения и условия их формирования.

28). Метаморфогенные месторождения.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по данной дисциплине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

а) основная

Рудницкий В. Ф. Основы учения о полезных ископаемых. Учебное пособие.- 3-е издание, исправленное и дополненное - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. -245 с.

б) дополнительная

Попова О.М. Полезные ископаемые: Лабораторный практикум с основами теории.-Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 97 с.

Рудные месторождения СССР В 3-х томах /под ред. Смирнова В.И., М.: Недра, 1978.

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03-Основы учения о полезных ископаемых

Интернет ресурсы: Все о геологии http://www.geo.web.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

Специальность
21.05.0*3 Технология геологической разведки*

Екатеринбург

Содержание

		Стр.
	Введение	4
1.	Организация и методика проведения практики	-
1.1.	Организационные вопросы	-
1.1.1.	План проведения практики	-
1.1.2.	Снаряжение учебных групп	5
1.1.3.	Устройство и ликвидация лагеря	6
1.1.4.	Правила техники безопасности при геологических исследованиях	-
1.2.	Методические вопросы проведения практики	7
1.2.1.	Рекогносцировочный этап практики	-
1.2.1.1.	Методика проведения рекогносцировочных маршрутов	8
1.2.1.2.	Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики	-
1.2.1.2.1.	Требования к составлению и оформлению отчета	-
1.2.1.2.2.	Содержание разделов пояснительной записки	9
1.2.1.3.	Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики	13
1.2.2.	Площадная геологическая съемка	-
1.2.2.1.	Составление опорной сети наблюдений	14
1.2.2.2.	Изучение коренных пород	-
1.2.2.3.	Изучение рыхлых отложений	15
1.2.2.4.	Гидрогеологические наблюдения	-
1.2.2.5.	Составление полевой документации	16
1.2.2.6.	Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков	-
1.2.2.7.	Эколого-геологические наблюдения	-
1.2.2.8.	Составление отчета по площадной съемке	17
1.2.2.9.	Аттестация работ по площадной съемке	18
2.	Приемы полевых геологических наблюдений	-
2.1.	Ведение полевой книжки	19
2.2.	Работа с горным компасом	-
2.2.1.	Устройство горного компаса	-
2.2.2.	Понятие элементов залегания горных пород	20
2.2.3.	Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей	22
2.2.4.	Определение превышений точек рельефа	23
2.2.5.	Привязка точек наблюдения	24
2.3.	Изучение обнажений горных пород	27
2.3.1.	Типы обнажений горных пород	-
2.3.2.	Привязка обнажений	-
2.3.3.	Описание горных пород	28
2.3.4.	Наблюдение структурных элементов	-
2.3.5.	Отбор образцов горных пород	29

2.3.6. Зарисовка обнажений 30
2.4. Первичная обработка полевых материалов 34
2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек -
2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов 35
3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района 36
3.1. Физико-географический очерк -
3.2. История геологического изучения района 37
3.3. Геологическое строение района 39
3.3.1. Стратиграфия -
3.3.1.1. Палеозойская эратема -
3.3.1.2. Мезозойская эратема 43
3.3.1.3. Кайнозойская эратема 45
3.3.2. Интрузивные образования 52
3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии -
3.3.2.2. Раннеордовикские интрузии -
3.3.2.3. Среднедевонские интрузии 53
3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии -
3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии 54
3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии -
3.3.3. Тектоника -
3.3.4. Гидрогеология 55
3.3.5. Геоморфология 56
3.3.5.1. Речные террасы 57
3.3.5.2. Карстовые формы рельефа 58
3.3.6. Полезные ископаемые -
3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые 59
3.3.6.2. Металлические полезные искоаемые -
3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые 60
3.3.6.4. Строительные материалы -
3.3.6.5. Подземные воды -
3.4. Экологическая характеристика района -
Рекомендуемая литература 63
Приложение 1 64

Введение

Учебно-методическая геологосъемочная практика студентов 2-го курса геологических и геофизических специальностей Института геологии и геофизики Уральского государственного горного университета проводится в Сухоложском районе Свердловской области в 120 км к востоку от г. Екатеринбурга. База практики расположена на правом берегу р. Пышмы в 500 м. ниже брода против села Рудянского.

В геологическом отношении район расположен на стыке складчатых структур Урала с горизонтально залегающими отложениями чехла Западно-Сибирской платформы, что позволяет познакомить студентов не только с палеозойскими образованиями Уральской складчатой системы, но и с мезозойскими и кайнозойскими отложениями платформенного чехла.

Учебная практика имеет целью закрепить теоретические знания полученные студентами при прохождении курсов структурной геологии и геологического картирования, минералогии, петрографии, палеонтологии и исторической геологии. Ее задачи сводятся к выработке у студентов навыков полевых геологических исследований, приобретаемых в процессе изучения и описания горных пород, руд, ископаемых остатков и дислокаций горных пород во время рекогносцировочных маршрутов по району практики и при самостоятельной геологической съемке.

Руководство практикой осуществляется коллективом кафедры геологии, поисков и разведки МПИ с привлечением преподавателей других кафедр ИГиГ УГГУ.

1. Организация и методика проведения практики

1.1. Организационные вопросы

1.1.1. План проведения практики

План проведения практики проводится в стенах университета. Не позднее одного месяца до начала практики проводится организационное (первое) собрание, на котором рассматривается состояние противознцифалитных прививок, представляются руководители групп, объявляется перечень продуктов, снаряжения, деталей экипировки, которые студенты должны взять на практику.

Во время второго организационного собрания студентам объявляются: сроки, задачи практики, место прохождения практики, порядок проезда до базы практики, проводится вводный инструктаж по охране труда, бытовой санитарии, и противопожарной безопасности.

Длительность практики составляет 4 недели и время, отводимое на проведение различных видов работы распределяется следующим образом:

Отъезд и устройство на базе	- 2 дня
Вводные установочные лекции и инструктаж по охране труда на рабочем месте	- 1 день
Рекогносцировочные маршруты студентов	- 8 дней
Камеральные работы и аттестация рекогносцировочного этапа практики	- 5 дней
Площадная геологическая съемка (с камеральными работами и защитой отчетов)	- 7 дней
Ликвидационные работы	- 1 день

Итого: 24 раб. дня (4 недели)

Цикл установочных лекций включает следующие темы:

1. Геологическое строение района практики.

2. Геоморфология и гидрогеология района практики.

3. Инструктаж на рабочем месте при устройстве полевого лагеря и проведении геологических исследований.

После чтения установочных лекций и инструктажа по охране труда при ведения полевых исследований студенты совместно с руководителем академической группы решают внутригрупповые организационные вопросы: разбиваются на бригады по 5-6 человек, договариваются о закупках продуктов, посуды и снаряжения, необходимого для полевой жизни. Группа обеспечивает себя билетами для проезда по железной дороге от ст. Свердловск до ст. Кунара. По прибытии на базу практики студентам отводится два дня (включая день прибытия) для устройства лагеря, организации быта и получения со склада полевого снаряжения и методической литературы. В конце второго дня проводится первое практическое занитие, во воремя которого студенты обучаются ориентировке на местности, измерению расстояний шагами, описанию обнажений горных пород.

Геологическая практика начинается с прохождения рекогносцировочных маршрутов, во время которых студенты знакомятся с геологическим строением района практики и с методикой описания естественных и искусственных обнажений горных пород, проявлений полезных ископаемых и керна буровых скважин, с методикой геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

После прохождения рекогносцировочных маршрутов каждая бригада составляет отчет, который включает общую характеристику геологического строения Сухоложского района. Отчет защищается перед комиссией, состоящей из преподавателей, находящихся на практике. Защитившие отчет, бригады приступают к проведению площадной и маршрутной съемок.

Практика считается пройденной после защиты отчетов по самостоятельным съемкам.

1.1.2. Снаряжение учебных групп.

Обеспечение групп необходимым снаряжением и оборудованием проводится через старосту и бригадира. Староста получает на базе снаряжение, общее для всех групп: палатки, постельные принадлежности, лопаты, кайла, топоры. Бригадир получает снаряжение на бригаду: чертежные доски, планшеты, методическую литературу, молотки, компасы, лупы и различные графические материалы.

Каждая бригада должна заранее позаботиться о том, чтобы иметь набор цветных карандашей, тушь (красную, черную, синюю, зеленую), иметь ластик, транспортир, рейсфедер, ручки ученические, линейки, угольники, тетрадь для написания отчета, фотоаппарат, пленки, фотобумагу и реактивы.

Каждая группа должна себя обеспечить посудой, необходимой для приготовления пищи на кострах, запасом продовольствия.

Студент должен быть экипирован применительно к работе в полевых условиях. Минимальный перечень необходимых вещей должен включать:

- костюм из плотной ткани для полевой работы;
- смену белья;
- обувь на рифленой резиновой подошве (туристические ботинки, кеды);
- хлопчатобумажные и шерстяные носки;
- легкую одежду для теплой погоды;
- теплую одежду для прохладной погоды (свитер, теплая кофта, телогрейка, вязаная шапочка);
- плащ и резиновые сапоги на случай непогоды;

- посуду (миску, ложку, кружку);
- туалетные принадлежности;
- складной нож;
- фонарик с запасом батареек;
- средство против комаров и клещей.

Снаряжение учебной группы и ее готовность к прохождению геологических маршрутов проверяется руководителем группы перед выходом в поле.

1.1.3. Устройство и ликвидация лагеря

Каждая академическая группа несет полную ответственность за правильную организацию и оформление места своей стоянки. Основные требования, предъявляемые к полевому геологическому лагерю, сводятся к следующему:

- палатки ставятся выходом на подветренную сторону:
- вокруг палатки должна быть вырыта канавка для стока воды;
- пол в палатке должен быть покрыт специальными щитами, сделапнными из досок, или устлан хвойными (или другими) ветками;
- костер должен располагаться с подветренной стороны на расстоянии не менее 10 м. От ближайшей палатки;
- за пределами лагеря должна быть вырыта яма для пищевых отходов и мусора;
- в обязанность группы входит сооружение своими силами обеденного стола с навесом от дождя;
- внутри палаток должна постоянно поддерживаться чистота и порядок.

По завершению практики лагерь должен быть ликвидирован. На территории бывшего лагеря наводится чистота. Колья, крепившие палатки, выдергиваются, все временные сооружения ликвидируются, ямы для пищевых отходов аккуратно засыпаются землей.

Прием убранной территории производится комиссией во главе с руководителем практики.

1.1.4. Правила техники безопасности при геологических исследованиях

Перед выездом на практику все студенты должны сделать противоэнцефалитные прививки.

На базе практики, перед началом рекогносцировочных маршрутов проводится смотр готовности группы к полевым работам: просматриваются снаряжение, обувь, одежда и пр., а также проверяются знания студентами природных условий и правил безопасности производства полевых работ.

В процессе прохождения геологических маршрутов движение перемещающейся группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную видимость или голосовую связь между людьми на случай оказания им необходимой помощи.

В ясный день нельзя уходить в геологический маршрут не защищенным от солнечных лучей. Каждый бригадир обязан в маршруте иметь при себе индивидуальный санитарный пакет.

Во избежание укусов змей передвижение по базе и вне ее производить в обуви. Воду для питья и приготовления пищи брать только из указанных источников.

При передвижении на автомашине запрещается перегруз машины и превышение нормальных габаритов груза. Груз должен быть распределен равномерно; колющие и

режущие инструменты (топоры, вилы, колья) уложены на днище кузова и прочно закреплены; люди расположены с максимально возможными удобствами. Запрещается: стоять в кузове автомашины, сидеть на бортах, перемещаться без надобности, соскакивать и садиться на ходу, курить и т. д.

При передвижении по крутым скалистым откосам запрещается сбрасывать камни, отваливать без надобности неустойчивые глыбы и т.п. Хождение по крутым тропам и карнизам должно быть осторожным. Особое внимание следует обращать на выступающие камни, ветви деревьев, мешающие передвижению. При передвижении по осыпям всегда следует иметь в виду возможность внезапного срыва сверху камней.

При сильной грозе не рекомендуется находиться вблизи одиноких деревьев, а также у металлических матч, держать вблизи себя геологический молоток и прочие металлические предметы.

Отбивание образцов твердых горных пород геологическим молотком должно производиться с предосторожностями, исключающими попадание осколков в лицо.

При проходке легких горных выработок запрещается раскачивать, сдвигать с места крупные валуны и нависшие камни. Во всех случаях работа должна производиться с помощью лома, кирки, лопаты таким образом, чтобы валун, глыба или отслоившийся пласт не могли причинить работающему травму.

Костры разрешается разводить только в защищенных местах, исключающих возможность возникновения пожара. Место костра необходимо окапывать. После ухода с места стоянки костры должны быть потушены.

Купаться разрешается группами, не менее трех человек так, чтобы умеющие плавать вели наблюдение за купающимися. Категорически запрещается купание в ночное время.

Рекомендуется проводить взаимоосмотр ежедневно на предмет наличия клещей.

Руководство практик (группы) должно знать, где находятся люди, и ежедневно проверять их наличие в лагере. Все отлучки из лагеря или из маршрута должны производиться только с ведома и разрешения руководителя практики (группы).

В случае установления факта отсутствия в лагере по неизвестным причинам кого-либо из сотрудников и студентов или невозвращения группы из маршрута в контрольный срок, руководитель практики (группы) обязан немедленно принять розыскные или спасательные меры.

Только после проведения со студентами инструктажа по охране труда ведения полевых работ и при соответствующей экипировки студентов группа допускается к проведению полевых работ.

1.2. Методические вопросы проведения практики

1.2.1. Рекогносцировочный этап практики

Целью рекогносцировочного этапа практики является ознакомление студентов с главнейшими особенностями геологического строения района практики и привитие студентам навыков описания естественных и искусственных обнажений горных пород, производства геоморфологических и гидрогеологических наблюдений. Выполнение этих задач осуществляется путем проведения маршрутов по наиболее информативным геологическим объектам, изучение которых способствует созданию представлений о строении всего района в целом.

1.2.1.1. Методика проведения рекогносцировочных маршрутов

В соответствии с программой учебной практики студенты проходят 8 рекогносцировочных маршрутов. Перед началом маршрутов каждая бригада получает нераскрашенную геологическую карту района практики, на которую она должна нанести пройденные маршруты и дооформленную и раскрашенную приложить к отчету по рекогносцировочному этапу практики.

Маршруты ведет руководитель учебной группы. По ходу движения он знакомит студентов с конкретными обнажениями (или с другими какими-либо геологическими объектами) путем демонстрации слагающих их пород, возрастных и пространственных взаимоотношений этих пород, а также разрывных и складчатых дислокаций (если таковые имеются). После этого руководитель дает описание обнажения, которое студенты записывают в свои индивидуальные полевые книжки. По рекомендации руководителя студенты отбирают образцы горных пород, измеряют ориентировку текстурной неоднородности пород и контактов, а также ориентировку дислокаций горных пород. Параллельно с вышеуказанным, руководитель обучает студентов делать привязку обнажения, измерять шагами, производить зарисовки обнажений.

После возвращения из маршрута, в указанные в распорядке дня часы, под руководством руководителя группы студенты проводят камеральную обработку полевых материалов: заполняют журнал образцов горных пород, раскрашивают геологическую карту на участке пройденного маршрута, выносят на карту элементы залегания горных пород, либо объекты, описанные в маршруте, но не отмеченные на карте.

Данные, полученные во время прохождения рекогносцировочных маршрутов, наряду с имеющимся в Методических указаниях описаниям района, кладутся в основу представлений о геологическом строении района практики и составляют основной фактический материал по рекогносцировочному этапу практики.

1.2.1.2.Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики

После завершения геологических маршрутов каждая бригада распределяет обязанности по составлению отчета и составляет отчет за рекогносцировочный этап практики. Отчет должен включать: 1 – геологическую карту района практики в масштабе 1 : 50 000, 2- карту фактического материала, 3 - пояснительную записку к геологической карте (текстовая часть отчета), 4 – коллекцию горных пород, 5 – индивидуальные полевые книжки.

1.2.1.2.1. Требования к составлению и оформлению отчета

Геологическая карта.

Геологиченская карта, выданная бригадам перед рекогносцировочными маршрутами доложна быть раскрашена в соответствии с требованиями к оформлению геологических карт. Раскрашиваются также условные обозначения и геологический разрез. В правом верхнем углу карты должен быть указан шифр учебной группы, номер бригады и вписан состав бригады. На карту должны быть нанесены пройденные маршруты, элементы залегания горных пород, проявления полезных ископаемых и другие объекты, описанные во время маршрутов, но отсутствующие на карте.

Карта фактического материала.

Карта фактического материала составляется на кальке. На карту должны быть нанесены ручкой или тушью пройденные маршруты и номера точек наблюдений; номера

и места: отбора образцов горных пород, сколков шлифов, находок фауны и флоры, проб на различные лабораторные исследования, микрополигонов для изучения трещиноватости; элементы залегания разрывных нарушений, интервалы (или точки) гидротермальных или метасоматических изменений, зоны (ареалы, точки) рудной минерализации. Линии маршрута должны сопровождаться литологическими знаками горных пород (литологическими «дорожками»).

Пояснительная записка.

Пояснительная записка к геологической карте района должна включать следующие разделы и главы:

Введение

1. Физико-географический очерк.
2. История геолого-геофизических исследований района.
3. Методика маршрутных исследований
4. Геологическое строение района

4.1. Стратиграфия

4.2. Интрузивные образованеия

4.3. Тектоника

5. Геоморфология
6. Гидрогеология
7. Полезные ископаемые
8. История геологического развития
9. Экологическая характеристика

Заключение

1.2.1.2.2. Содержание разделов пояснительной записки

Введение

Во «Введении» указываются: 1 – цели и задачи практики, 2 – место проведения практики, 3 – административное положение, экономика и пути сообщения района практики, 4 – перечень выполненных работ, 5 – состав бригады, 6 – распределение обязанностей по составлению отчета, с указанием авторов глав отчета и его графических приложений.

Физико-географический очерк

Физико-географический очерк должен содержать сведения об особенностях рельефа Сухоложского района, его гидрографической сети, растительности, животном мире и климате. Здесь же указывается степень обнаженности и проходимости района, категория дешифрируемости аэрофотоснимков.

История исследований района

Эта глава должна содержать краткую характеристику ранее проведенных в районе геологических и геофизических исследований. В хронологической последовательности должны быть раскрыты основные результаты проведенных работ.

Методика проведенных маршрутных исследований

В главе приводится перечень пройденных рекогносцировочных маршрутов и их цели, методика полевых наблюдений, виды проведенных камеральных работ.

Геологическое строение района практики

В основе этого раздела должны лежать сведения о геологическом строении района практики, изложенные в соответствующем разделе данных Методических указаний и почерпнутые с геологической карты района м-ба 1:50 000. Студенты только дополняют этот каркас конкретным фактическим материалом, собранным во время рекогносцировочных маршрутов.

Стратиграфия

Глава начинается с общей характеристики стратифицированных образований района: перечисляются развитые в районе стратиграфические подразделения в ранге эратем, приводятся общие сведения об их составе, площадном распространении и условия залегания слагающих их пород. Затем развертывается последовательная характеристика эратем с соблюдением принятой рубрикации излагаемого материала. Описание ведется в хронологической последовательности от наиболее древних к более молодым и заканчивается характеристикой отложений четвертичной системы. Очень важно, чтобы при описании стратиграфических подразделений соблюдалась четкая их рубрикация с указанием группы, системы, отдела, яруса, зоны. Все заголовки внутри главы должны отражать соподчиненность выделенных стратиграфических единиц, исключающую ненужные повторения. Названия стратиграфических подразделений необходимо сопровождать их индексацией.

Характеристика каждой толщи горных пород, выделенных в самостоятельную стратиграфическую единицу, должна приводиться по определенной стандартной форме, облегчающей поиск и усвоение необходимой информации : вначале указывается, какими горными породами сложено данное стратиграфическое подразделение, отмечаются особенности площадного распространения пород данного возраста, положение в главнейших тектонических структурах района, затем характеризуется их состав, текстурные и структурные особенности, после чего дается обоснование возраста и характеристика контактов с подстилающими образованиями. Обязательно приводится перечень руководящих палеонтологических форм, подтверждающих возраст данного стратиграфического подразделения. Заканчивается глава указанием мощности стратиграфического подразделения.

Эффузивные тела покровного типа включаются в состав стратиграфического разреза, и приводится их петрографическая характеристика.

Глава должна быть проиллюстрирована фотографиями и зарисовками, показывающими характер обнажений горных пород того или иного стратиграфического подразделения, особенности его внутреннего строения и характер дислокаций составляющих его пород.

Интрузивные образования

Эта глава начинается с указания интрузивных комплексов, представленных на описываемой территории (совокупностей интрузивных тел, объединенных общностью состава, возраста, условий образования и залегания), которые известны в районе по литературным данным, указаны на геологической карте, а также были встречены при изучении опорных обнажений во время рекогносцировочных маршрутов. Характеристика интрузивных комплексов производится в последовательности: от древних к молодым и от основных (ультраосновных) к кислым.

Относительно каждого интрузивного комплекса указывается следующее: 1 – минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород; 2 – количество, форма (дайка, шток, нэкк и пр.) размеры и внутреннее строение интрузивных тел

(наличие, состав и строение экзо- и эндоконтактовых зон, элементы прототектоники); 3 – относительный возраст интрузивных тел.

Все интрузии одного интрузивного комплекса описываются сообща, с указанием каких-то особенностей отдельных тел. Крупные интрузии описываются индивидуально.

Тектоника

В начале главы дается самая общая характеристика структурных особенностей изучаемого района, отмечаются условия залегания стратифицированных образований (складчатое, моноклинальное, горизонтальное). Затем приводится тектоническое районирование территории (то есть указывается положение района в крупных тектонических структурах). После этого дается подробная характеристика сначала складчатых, а затем и разрывных структур последовательно от крупных к мелким.

Описание **складчатых дислокаций** включает в себя указание: 1 – морфологического и генетического типов складок; 2 – ориентировки складок (простирания относительно сторон света); 3 – ориентировки шарниров складок. На геологической карте, при этом, необходимо показать оси складок и значками показать направления погружения шарниров складок.

Описание **разрывных дислокаций** включает в себя: 1 – разделение всех разломов на группы по ориентировке, кинематическому типу и возрасту; 2 – описание каждой группы разломов (или единичных разломов) с указанием размера; направления и амплитуды перемещения блоков; вида пород, слагающих шовную зону разломов; характера взаимоотношений разломов со складчатыми дислокациями и другими геологическими структурами. При этом, для облегчения поиска на карте описываемых в тексте разломов, рекомендуется надписывать наиболее крупным и характерным разломам (как и складкам) собственные названия, указанные в тексте данного Методического руководства, а не поименованным давать свои названия, или хотя бы номера.

Завершается глава описанием **трещиноватости** пород района. Характеристика трещиноватости сопровождается сводной таблицей замеров трещин и круговой диаграммой ориентировки трещин. В конце описания должны быть сделаны выводы о преобладающих направлениях трещиноватости и её генетических типах.

Геоморфология

В этой главе приводится описание генетических типов рельефа и отдельных его элементов (речных долин и оврагов, уступов, водоразделов), дается детальная характеристика речного террасового комплекса с указанием вида террас (эрозионные, аккумулятивные, эрозионно-аккумулятивные), высоты уступа и размеров площадок каждой террасы. Указывается состав горных пород, слагающих террасы. Производится определение высоты склонов долины реки, вычисляются углы наклонов тальвега логов и оврагов.

Глава сопровождается геоморфологическим разрезом (обычно поперечным профилем долины реки Пышмы), на котором должны быть отражены взаимоотношения различных элементов рельефа и генетических типов четвертичных отложений.

Гидрогеология

В главе «Гидрогеология» описываются подземные воды района практики. Указываются типы развитых в районе подземных вод и закономерности их пространственного размещения. Указываются коллекторские свойства разных видов пород, средний дебит приуроченных к ним выходов подземных вод и их химизм. Приводится описание встреченных во время рекогносцировочных маршрутов родников и их дебит.

Полезные ископаемые

Глава начинается с перечня главнейших типов месторождений полезных ископаемых, известных в Сухоложском районе. Далее приводится краткая характеристика месторождений по выделенным типам. При написании главы должна соблюдаться четкая рубрикация текста. Вначале описываются горючие полезные ископаемые, затем металлические (черные, цветные, благородные металлы), неметаллические, подземные и минерализованные воды, строительные материалы. Кроме описания известных в районе месторождений (эксплуатируемых в настоящее время или законсервированных и отработанных), следует охарактеризовать все зафиксированные в районе рудопроявления и пункты минерализации. Известные в районе месторождения должны быть вынесены специальными условными знаками на геологическую карту Сухоложского района .

При написании главы следует использовать литературные источники и личные наблюдения, произведённые во время рекогносцировочных маршрутов.

Глава иллюстрируется разрезами месторождений, показывающими главнейшие особенности форм залегания рудных тел.

История геологического развития

Характеристика истории геологического развития района должна опираться на вертикальное расчленение горных пород, указанное в стратиграфической колонке. По составу горных пород, их текстурным и структурным особенностям восстанавливаются условия образования осадков, реконструируется палеогеографическая обстановка. Особое внимание уделяется характеристике магматических (эффузивных и интрузивных) процессов и тектонических движений земной коры на различных этапах её развития. Обосновывается последовательность внедрения интрузий различного состава. Производится выделение главнейших фаз складчатости, указывается место появления тех или иных месторождений полезных ископаемых в ходе геологического развития Сухоложского района. Приводятся сведения о геотектонической обстановке.

Глава заканчивается характеристикой признаков проявления неотектонических движений и историей формирования современного рельефа.

Экологическая характеристика

В главе приводятся сведения о эколого-геологической ситуации района по личным наблюдениям при проведении маршрутов. Дается характеристика природных неблагоприятных геологических объектов и процессов. В начале главы приводятся сведения об объектах экзогенного происхождения: оползнях, обвалах, осыпях, оврагах, селях, выходах скальных пород, карстовых формах, участков вспучивания грунтов либо проседания, границы паводковых затоплений, заболачивания, участках активной аккумуляции речных и временных водотоков, участках эрозии русловой (интенсивное врезание) и боковой (подмыв берегов).

Далее приводятся сведения о техногенных объектах, нарушающие и загрязняющие среду, а также потенциально опасные для жизни. К таковым относятся карьеры, отвалы, хвостохранилища, заводы и фабрики, очистные сооружения, свалки, склады ГСМ, минеральных удобрений и ядохимикатов, населенные пункты, животноводческие фермы, навозохранилища, участки лесозаготовок, железные и автомобильные дороги, пахотные земли, линии ЛЭП, газопроводы, нефтепроводы.

Приводятся сведения о загрязненности водотоков.

В заключение главы дается характеристика ландшафтов: природных – лесных, луговых, болотных; техногенных: техногенно-образованных (карьерные поля, свалки, отстойники) и техногенно-измененных (промышленные зоны городов и рабочих поселков,

загрязненные участки почвогрунтов и поверхностных вод). Сведения о ландшафтах рекомендуется представлять в табличной форме (в процентах от площади развития).

Заключение

В "Заключении" даются основные выводы о геологическом строении изученного района. Указывается, что остаётся неясным и вызывает сомнения, даются рекомендации о направлении дальнейших исследований.

К отчету по рекогносцировочному этапу практики прикладывается коллекция горных пород, собранная во время маршрутов. Коллекция должна включать главные виды горных пород района практики, образцы минералов и ископаемых органических остатков. Правила отбора и маркировки образцов и заполнения журнала образцов приведены на стр. настоящего пособия.

К отчету прикладываются также индивидуальные полевые книжки членов бригады. Они должны быть оформлены в соответствии с предъявленными требованиями (стр. настоящего пособия) и содержать описания всех пройденных бригадой маршрутов. Неаккуратно заполненные или имеющие пробелы в описании маршрутов полевые книжки возвращаются на доработку.

Отчет за рекогносцировочный этап практики защищается перед комиссией состоящей из преподавателей проводящих учебную практику.

1.2.1.3. Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики

Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики проводится по двум аспектам: сдача коллоквиума и защита отчета. Аттестация проводится путём собеседования раздельно по каждому аспекту, или одновременно по обоим.

Коллоквиум включает опрос студентов на предмет знания методики полевых наблюдений, порядка изложения содержания глав отчета и просмотр индивидуальных полевых книжек. Аттестация за коллоквиум индивидуальна. Студент, не показавший достаточных знаний вопросов коллоквиума, приглашается на повторное собеседование.

Защита отчета включает общую оценку отчета, как результирующего отчетного материала за пройденный рекогносцировочный этап практики, и оценку знаний членами бригады геологического строения и горных пород района практики.

Оценка конкретно отчета включает: полноту содержания глав отчета; полноту использования материалов, полученных во время рекогносцировочных маршрутов; содержание и правильность оформления внутритекстовой графики, геологической карты и журнала образцов.

Защита отчета принимается при общей положительной оценке отчета как результирующего документа и при знании студентами геологии района (каждым персонально).

Не принятый отчет возвращается на доработку, а студент, не знающий геологии района, приглашается на повторное собеседование. Бригада, не аттестованная за рекогносцировочный этап практики, не допускается к выполнению следующего задания - площадной геологической съёмки.

1.2.2. Площадная геологическая съёмка

После аттестации рекогносцировочного этапа практики студенты приступают к проведению площадной геологической съёмки. С этой целью каждой бригаде выделяется участок, контуры которого задаются руководителем группы. Учитывая в общем плохую обнажённость района практики, участки для съёмки выделяются по долинам реки Пышмы

и её крупным притокам. Размер участка, выделяемого бригаде для самостоятельного картирования при масштабе съёмки 1:1000 составляет 500х500 м.

1.2.2.1. Составление опорной сети наблюдений

Перед проведением площадной геологической съёмки каждой бригаде выдаётся топографическая основа будущей геологической карты. Руководитель группы указывает каждой бригаде на местности начало и конец участка на одном из берегов реки и направление линий, ограничивающих участок. Далее студенты сами прокладывают на местности (вдоль берега реки) линию опорных пикетов, к которой будут привязывать в последующем точки наблюдений и геологические маршруты. Рекомендуется пикеты располагать на таких расстояниях друг от друга, чтобы они (пикеты) совпадали с профилями сети наблюдений. Требуемый размер сети наблюдений - 50х50 м (расстояние между профилями, вдоль которых будут проходиться геологические маршруты - 50 м, расстояние между пикетами в профилях - также 50 м). Координаты углов полигонов определяются с помощью топопривязчика.

1.2.2.2. Изучение коренных пород.

Главной задачей геологической съёмки является установление особенностей геологического строения выделенного бригаде участка. Бригада в начале работ производит рекогносцировку местности с целью выявления всех естественных обнажений, которые могут быть детально изучены и описаны. Главным методом съёмки в конкретных условиях является сплошное оконтуривание обнажений и прослеживание контактов. На участках сплошного выхода горных пород, после их оконтуривания, можно ставить на карте точки с указанием номера обнажений и привязывать к ним произведенные в поле наблюдения. Вблизи этих точек на полевой карте указываются, элементы залегания слоистости, сланцеватости и пр.

Первая задача, которая стоит перед бригадой, заключается в выделении главнейших типов горных пород. При этом следует иметь в виду, что диагностика горных пород в поле - дело нелегкое, требующее определённых навыков и предварительного изучения образцов под микроскопом. В первую очередь необходимо обнаружить признаки сходства или различия выделенных разновидностей и положить их в основу определения типа горных пород. В поле можно дать предварительное (условное) название породы, но очень важно, чтобы одинаковые по видимым признакам горные породы назывались одинаково.

Вторая задача, которую приходится решать бригаде, заключается в установлении последовательности напластований. Решение этой задачи становится возможным при детальном изучении контактов между различными типами горных пород. Особенно это трудно делать при картировании чередующихся между собой лавовых покровов, потоков и их туфов. Однако в любых случаях приходится опираться на имеющийся Фактический материал и составлять на его основе представление о стратиграфической последовательности напластований, мощности стратифицированных толщ. Выводы, сделанные в результате проведенных на участке наблюдений, кладутся в основу стратиграфической колонки изученного участка.

Третья и наиболее сложная задача, стоящая перед бригадой, сводится к выявлению структуры закартированного участка. Сложность этой задачи заключается в том, что представления о структурах обычно рождаются на базе отрывочных сведений. В обнажениях горных пород встречаются лишь элементы той цельной структуры, которая должна быть осмыслена и отражена на геологической карте. Часто возникают такие

ситуации, когда нельзя дать однозначной интерпретации структурных наблюдений и приходится останавливаться на том или ином варианте, с которым наиболее полно согласуется имеющийся фактический материал.

В процессе проведения структурных наблюдений рекомендуется шире использовать проходку канав и расчисток. На территории участков, задернованных и покрытых лесом, контакты между различными типами горных пород экстраполируются с учётом элементов залегания в изученных обнажениях и общей структуры участка. В связи с недостаточной обнажённостью и невозможностью проходки нужных объёмов горных выработок, составленная бригадой геологическая карта обычно несёт в себе элементы гипотетичности.

Бригада не имеет права закончить полевые работы, пока не будет составлена и принята руководителем академической группы полевая геологическая карта. Бригада обязана также провести необходимый комплекс геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

1.2.2.3. Изучение рыхлых отложений

Кроме изучения коренных пород, при геологической съёмке выделенного бригаде участка производится детальное изучение рыхлых отложений. Главной задачей, стоящей перед бригадой, является выделение основных генетических типов пород четвертичной системы и установление их возрастных соотношений. На некоторых участках встречаются реликты мезозойской коры выветривания. Особое внимание обращается на возрастное расчленение аллювиальных отложений и оконтуривание поймы, высокой поймы, первой, второй и более высоких надпойменных террас. При наличии аллювиальных галечников определяется петрографический состав, размерность, формы, степень окатанности для 100 галек, непредвзято отобранных (лучше ведром). По процентным соотношениям строятся диаграммы, пригодные для корреляции одновозрастных отложений, а также для определения пригодности галечников в качестве полезного ископаемого (строительного материала). При отсутствии естественных обнажений рекомендуется на уступе террасы пройти канаву или сделать расчистку и дать детальное описание слоев, слагающих террасовый комплекс. Кроме выделения аллювиальных отложений, необходимо оконтурить площади развития и составить описание элювиальных, делювиальных и элювиально-делювиальных, а также озёрно-болотных отложений. Осыпи выделяются как коллювиальные отложения.

Обязательным для бригады является составление геоморфологического профиля с показом на нём всех особенностей пространственно-возрастных соотношений четвертичных отложений различных генетических типов.

1.2.2.4. Гидрогеологические наблюдения

В процессе геологического изучения выделенного бригаде участка должно быть обращено внимание на обследование всех выходов на поверхность подземных вод (источников). В пикетажных книжках необходимо дать описание каждого источника с указанием его относительной отметки, характера проявления (небольшой родник или общее просачивание подземных вод, группа родников и т.д.). В обязанность бригады входит определение расхода воды (дебита),в источниках путем заполнения мерной емкости. Поделив объём ёмкости на время ее заполнения, получают величину расхода воды в л/сек

1.2.2.5. Составление полевой документации

При проведении самостоятельной геологической съёмки обычно заполняется одна полевая книжка на двух членов бригады (на маршрутную пару). Требования к описанию обнажений те же, что и при проведении рекогносцировочных маршрутов. Нумерация точек наблюдений сквозная для всех маршрутных пар. Это значит, что каждая маршрутная пара имеет свой интервал номеров, не перекрывающийся с номерами других маршрутных пар.

Полевая геологическая карта составляется на стратиграфической основе с использованием цветной легенды. Горные породы обозначаются крапом (штриховыми знаками), а интрузивные также и цветом состава. Измеренные элементы залегания текстурной неоднородности пород или контактов показываются соответствующими условными знаками.

На полевой геологической карте четвертичные отложения должны быть расчленены по генезису и по возрасту. Кроме этого на карте должны быть указаны и формы рельефа: низкая и высокая поймы, надпойменные террасы, гребни водоразделов.

Полевая геологическая карта выполняется на миллиметровке, прикреплённой для удобства пользования к фанерному планшету.

Канавы должны документироваться в виде развертки, отражающей особенности строения слоистой толщи на каждой её стенке. При расчистках документируются лишь коренные породы. Обязательно должен быть указан масштаб и ориентировка (азимут) одной из стенок горной выработки.

1.2.2.6. Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков

В отличие от коллекции горных пород за рекогносцировочный этап практики коллекция при площадной съёмке состоит из образцов двух типов - демонстрационных и рабочих.

Во время площадной геологической съёмки, рекомендуется брать образцы всех разновидностей пород из всех обнажений. Это помогает объективно выделить площади развития различных пород при просмотре образцов всеми маршрутными парами, участвующими в съёмке участка. Это позволяет также проконсультироваться с руководителем по любому обнажению или фрагменту участка, тем более что он не всегда может осмотреть (вместе со студентами) весь участок. В итоге получается большое количество образцов, многие из которых дублируют друг друга. По этой причине коллекцию пород, собранную при площадной съёмке, рекомендуется делить на две части - демонстрационные образцы и рабочие. Демонстрационные образцы (как представители группы пород) представляются на защиту отчета, а рабочие оставляются (и предназначаются) для решения спорных вопросов. Рабочие образцы могут иметь меньшие размеры и нестандартную форму.

1.2.2.7. Эколого-геологические наблюдения

Эколого-геологические наблюдения проводятся попутно при геологических маршрутах. Встреченные объекты экзогенного, либо техногенного происхождения отображаются на полевых картах в значковой форме. В полевой документации дается характеристика каждому объекту: параметры, степень опасности для людей и животных,

генезис. В полевых книжках фиксируются также границы ландшафтов и дается краткая их характеристика: растительность, микрорельеф, почвы.

При составлении карты четвертичных образований окантуриваются ландшафты, селитебные зоны (жилая застройка), рекреационные (участки, действующие или рекомендуемые для отдыха населения).

1.2.2.8. Составление отчета по площадной съёмке

Отчёт по площадной съёмке строится по тому же плану, что и отчёт по рекогносцировочному этапу практики. Можно упустить лишь главу "История геолого-геофизических исследований" и дать сокращённое описание главы "Физико-географический очерк" - упустить сведения о климате и экономическую характеристику описываемого участка. Не нужно смущаться, что содержание глав при описании геологии участка будет отличаться небольшим объёмом. Важно, чтобы в их основе лежали материалы личных наблюдений, собранные бригадой при изучении горных пород данного участка. Полнота глав, их насыщенность фактическим материалом, по сути, и характеризуют собой качество самостоятельной работы бригады, творческую инициативу и пытливость её членов, степень их общей теоретической подготовки.

Текст отчёта должен быть иллюстрирован фотографиями и зарисовками обнажений, таблицей замеров трещин и круговыми диаграммами трещиноватости, ритмограммами слоистых толщ и стратиграфическими колонками составленными в поле по обнажениям.

Внутритекстовые графические приложения выполняются на ватмане, в туши. Фотографии также должны быть аккуратно оформлены на вкладных листах. Зарисовки и фотографии необходимо сопровождать подрисуночным текстом, раскрывающим смысл помещения в отчёт данной иллюстрации. Фотографии, зарисовки, схемы и диаграммы должны иметь единую нумерацию (рис. и цифра). Таблицы нумеруются отдельно.

По каждому закартированному участку составляются три чертежа:

1. Геологическая карта.
2. Карта четвертичных отложений.
3. Карта фактического материала.

Геологическая карта выполняется на ватмане. На неё наносятся горизонтали рельефа, гидрографическая сеть и прослеженные в поле геологические границы: литологические, стратиграфические, интрузивные и тектонические. Выделенные на участке стратиграфические подразделения раскрашиваются цветом, соответствующим возрасту горных пород. При этом более древние образования одной системы должны иметь более темные тона, а более молодые образования - более светлые. .Литологический состав стратифицированных толщ указывается штриховыми условными обозначениями. Геологическая карта сопровождается стратиграфической колонкой, разрезом и условными обозначениями. Раскраска интрузивных тел производится соответственно их составу. Обязательно указываются элементы залегания слоистости, кливажа и геологических границ, если их ориентировка была измерена.

Составители геологической карты должны обращать внимание на строгое соответствие изображения структур в плане с их конфигурацией на разрезе. Последовательность напластований, показанная на разрезе, должна соответствовать данным стратиграфической колонки. При оформлении геологической карты должны соблюдаться требования, предъявляемые к размерам шрифта, типам условных обозначений и пр.

Карта четвертичных (или рыхлых) отложений выполняется на ватмане. Разными цветами раскрашиваются площади распространения различных генетических

типов отложений четвертичной системы (аллювиальные, делювиальные, пролювиальные и др.). Оконтуриваются и раскрашиваются одинаковым цветом выходы коренных пород. Наносятся уступы речных террас.

Карта сопровождается геологическим разрезом и схемой возрастных взаимоотношений генетических типов пород четвертичной системы.

На карте отражаются элементы геолого-экологической обстановки (штриховкой, значками).

Карта фактического материала выполняется на кальке на топографической основе. На неё наносятся все точки наблюдения с учетом степени обнаженности (обнажения, элювий, делювий) с указанием их номера. Пройденные геологические маршруты указываются линиями. Выходы коренных пород оконтуриваются пунктирными линиями. На карту наносятся основные геологические границы и пункты отбора и номера фауны и флоры, образцов, проб.

1.2.2.9. Аттестация работ по площадной съемке

Аттестация этапа площадной съемки проводится путем защиты отчета. Отчет защищается перед создаваемой для этих целей комиссией. Отчет комиссией оценивается по тем же критериям, что и отчет по рекогносцировочному этапу практики.

2. ПРИЁМЫ ПОЛЕВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Полевые геологические наблюдения проводятся с целью изучения горных пород, их взаимоотношений и особенностей залегания. Это изучение в условиях учебной геологической практики заключается, в основном, в описании обнажений горных пород, состоящем из ряда операций: 1 - привязка обнажения; 2 - определение состава и строения горных пород, формы и условий их залегания; 3 - выяснение пространственных и временных соотношений горных пород; 4 - отбор образцов и остатков ископаемых организмов; 5 - зарисовка или фотографирование обнажения (или его части). Все эти операции могут быть проделаны только при наличии соответствующих предметов и инструментов, составляющих личное снаряжение геолога.

В **личное снаряжение геолога** при полевых исследованиях входят: полевая книжка с карандашом или шариковой ручкой, транспортир и резинка, геологический молоток, горный компас, лупа (или несколько, с разным увеличением), рюкзак и мешочки для сбора образцов, этикетки для образцов, полевая сумка для хранения топографических карт и аэрофотоснимков, рулетка.

Осуществление операций по изучению обнажений требует знания и выполнения определенных правил и приемов пользования предметами личного снаряжения, а также правил текстового и графического изображения полученной при изучении обнажения геологической информации.

К ним относятся: 1 - приемы работы с горным компасом, 2 - правила ведения полевой книжки и выполнения зарисовок геологических объектов, 3 - способы привязки точек наблюдения (в т.ч. топопривязчиком) и другие операции, сопровождающие изучение обнажений.

2.1. Ведение полевой книжки

Полевая книжка (пикетажная книжка) служит для занесения в неё результатов наблюдений, сделанных во время полевой работы и является основным документом, отражающим работу геолога. В книжке должны быть записаны все полевые наблюдения, выводы, сведения об отобранных образцах и сделаны необходимые зарисовки. Записи производятся аккуратно, карандашом или шариковой ручкой, на правой стороне, а рисунки - на левой стороне. Желательно делать выносы, подчеркивания, облегчающие чтение и просмотр пикетажной книжки.

Запись полученных сведений рекомендуется вести в следующем порядке: 1 - номер точки наблюдения (обнажения); 2 - указание о местоположении обнажения (привязка обнажения), 3 - тип обнажения (коренной выход, развал, высыпки); 4 - форма и характер выхода; 5 - указание состава пород, слагающих обнажение, их возрастные и пространственные взаимоотношения; 6 - сведения о трещиноватости горных пород и о разрывах со смещением; 7 - сведения о проявлениях рудной минерализации и пр.

На титульном листе полевой книжки указывается: название института, группа и фамилия студента, год прохождения практики, а также сроки начала и окончания записей.

Во время рекогносцировочного этапа практики полевая книжка ведется каждым студентом персонально и прилагается затем к соответствующему отчету.

Во время выполнения самостоятельных заданий полевая книжка ведется одна на маршрутную пару, занимающуюся геологической съёмкой.

2.2. Работа с горным компасом

Для ориентировки на местности и привязки обнажений, для определения элементов залегания горных пород, а также при проведении ряда других вспомогательных работ, сопровождающих геологические исследования, используется горный компас.

2.2.1. Устройство горного компаса

Устройство горного компаса показано на рис. I.

У компаса есть два независимых друг от друга направления. Одно из них, параллельное установившейся магнитной стрелке, постоянно и не зависит от поворотов корпуса, поскольку магнитная стрелка при отсутствии возмущавших магнитных масс всегда ориентируется по направлению север-юг. Второе направление, проходящее через деления 0 и 180 шкалы лимба, может быть, по желанию наблюдателя, ориентировано параллельно любому направлению на местности. Поскольку эти два направления пересекаются в центре лимба, то с его помощью можно измерять углы между направлением на север (показываемым северным концом магнитной стрелки) и любым другим направлением, параллельно которому устанавливается второе направление компаса

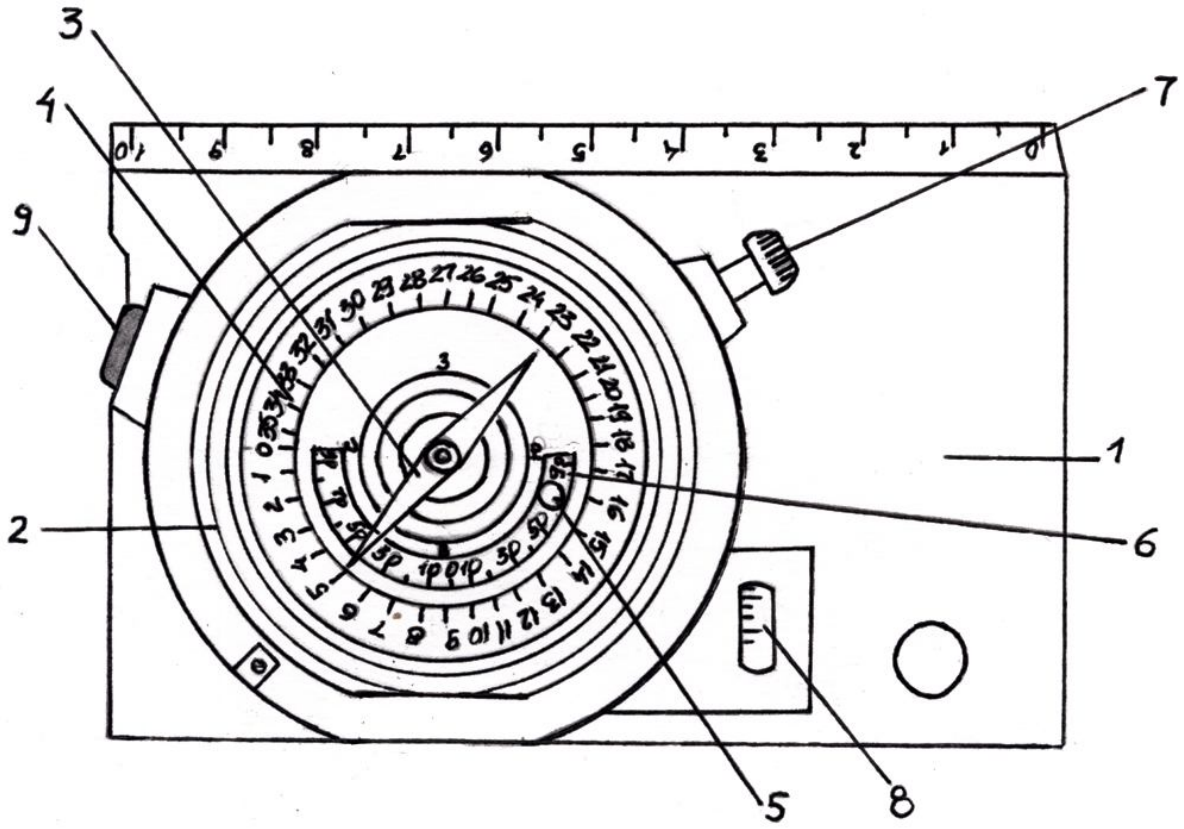


Рис. I. Устройство горного компаса.
1 - основание компаса; 2 - коробка компаса; 3 - магнитная стрелка; 4 - лимб, с помощью которого измеряются горизонтальные углы; 5 - клинометр (отвес); 6 - шкала клинометра; 7 - винт; 8 - уровень; 9 - кнопка

2.2.2. Понятие элементов залегания горных пород

Слоистость, сланцеватость, контакты интрузивных и жильных пород, трещины и сместители разрывных нарушений - все это различного рода геологические поверхности (а на локальных участках, в первом приближении - плоскости).

Элементы залегания поверхности - это выраженная в принятых понятиях ориентировка данной поверхности относительно сторон света и горизонта. В общем случае положение наклонной поверхности в пространстве характеризуют три компоненты: простирание, падение и угол падения.

Простирание - это направление распространения наклонной поверхности в горизонтальном срезе.

Падение - это направление погружения (направление понижения абсолютных отметок) наклонной поверхности.

Угол падения - это двугранный угол между данной наклонной поверхностью и горизонтальной плоскостью.

В частном случае одна из компонент ориентировки поверхности в пространстве может отсутствовать или терять смысл. Так, в случае вертикального положения поверхности у нее нет направления погружения, а при горизонтальном положении поверхности она (поверхность) простирается "во все стороны".

В практике полевых исследований, при измерении ориентировки геологических поверхностей часто пользуются понятиями: линия простирания и линия падения.

Линия простирания - это линия пересечения геологической поверхности с горизонтальной плоскостью. То есть, это любая горизонтальная линия на данной поверхности (ориентируется она по направлению её простирания).

Линия падения - это вектор, перпендикулярный к линии простирания, лежащий на геологической поверхности и направленный в сторону её погружения. Иными словами, это проекция направления погружения на геологическую поверхность.

Примеры использования линий простирания и падения при измерительных операциях будут рассмотрены несколько позже.

Поскольку сами по себе простирание и падение, без привязки их к какой-либо системе отсчёта, не имеют содержательной нагрузки, на практике, для характеристики ориентировки геологических поверхностей, пользуются понятиями азимут простирания и азимут падения.

Азимут простирания - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением простирания (или линией простирания). Может изменяться от 0 до 360°.

Азимут падения (погружения) - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением погружения (или между направлением на север и проекцией линий падения на горизонтальную плоскость). Может также изменяться от 0 до 360°,

Азимут простирания и азимут падения одной геологической поверхности отличаются на 90°.

Понятие угла падения было дано выше (на стр.). Он изменяется от 0 до 90° и не зависит от простирания и падения.

Так как азимут простирания - это угол между двумя направлениями, одно из которых величина векторная (направление на север), другое - величина не векторная (направление простирания), то цифровое значение азимута простирания может быть выражено двумя числами, отличающимися друг от друга на 180° (рис. 2).

В этом отражается некоторая неопределенность данной компоненты элементов залегания, по которой нельзя определить без дополнительных измерений азимут падения (хотя угол между ними известен и равен 90°).

В противоположность азимуту простирания, азимут падения, как угол между двумя векторами (направление погружения величина векторная), является величиной строго определенной и позволяет вычислить (путем прибавления или вычитания 90°) азимут простирания без дополнительного его измерения. Это обстоятельство позволяет вместо 3-х компонент элементов залегания измерять только две - азимут падения и угол наклона, при необходимости, азимут простирания может быть вычислен.

Ввиду того, что топографические и геологические карты строятся в истинных азимутах, а с помощью горного компаса измеряются магнитные азимуты, во время полевых работ часто приходится переходить от магнитных азимутов к истинным (при нанесении данных на карту) и от истинных к магнитным (при движении по маршруту, проложенному по карте).

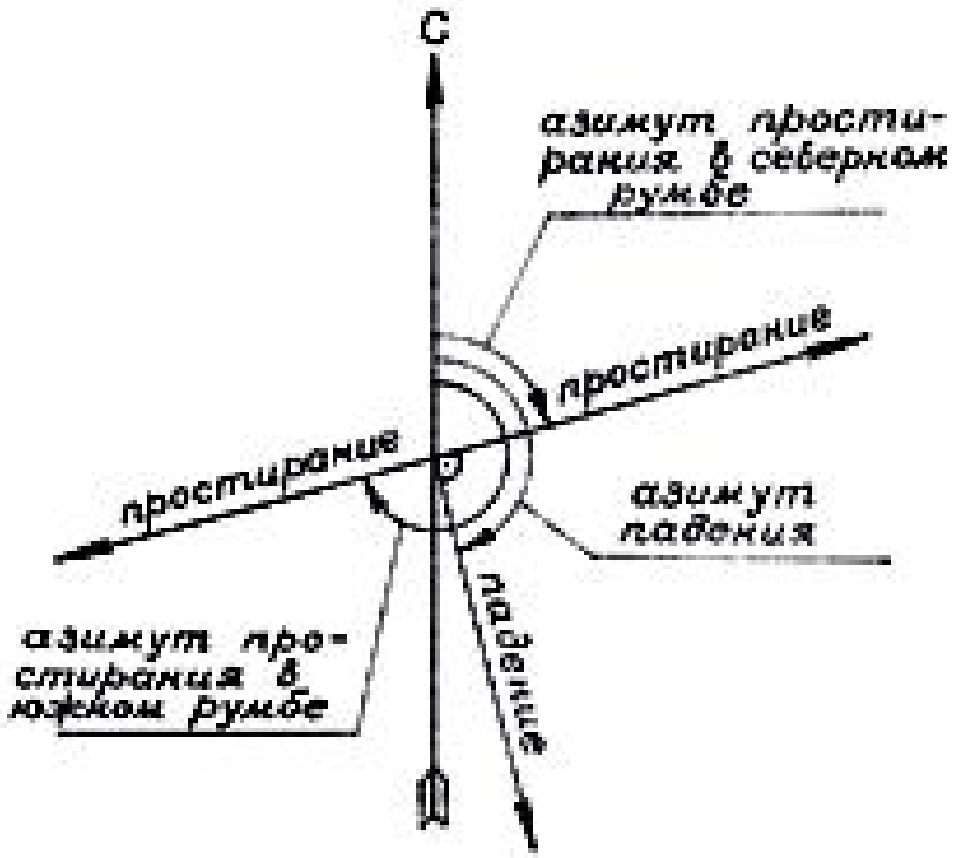


Рис. 2. Схема, поясняющая понятия азимута простирания, азимута падения и соотношения между ними.

Поскольку склонение магнитной стрелки в Сухоложском районе: восточное 13°, то зависимость между магнитным и истинным азимутами приобретает вид:

$$А_и = А_м + 13,$$

где $А_и$ - истинный азимут; $А_м$ - магнитный азимут.

2.2.3. Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей

Чтобы определить азимут падения наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба, приложить компас короткой стороной основания к измеряемой поверхности так, чтобы ноль лимба был направлен в сторону погружения данной поверхности и против северного конца магнитной стрелки снять отсчёт. При этом необходимо обращать внимание на направление увеличения числовых значений градусных делений шкалы лимба.

Чтобы определить азимут простирания наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба приложить компас длинной стороной основания измеряемой поверхности и против одного из концов магнитной стрелки снять отсчёт. Предпочтение отдаётся отсчёту в северных румбах.

Чтобы определить угол падения поверхности, необходимо: компас поставить «на ребро» так, чтобы свободно висел его клинометр и прижать основание компаса длинной стороной к измеряемой поверхности; покачивая компас, определить максимальный угол отклонения клинометра. Это и будет угол падения данной поверхности.

Горизонтальность лимба магнитной стрелки является обязательным условием правильного определения азимутов падения и простирания геологических поверхностей. В некоторых моделях компасов (восновном в старых) горизонтальность лимба достигается "на глаз"; в новых - с помощью уровня, вмонтированного в корпус компаса.

Для начинающих, во избежание больших ошибок (особенно при измерении ориентировки полого залегающих поверхностей) рекомендуется предварительно проводить на изучаемой поверхности линию простирания, а затем при определении азимутов падения и простирания к ней прикладывать компас. При такой установке компаса легче достигается горизонтальность лимба.

Линия простирания легко проводится с помощью компаса. Компас ставится "на ребро", прижимается к измеряемой поверхности в положении, при котором клинометр показывает нулевой отсчёт, и параллельно длинной стороне основания проводится линия.

При измерении угла падения, в таком случае, компас в положении "на ребро" прикладывается длинной стороной основания к измеряемой поверхности перпендикулярно к линии простирания.

Запись замерянных элементов залегания ведётся сокращённо в следующем виде: Аз. пр. 55; Аз. пад. 145, /. 60 {Азимут простирания - 55°, азимут падения - 145°, угол падения - 60°).

При сокращённой записи знак градусов около цифр не ставится. Иногда перед значением азимута буквенными знаками указываются румбы: Аз. пр. СВ 55. Аз. пад. ЮВ 145, 60.

Как указывалось выше, в записях можно ограничиться двумя компонентами - азимутом падения и углом наклона. Но на первом этапе практики студенты, в целях приобретения навыков в определений элементов залегания и для контроля точности определения, измеряют все три компоненты.

2.2.4. Определение превышений точек рельефа

Определение превышений точек рельефа с помощью горного компаса можно производить двумя способами: I) путём последовательного подъёма по склону с фиксированием точек стояния через известный вертикальный интервал; 2) путём измерения угла наклона поверхности и расстояния до точки, превышение которой необходимо определить.

При первом способе превышение между двумя точками определяется следующим образом: начиная с точки, имеющей более низкую относительную отметку, исполнитель визирует длинную сторону вертикально расположенного компаса в направлении второй точки, следя при этом, чтобы клинометр находился "на нуле". Таким способом провешивается горизонтальная линия и на рельефе местности замечается место, куда она «уткнулась». Перейдя на это место, исполнитель провешивает новую горизонтальную линию, снова переходит на место её "утыкания" в склон и так делает необходимое количество раз, пока не дойдёт до второй точки. Превышение между точками равно количеству стоянок между ними, помноженному на высоту исполнителя до глаз плюс ещё какой-то отрезок, если последняя провешенная линия уткнулась в склон ниже или выше второй точки).

При втором способе определения превышений с помощью эклиметра компаса измеряется угол наклона склона вдоль направления, соединяющего точки, затем

измеряется расстояние между точками по склону, и по табличке, приложенной к компасу (или путём расчёта по формуле: $h = l \sin a$, где h - превышение между точками; l - расстояние между точками по склону; a - угол наклона склона), определяется искомое превышение между точками.

2.2.5. Привязка точек наблюдения

Необходимым условием проведения полевых работ является достаточно точное определение положения в пространстве всех точек наблюдения - обнажений горных пород, пунктов геоморфологических, гидрогеологических и других наблюдений.

Привязкой точки наблюдений называется совокупность операций по определению положения её относительно тех или иных реперов, обозначенных на топографической карте и опознанных на местности и нанесение ее на карту.

В зависимости от необходимой точности определения положения точки наблюдений на карте, привязка может быть схематичной, глазомерной и инструментальной. Первые два вида привязок применяют, главным образом, при маршрутных геологических исследованиях, а инструментальную – для привязки скважин, горных выработок и сети геофизических наблюдений.

Во время геологической практики привязку точек наблюдений студенты осуществляют схематически или глазомерно.

Схематическая привязка состоит в определении «на глаз» местоположения точки наблюдений среди характерных элементов рельефа и гидросети (а также объектов, созданных природой или человеком), и в нанесении точки наблюдений среди этих же объектов, опознанных на топографической карте.

Как видно из приведённого положения, использование компаса при схематической привязке точек наблюдений не обязательно. Компас используется при глазомерной привязке, которая может быть осуществлена двумя способами.

При первом способе **глазомерная привязка** состоит в определении местоположения точки наблюдений относительно характерного элемента рельефа или объекта путём проведения вспомогательного хода на местности и в последующем нанесении этого хода и точки обнажения на топографическую карту. Направление хода определяют горным компасом, а длину - шагами (см. стр.). Если привязка точки наблюдений при помощи одного измерения почему-либо невозможна (репер закрыт лесом или горой), то привязочный ход разбивают на несколько, используя промежуточные пикеты. Запись измерений производят в полевой книжке по форме (см. ниже Схему привязочного хода).

При привязке глазомерным способом во время проведения детальной геологической съёмки следует избегать "висячих" незаконченных ходов; нужно заканчивать их либо на другом нанесённом на карту репере, либо делать ходы замкнутыми.

Глазомерная привязка точек наблюдения вторым способом (способом «засечек») осуществляется следующим образом: с точки наблюдения на реперы (характерные формы рельефа или иные объекты) берутся обратные азимуты (азимуты направлений с репера на себя), затем на карте с этих же реперов проводятся лучи (с учетом магнитного склонения) по направлению обратных азимутов и на их пересечении наносится искомая точка наблюдения.

Схема привязочного хода

Направление хода	Азимут хода	Угол превышения пикета, град.	Расстояние между пикетами, м.	Проложение между пикетами, м.
Репер-пикет 1	ЮЗ 250	+ 5	100 п.ш. (165 м.)	165
Пикет 1-пикет 2	СЗ 300	+ 15	200 п.ш. (330 м.)	318
Пикет 2- пикет 3	СВ 40	+ 5	80 п.ш.(133 м.) (п.ш. - пары шагов)	133

Удобство этого способа привязки состоит в том, что не требуется измерять расстояния. Для соблюдения достаточной точности нанесения точки наблюдений на карту необходимо следить, чтобы углы между лучами засечек были возможно ближе к прямым. При наличии тупых или острых углов возможны значительные ошибки в нанесении точки наблюдений.

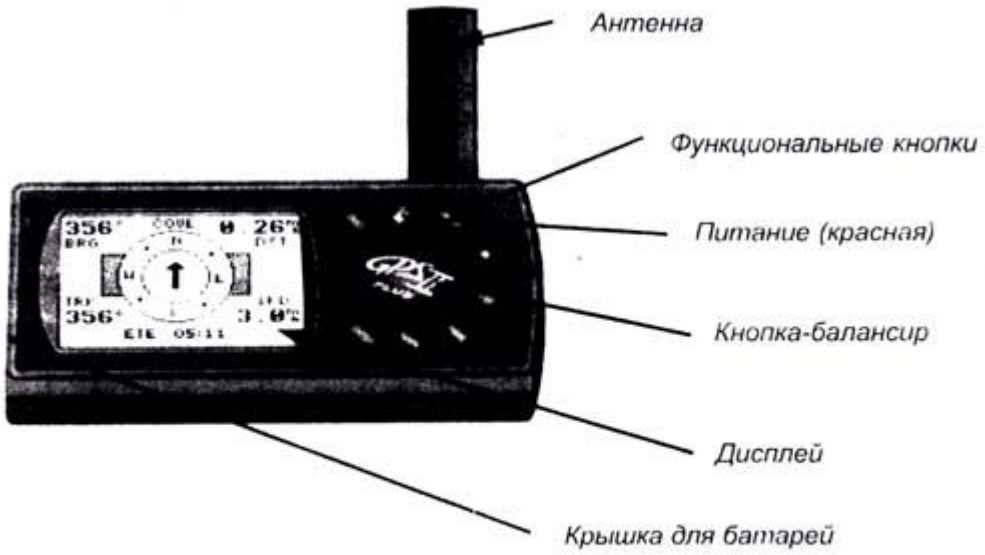
Как было сказано выше, при глазомерной привязке, расстояния между пикетами (или точкой наблюдений и репером) измеряются шагами. С этой целью определяется масштаб шагов, для чего на местности рулеткой или мерной лентой измеряется расстояние, равное 100 м., а затем определяется количество пар шагов, уложившихся в это расстояние. Желательно также определить количество пар шагов, укладывающихся в стометровый интервал при спуске и подъеме по склону. Выполненные измерения целесообразно свести в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1

Пример масштаба шагов

На ровном месте								
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	62,0	31,0	18,5	12,5	6,2	3,1	1,9	1,2
Вверх по склону (10^0)								
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	65,0	32,5	19,5	13,0	6,5	3,2	2,1	1,3
Вниз по склону (10^0)								
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	59,0	29,5	17,7	11,8	5,9	2,9	1,5	1,2

Инструментальная привязка осуществляется топопривязчиком (рис. 3) по прилагаемой инструкции.


Антенна
Функциональные кнопки
Питание (красная)
Кнопка-балансир
Дисплей
Крышка для батарей

Антенна
Функциональные кнопки
Питание (красная)
Кнопка-балансир
Дисплей
Крышка для батарей
COVE
356° 0.24
BRG DST
TRK SPD
356° 3.0
ETE 04:52

2.3. Изучение обнажений горных пород

Обнажением называется всякий выход горных пород на поверхность земли.

Обнажения массивных (кристаллических или сцементированных) горных пород называются коренными выходами, если они не разбиты трещинами выветривания на отдельные кусочки и блоки, претерпевшие перемещение на дневной поверхности.

2.3.1. Типы обнажений горных пород

Обнажения бывают естественными и искусственными.

Естественные обнажения (те, что возникли без вмешательства человека) могут быть самых различных типов: сплошные площадные выходы коренных и рыхлых пород; скальные выходы коренных пород; выходы коренных и рыхлых пород в обрывах склонов речных долин; выходы коренных и рыхлых пород в руслах рек, ручъев, промоин и рытвин, в карстовых воронках, провалах и в оползневых обвалах; каменные россыпи (развалы); высыпки (скопления мелких обломков пород на поверхности подстилающих их коренных пород того же состава).

Искусственными обнажениями называются всякие следы деятельности человека, приводящие к вскрытию горных пород. Сюда относятся специальные горные выработки, проходимые с целью вскрытия горных пород: шурфы, канавы, штольни, шахты, карьеры, различные котлованы, колодцы, траншеи. Нередко искусственные обнажения являются единственно возможными пунктами изучения горных пород.

Все обнажения по их значению для геологической съёмки можно подразделить на опорные (или главные) и промежуточные.

Опорными называются обнажения, по которым составляется представление о характере геологического разреза, фациальных изменениях слагающих его толщ, о возрастных соотношениях между ними, о расположении основных геологических границ и маркирующих горизонтах, о различных видах тектонических нарушений; обнажения с признаками полезных ископаемых.

Промежуточными можно назвать все остальные обнажения, фиксирующие распространение той или иной толщи пород.

В процессе полевых работ документируются как опорные, так и промежуточные обнажения, но приёмы документирования их несколько отличны. Опорные обнажения изучаются подробно, промежуточные - более схематично.

Документирование опорных обнажений слагается из следующих операций: I - привязка обнажения; 2 - определение пород, слагающих обнажение, и их взаимоотношений, 3 - определение элементов залегания пород, 4 - составление зарисовки обнажения, 5 - взятие образцов пород, 6 - отбор полезных ископаемых.

2.3.2. Привязка обнажений

Привязка обнажений ничем не отличается от изложенной выше привязки точек наблюдений, поскольку очень часто обнажение идентифицируется с точкой наблюдений (хотя необходимо отметить, что понятие "точка наблюдений" более широкое, чем понятие "обнажение"). Нередко крупное обнажение может включать несколько точек наблюдений, и тогда его привязка будет выглядеть, как привязка некоторого количества точек, расположенных по контуру обнажения. Именно с такой ситуацией часто встречаются студенты во время ведения площадной геологической съёмки. Нередко также точка наблюдений включает несколько небольших сближенных обнажений. Так же, как и

привязку точек наблюдений, привязку обнажений студенты осуществляют **схематически либо глазомерно** (обоими рассмотренными ранее способами), либо топопривязчиком.

2.3.3. Описание горных пород

При осмотре обнажения прежде всего нужно убедиться, что оно не представляет какую-либо глыбу, скатившуюся сверху, или оползень, так как в этом случае все наблюдения относительно условий залегания горных пород могут привести к ложным заключениям. Затем нужно обойти всё обнажение, чтобы получить общее представление об обнажённых породах и структурах и решить, какую часть выхода следует изучать наиболее детально. После этого можно приступить к определению и описанию породы или пород, которыми сложено обнажение.

При описании обнажений осадочных пород указывается следующее: наблюдается ли в породах слоистость; если да, то какие её разновидности - по форме слоев (параллельная, линзовидная или косая), по мощности отдельных слоев (грубая, мелкая, тонкая), по соотношению мощности слоев (равномерная, неравномерная), указывается характер границ слоев (чёткие или нечёткие); строение поверхностей наслоения (наличие знаков ряби или гиероглифов); текстурно-структурные особенности всех разновидностей горных пород и мощность сложенных ими прослоев.

При описании обнажений вулканогенных пород указывается следующее: фациальный тип пород (пирокластическая или лавовая фация); наличие или отсутствие слоистости в пирокластических породах и полосчатости, флюидальности или пористости в лавах; форма и строение кровли и подошвы лавовых потоков и покровов; наличие отдельности, её вид (шаровая, подушечная, плитчатая, столбчатая) и ориентировка; структура и состав пород, состав вкрапленников и обломков; размеры и ориентировка тел.

При описании интрузивных и жильных пород отмечается форма и размер тела, тип контактов (магматический, стратиграфический или тектонический); строение эндо- и экзоконтактовых зон; наличие, форма, размер и ориентировка шлиров и ксенолитов.

Для всех пород, наблюдаемых в обнажении, указывается их цвет и облик в свежем сколе и на выветрелой поверхности. Обязательно фиксируются элементы залегания слоистости и контактов.

2.3.4. Наблюдение структурных элементов

Параллельно с описанием горных пород на обнажении производятся наблюдения над складчатыми и разрывными дислокациями

При описании складчатых дислокаций указываются: форма и размер складок, форма их замков (плавная или угловатая, а также угол сочленения крыльев в замке), форма и ориентировка осевых поверхностей и шарниров складок, симметрия - асимметрия крыльев, соотношение мощности слоев на крыльях и в замках складок; характер мелких осложняющих складок и их ориентировка, генетический тип складок.

При описании разломов, если таковые замечены в обнажении, отмечается следующее: тип разрыва и направление смещения блоков вдоль сместителя; строение шовной зоны (интенсивная трещиноватость, дробление, рассланцевание или смятие); наличие глинки трения и поверхностей скольжения в шовной зоне; наличие оперяющих трещин и их ориентировка; тип коры выветривания над разрывным нарушением (структурная, зона каолинизации и пр.); характер проявления разрывного нарушения в рельефе (лог, уступ, гряда); ориентировка сместителя и штрихов скольжения на поверхности сместителя.

Описание трещиноватости горных пород ведётся по-разному в зависимости от поставленной задачи. При проведении рекогносцировочных маршрутов и в процессе проведения маршрутной съёмки даётся только общая характеристика систем трещин с указанием их ориентировки, кинематического типа (отрыва или скалывания), ориентировки штрихов скольжения, минерального заполнения, удельной плотности (количества трещин на I метр длины в направлении, перпендикулярном плоскостям трещин) и возрастных соотношений.

Если в задачу исследования входит детальное описание трещиноватости с последующим специальным анализом, то наблюдения ведутся по указанной выше схеме над каждой встреченной в обнажении трещиной. Наблюдения заносятся в таблицу (см. табл.2).

Таблица 2

№ п.п.	Азимут и угол падения	Кине-матиче-ский тип	Ориенти-ровка штрихов скольже-ния	Минераль ное заполне-ние	Сте - пень приотк-рыва - ния	Сведения о пересечении с другими трещинами	Примечания
1	132, 48	Скалы-вания	Аз. погруж. 120, 42	__	Закры-тая	___	Сопровождается незначительным рассланцеванием параллельно стенкам
220	220, 85	Отры-ва	____	Крупнок-ристали-ческий кальцит	До 3см	Пересекает 1-ю	

2.3.5. Отбор образцов горных пород

Одновременно с изучением обнажения производится отбор образцов пород и встречающейся в них ископаемой фауны и флоры. Отбираемые образцы должны дать полное представление о характере пород и об их изменениях вследствие различных геологических процессов.

Каждый образец представляет собой ту или иную породу, слагающую данный пласт, прослой, жилу и т.п. Отбор образцов не должен быть случайным, искажающим действительные соотношения между породами в обнажении. Необходимо отбирать образци, характерные для данного слоя, жилы, в которых были бы представлены обычные для них соотношения минералов, текстурные и структурные особенности, минерализация и т.п. Место отбора образцов определяют только после внимательного изучения обнажения. В качестве образца берут свежую, не измененную процессами выветривания, породу. Не обязательно придавать образцу правильную изометрическую форму. Естественная форма обломков является важным текстурным признаком породы. Нужно лишь притупить молотком острые режущие края образца. Образцы берутся различных размеров, в зависимости от их назначения. Обычный размер образцов

колеблется от 4х 6 до 9х12 см. Однако при необходимости проиллюстрировать переход одной породы в другую, изменение минерализации пород около рудных жил, распределение ископаемой фауны и т.п. приходится отбирать штуфные образцы размером до 30х30 см и даже больше.

Отобранные образцы этикетируются на месте их отбора. При этом на образец наклеивается кусочек лейкопластыря с указанием номера образца, номера бригады и наименования учебной группы (рис. 4).

В целях облегчения поиска привязки образца, его номер должен соответствовать номеру обнажения, на котором взят образец. При отборе нескольких образцов из одного обнажения, им присваивается один номер с добавлением буквенных или цифровых индексов, служащих для различия образцов между собой.

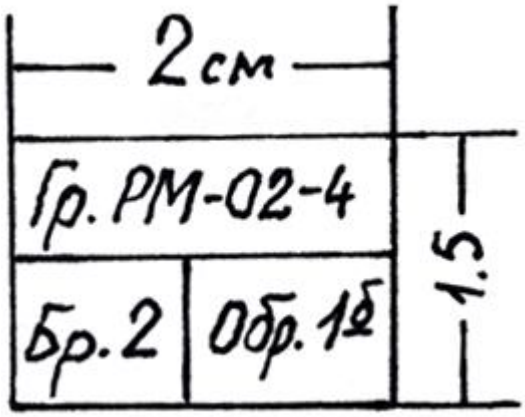


Рис. 4. Форма и содержание этикетки, наклеиваемой на образец.

При документировании опорных обнажений образцы отбирают из каждой литологической разновидности пород.

Часто студенты бывают в затруднительном положении при определении достаточного и необходимого количества образцов, отбираемых за время выполнения самостоятельного задания: нельзя оставить ни одной разновидности пород, не представленной образцом; нежелательно иметь и несколько образцов из каждой разновидности пород. Запомнить же, из какой разновидности уже взяты образцы, не всегда удаётся. А поэтому лучше брать образцы из всех разновидностей пород обнажения, а уже на базе, при камеральной обработке, лишние сократить.

2.3.6. Зарисовка обнажения

В целях лучшего восприятия другим лицом описания обнажения, а также, в какой-то мере, в качестве компенсации субъективизма при его описании, наиболее информативные обнажения или их фрагменты зарисовываются или фотографируются. Чаще всего зарисовку или фотографию делают по фронту обнажения.

При простом строении обнажения достаточно провести через него несколько мысленных вертикальных линий, на которых определяется положение геологических границ и структура обнажения относительно какого-то принятого базиса (подножия склона, границы зарисовываемого фрагмента). Эти вертикальные линии в определённом масштабе наносятся на зарисовку, а затем, по мысленно отмеченным на них точкам {пересечениям этих линий с геологическими границами и контурами обнажения), рисуется контур обнажения и геологическая ситуация (см. рис. 5).

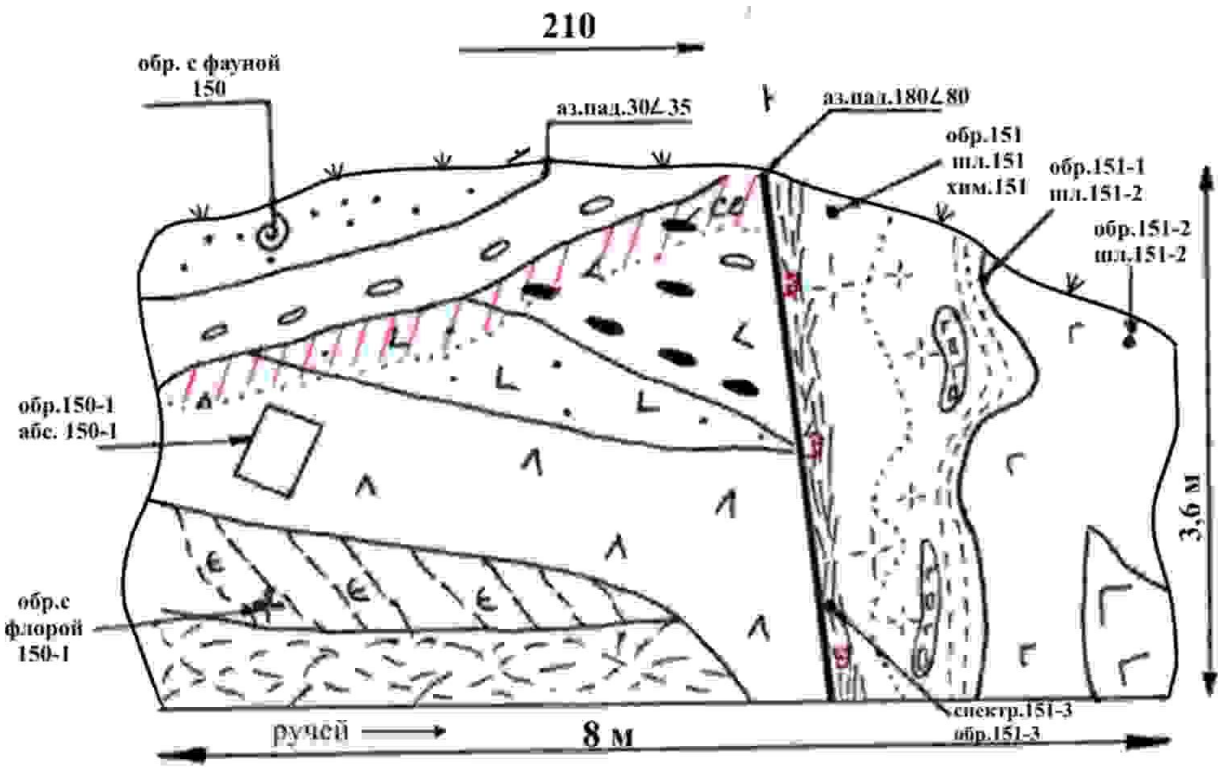


Рис. 5. Пример зарисовки обнажения

При сложном строении обнажения его необходимо разделить на квадраты удобной величины. Сетку можно нанести мелом или каким-либо подсобным материалом. Такая же сетка в определённом масштабе наносится на зарисовку и по ней, как и в предыдущем случае, отрисовывается геологическая ситуация.

При исполнении зарисовки следует широко пользоваться условными значками, отражающими состав горных пород, их текстурные и структурные особенности. Используемые условные знаки должны иметь пояснения.

Зарисовка обнажения может быть дополнена или заменена его фотографией. Фотография имеет некоторые преимущества перед зарисовкой: малые затраты времени, точность воспроизведения объекта, объективность изображения геологической ситуации. К недостаткам относятся: невозможность отражения состава пород, невозможность получения качественного фотоснимка в случае плохого или неудачного освещения, трудность в отображении на фотографии слабо заметных, но важных деталей.

С другой стороны, зарисовка по некоторым аспектам имеет преимущества перед фотографией: полное отражение особенностей строения объекта на основе его углубленного изучения, возможность подчеркнуть главное в воспроизводимом объекте.

Если обнажение сфотографировано, то в полевой книжке и в журнале образцов обязательно должны быть сделаны пометки, указывающие номер пленки и кадра.

Пример ведения дневника маршрутов

Этикетка

Уральский государственный горный университет
Название организации

ГПР МПИ, РМ-03-1, № 2
Название кафедры (партии), группы, отряда

Полевой дневник № 1
Документация маршрутов
т.н. 1-52
Студент Трешкин П.И.

2005г.

Титульный лист
Название организации
Название кафедры (партии), отряда, группы

Дневник № 1

Номенклатура планшета (ов): W-49-43-Б
Родин Иван Петрович
Фамилия, имя, отчество исследователя
Начат 30 мая 2005г.
Окончен 23 июля 2005г.
С т.н. 1 по т.н. 52
Примечание: В случае нахождения дневника просьба вернуть по адресу:
620144 г.Екатеринбург, ул.Куйбышева 30, ОХНИР
к.3319 Родину И.П.
Азимуты магнитные (или истинные с учетом поправки).

Оглавление

№ мар-шру-та	Дата	№ точек набл.	Стр.	Привязка	Объемы				
					Протяжен-ность маршрута, км	Пешие переходы, км	пробы		
							на спектр. ан.	на химич. ан	для опред. абс. возраста
1	15.07.05	1-7	2-5	Северный склон г.Крутой в бассейне руч. Верного	4,5	3	26	5	2
2	16.07.05	8-12	6-11	Верхнее течение руч. Кривого к югу от д. Слюдянки	5,0	4	20	3	1
				Итого:	9,5	7	46	8	3
1			3	Рисунки в дневнике					
2			8						

Условные обозначения и сокращения, применяемые при описании маршрутов

Описание маршрута

Дата
04,08,05

Участок: Савинский
Масштаб работ: 1: 10 000

Маршрут № 1

Цель: Уточнение геологического строения в бассейне руч. Верного, опробование измененных пород, сбор фауны для уточнения возраста известняков.

Привязка маршрута: Проходит на северном склоне горы Крутой в бассейне руч. Верного, в 120 м от высоты 435,0 по аз. 320.

Номенклатура карты: W-49-43-Б

Аэрофотоматериалы (АФС):

Фотоснимки: №№ 4109-4211

Т.н. 05-1 находится в устье руч. Крутого, впадающего в р. Пышму (правый приток) (по топопривязчику: северная широта…., восточная долгота….).

Коренной выход базальтов темно-зеленого цвета массивной текстуры (рис.№ 1).

Вкрапленники (15%) – плагиоклаз таблитчатой субизометричной формы, размером 1-3 мм; роговая обманка – черного цвета вытянутой формы. Основная масса – скрытокристаллическая, зеленого цвета. Миндалины – округлой формы, диаметр 1-3 см, выполнены кальцитом и хлоритом. Наблюдается 2 системы трещин: замеры трещин, густота, характеристика (поверхности трещин, формы, материал заполнения, соотношения по возрасту) обр. 1, шл.1.

Далее ход по аз. 50.

0-150 м в интервале глыбовые развалы (делювий) аналогичных миндалекаменных базальтов. К концу интервала (со 100 м) базальты имеют брекчиевую текстуру обр.1-1, шл.1-1.

150-200 м крупноглыбовый делювий андезитов (характеристика андезитов) – обр. 1-2, шл. 1-2.

200-350 м задернованно. Пойма мелкого ручья, заросшего густой травой.

В 360 м – на правом борту ручья коренной выход темно-серых до черных битуминозных известняков тонкослоистых. Породы катаклазированы, трещины катаклаза выполнены ветвящимися жилками мелкозернистого кальцита с редкой вкрапленностью бледно-фиолетового флюорита (рис.2) обр. 1-3, проба на спектр. ан. – 1-3, шл. 1-3.
Аз. пад. слоистости 120∠ 20-30

360-450 м редкие делювиальные глыбы светло-серых известняков нечеткослоистых с обильной фауной брахиопод. Образцы с фауной отобраны: обр. 1-4 с 380 м
обр. 1-5 с 450 м

450-500 м кора выветривания по гранитам. В высыпках нор сусликов – дресва крупнозернистых гранитов биотитовых и щебень мелкозернистых аплитов.

Т.н. 05-2 находтся в 500 м от т.н. 1 по аз. 50

Вершина сопки. Останец выветрелых крупнозернистых гранитов. В породах отчетливо выражена матрасовидная отдельность – обр.2.
Аз. пад. отдельности 360∠ 20.

В гранитах ксенолиты мраморизованных известняков.

Маршрут окончен. Пройдено:…..км

Отобрано: образцов - …. .
шлифов - ……
проб - ……

Подпись исполнителя.

Вывод по маршруту № 1

В маршруте встречены три комплекса пород: вулканогенная толща среднего-основного состава, представленная фацией текучих лав; толща известковистого состава (морские отложения) и интрузивные породы кислого состава. Наличие катаклазированных пород указывает на тектонический контакт известняков и вулканитов. Предположительно разлом имеет северо-восточное простирание (судя по прямолинейной долине ручья). Предварительно возраст известняков – девонский. Такой вывод можно сделать по комплексу встреченной фауны. Известняки прорываются гранитами. Контакт активный. Возраст гранитов моложе возраста осадочной толщи (постдевонский).

По гранитам развита кора выветривания, представленная зоной дезинтеграции. В поисковом отношении интерес представляет зона разлома, к которому приурочен ручей. Рекомендуется провести шлиховое опробование по данному водотоку.

2.4. Первичная обработка полевых материалов

Первичная обработка полевых материалов в условиях учебной геологосъемочной практики производится на базе после возвращения из маршрута или с участка площадной съемки. Она заключается в обработке коллекций горных пород и полевых книжек, а так же в обработке замеров ориентировки различных структурных элементов.

2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек

Предварительная обработка коллекций горных пород включает в себя: 1 – окончательные определения горных пород и ископаемых органических остатков, собранных при полевых исследованиях; 2 – принятие одного названия для одних и тех же горных пород, задокументированных различными съемочными парами; 3 – сокращение

излишних образцов; 4 – занесение оставшихся образцов в специальный журнал (каталог образцов).

В первую очередь окончательного определения требуют те породы, при описании которых у практикантов были сомнения в точности данных им названий. Эти сомнения могли возникнуть по причине недостаточной выразительности структуры или текстуры пород, либо из-за трудности определения их минерального состава. На базе, при наличии бинокулярного микроскопа, соляной кислоты, а также эталонной коллекции горных пород со шлифами, диагностику пород можно сделать более точно.

Затем сравниваются породы, задокументированные всеми съемочными парами и при наличии одинаковых признаков, породе дается одно название.

На базе, в стационарных условиях, производится препарирование ископаемых органических остатков и дается окончательное определение их с помощью атласов ископаемых форм.

Результаты полевых наблюдений должны быть показаны руководителю практики, при необходимости откорректированы при его участии, и только после этого они становятся пригодными для дальнейшей камеральной обработки. Возможные лишние образцы пород сокращаются, а оставшиеся заносятся в каталог, составленный по стандартной форме (Табл. 3).

Таблица 3

№ п/п	№ образца	Название породы	Привязка обнажения	Примечание
31	12/а	Тонкослоистый зеленовато-серый псаммитовый туф	Левый берег р. Пышмы в 900 м выше устья рч. Рудянки	Сопоставить с обр. 4/е

В результате первичной обработки полевых материалов в полевую книжку вносятся исправления с учетом изменений в диагностике пород и, возможно, в интерпретацию полевых наблюдений.

2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов

Первичная обработка массовых замеров ориентировки различных структурных элементов состоит в построении диаграмм их ориентировки. В настоящее время наиболее широкое применение в изображении ориентировки структурных элементов приобрели круговые точечные диаграммы.

Нанесение замеров на круговую диаграмму производится с помощью трафарета, представляющего собой окружность, разбитую на 360 градусов и проградуированную в направлении против часовой стрелки, с радиусом, разбитым на 90 градусов и проградуированным в направлении от центра окружности к периферии. Радиус трафарета проведен через точку начала отсчета азимутов на трафарете.

Диаграмма ориентировки трещин строится на кальке, которая накалывается на иглу в центре трафарета. На кальке по трафарету проводится окружность, а на окружности черта начала отсчета азимутов («север» диаграммы). Для нанесения на диаграмму ориентировки трещины «север» диаграммы устанавливается на окружности трафарета против цифры, соответствующей азимуту падения трещины, а на радиусе трафарета

ставится точка против цифры, соответствующей углу наклона трещины. Эта точка на диаграмме называется полюсом данной конкретной трещины и отражает ее элементы залегания. Трафарет может быть заменен стереографической проекцией (сеткой Шмидта или Вульфа).

После нанесения всех замеров диаграмма имеет вид круга с расположенными на нем полюсами трещин. Если полюса расположены неравномерно, то каждому участку их сгущения соответствует система трещин.

Для достижения большей наглядности и определенности диаграммы, на ней проводят изолинии плотности полюсов трещин, подсчитывая количество полюсов на 1 процент площади диаграммы.

Для этого в квадратике из плотной бумаги или тонкого картона вырезается круглое отверстие, размером в 1/10 радиуса диаграммы. Затем диаграмма с нанесенными на нее полюсами трещин накладывается на квадратную сетку со стороной ячейки, равной радиусу малого кружка; накрывается сверху еще одной чистой калькой; на каждое перекрестие подложенной сетки накладывается малый кружок (центром в перекрестье); подсчитывается количество полюсов, попавшее в кружок и в перекрестии ставится точка, а рядом с ней цифра, соответствующая количеству полюсов, попавших в кружок.

Определение плотности полюсов на периферии диаграммы производится с помощью приспособления, состоящего из двух малых кружков, расположенных на расстоянии друг от друга, равном диаметру диаграммы. В центре полоски есть узкая прорезь, через которую приспособление одевается на иглу трафарета. Для определения плотности полюсов трещин, при насаженном на иглу приспособлении, один из его кружков устанавливается центром в перекрестие сетки около ее периферии, и в этом перекрестии ставится точка и пишется цифра, отвечающая количеству полюсов, попавших в оба кружка.

После того, как по всему кругу определена плотность полюсов, на верхней кальке через точки с известной плотностью (а между точками методом интерполяции) проводятся изолинии плотности полюсов. При проведении изолиний на периферии диаграммы (где изолинии обрываются) необходимо помнить, что «выход» за пределы контура диаграммы и «вход» внутрь контура одой и той же изолинии должны располагаться на противоположных сторонах диаграммы, симметрично относительно ее центра. С помощью изолиний определяются центры тяжести максимумов полюсов трещин, по которым определяется ориентировка выделившихся систем трещин.

Для определения элементов залегания системы трещин диаграмма накалываетя на трафарет, центр максимума полюсов системы трещин совмещается с радиусом трафарета и на окружности трафарета, против отметки «север» диаграммы, снимается отсчет, соответствующий азимуту падения данной системы трещин, а на радиусе трафарета, против центра тяжести максимума, снимается отсчет, соответствующий углу ее падения.

3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района.

3.1. Физико-географический очерк

Сухоложский район Свердловской области расположен на восточном склоне Среднего Урала в переходной зоне от холмисто-увалистого рельефа Зауралья к Западно-Сибирской низменности. Поверхность района представляет собой всхолмленую

равнину с общей тенденцией погружения на восток с абсолютными отметками водоразделов 240 м. Граница крупного водораздела проходит северо-восточнее р Пышма.

Обнаженность района неравномерная. Палеозойские образования в виде коренных выходов наблюдаются преимущественно по долинам рек. Мезозойские отложения можно наблюдать в карьерах по добыче строительных материалов и в естественных разрезах в восточной части площади.

Главной водной артерией района является река Пышма с притоками Рефт и Кунара, принадлежащая к бассейну р. Оби.

По характеру растительности район относится к лесной и лесостепной зонам с уменьшением степени залесенности с севера на юг и со сменой сосновых лесов на лиственные.

Климат района континентальный с холодной зимой и прохладным летом. Среднегодовое количество осадков 500 мм. , из них на весенне-осенний период (апрель-октябрь) приходится 360 – 375 мм. Основными ветрами являются западные, средняя скорость ветра 4,4 м/с.

В административном отношении территория входит в состав Сухоложского района Свердловской области. Кроме города Сухого Лога на описываемой территории имеется ряд сел и деревень - Знаменское, Рудянское, Кашино, Курьи, Шата, Брусяна, Глядены, Мокрая. Город Сухой Лог связан с городом Екатеринбургом железной дорогой и асфальтированным шоссе. Населенные пункты в пределах площади связаны автобусным сообщением.

В экономическом отношении район является промышленно-сельскохозяйственным. Основные промышленные предприятия сосредоточены в г.СухойЛог – комбинат асбоцементных изделий, завод по переработке вторичных металлов, авторемонтный завод, бумажная фабрика. Цементный завод располагается за юго-восточной окраиной города.

Основное направление сельского хозяйства – земледелие и животноводство.

3.2. История геологического изучения района

Геологические исследования в Сухоложском районе были предприняты еще в позапрошлом столетии в связи с изучением углей, содержащихся в угленосной толще карбона. Они проводились под руководством А.П.Граматчикова. Результаты этих работ были опубликованы в 1852 году.

В 1880 году в “Горном журнале” была опубликована заметка о находке следов деятельности первобытного человека, населявшего известняковые пещеры на левом берегу р. Пышмы в районе г. Сухого Лога. Наиболее крупная из этих пешер носит имя Гебауэра.

Более полные сведения о геологии Сухоложского района содержатся в трудах А.П.Карпинского. Предварительные результаты работ были изложены им в кратких статьях в “Горном журнале” за 1880 год. Более полные данные его работ были опубликованы в монографии “Геологические исследования и разведки на восточном склоне Урала”, изданной в 1949 году. Наибольший интерес из них представляют описания обнажений по рекам Пышме, Шате, Брусяне Кунаре. А.П.Карпинским, в частности, был определен силурийский возраст известняков в верховьях р. Шаты, девонский возраст известняков на северо-восточной окраине с. Знаменского и в низовье р. Шаты, каменноугольный возраст известняков и песчаниково-сланцевых пород на р. Пышме в окрестностях тогдашнего с. Сухоложского. В пределах окрестностей с. Сухоложского

А.П.Карпинским отмечены признаки медных руд, описаны месторождения каменного угля, минеральных красок, каолиновых глин, трепела и других полезных ископаемых.

С 1920 по 1924 годы по поручению Геологического комитета в окрестностях села Сухоложского детальную геологическую съемку проводил И.И.Горский. Результатом этой съемки явилась геологическая карта окрестностей с. Сухоложского масштаба 1:21000. В отчете об этих работах приведены детальные описания обнажений по рр.Пышме, Шате, Ключ, Усолке и логам, впадающим в долину р. Пышмы.

В послевоенные годы изучением каменноугольных отложений района занимался А.А.Пронин. Результаты исследований вошли в монографию "Карбон восточного склона Среднего Урала", опубликованную в 1960 г.

С начала 30-ых годов в окрестностях Сухого Лога проводится учебная геологическая практика студентов Свердловского горного института, а ныне Уральского государственного горного университета. Коллективом преподавателей кафедры Общей и динамической геологии под руководством А.А.Малахова и В.Е.Засыпкина на основе накопившегося материала о геологическом строении района было подготовлено и издано в 1954 году "Методическое руководство по учебной геологической практике в окрестностях Сухого Лога", длительное время являвшееся основным пособием при проведении геологичской практики.

В 60-е годы Т.В.Дианової, а в 70-е и 90-е К.П.Плюсниным изучались вулканогенные образования района. Этими исследоватлями были предложены схемы расчленения вулканогенных толщ и определены наиболее крупные вулканические постройки.

В 1961 году под руководством Ю.П.Алексеева была закончена разведка Кунарского месторождения известняков, интенсивно разрабатываемого в последующие годы.

В 1972 году коллективом, возглавляемым М.Т.Собоевым, были закончены работы по составлению геологической карты масштаба 1: 50 000 восточной части Сухоложского района.

С 1973 по 1978 годы в западной части района под руководством В.П.Олерского проводилась геологическая съемка и доизучение масштаба 1 : 50 000. В результате работ составлены: геологическая карта полезных ископаемых, карта четвертичных образований. Эти материалы были положены в основу Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (автор Грабежева Т.Г.), изданную в 1983 году.

Детальная разведка участка аргиллитов Ново-Сухоложского месторождения цементных глин проводилась в 1991 г. Б.М.Новоселовым.

С 1999 по 2002 годы на листе О-41-XXVI, в состав которого входит западная часть Сухоложского полигона, геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 производилась под руководством В.А. Рыбалко. Был составлен комплект карт и отчет по состоянию изученности на 01.01.2002г.

Сведения о глубинном строении территории (в т.ч. Сухоложского полигона) изложены А.Г.Кислицыным в отчете по теме «Переинтерпретация материалов гравиметрических съемок масштаба 1 : 50 000 на Среднем Урале» (1999г.).

Е.М.Ананьева завершила составление карты глубинного строения верхней части земной коры в масштабе 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (Е.М.Ананьева, 2001).

Параллельно продожались исследования, проводимые сотрудниками кафедр Структурной геологии и Общей и исторической геологии и палеонтологии Свердловского горного института. По результатам работ производственных организаций и указанных кафедр СГИ были составлены "Учебная карта Сухоложского района" и учебное пособие "Учебная геологосъемочная практика". Последующие работы сотрудников тех же кафедр по изучению строения вулканогенных и осадочных толщ, а также по фациальному и

петрохимическому расчленению вулканогенных пород района позволили составить более детальную геологическую карту, соответствующую современным геологическим представлениям, а также учебные пособия “В краю потухших вулканов” и “Учебная геологосъемочная практика”, 2004, «Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье», 2004. К Всероссийскому симпозиуму по вулканологии и палеовулканологии профессором В.Н.Огородниковым подготовлен путеводитель Среднеуральской геологической экскурсии, 2003.

3.3. Геологическое строение района

Территория Сухоложского полигона расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны, претерпевшей длительную эволюцию геологического строения.

Геополигон располагается в Алапаевско-Теченской зоне на границе двух подзон: Рефтинско-Каменской (западной) и Алапаевско-Айбыкульской (восточной).

Границей подзон принято считать Тыгишский разлом (ограничивающий с запада бекленищевскую свиту нижнего карбона).

В геологическом строении района практики принимают участие преимущественно осадочные и вулканогенные образования палеозойского возраста, в восточной части района перекрытые чехлом мезозой-кайнозойских недиагенизированных или слабо диагенезированных континентальных и морских отложений.

Интрузивные образования развиты в меньшей степени и представлены Рефтинским массивом раннедевонского возраста, а также малыми телами гипабиссального и субвулканического уровня глубинности девонского и каменноугольного возраста.

Район характеризуется напряженной тектоникой, следствием этого является складчато-чешуйчато-блоковое геологическое строение. Наиболее интенсивно дислоцированы и метаморфизованы дочетвертичные образования.

3.3.1. Стратиграфия

Стратиграфический разрез района представлен осадочными и вулканогенными образованиями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем.

3.3.1.1. Палеозойская эратема

Палеозойская эратема представлена девонской и каменноугольной системами. Эти образования под покровом маломощных рыхлых четвертичных отложений развиты в западной и центральной частях района, а в восточной части района перекрыты мезо-кайнозойским чехлом. Значительную роль в составе палеозойских стратонов играют вулканогенные образования. Анализ строения, состава и последовательности залегания вулканогенных пород района позволяет выделить среди них разнотипные вулканогенные формации, которые по фациальному и петрохимическому составу и возрасту параллелизуются с типоморфными для Урала вулканогенными формациями Магнитогорского мегаблока.

Девонская система

Девонская система представлена средним и верхним отделами. Образования среднего отдела выделены под названиями: базальт-дацитовая толща (D_2bd) – в Рефтинско-Каменской подзоне; сухоложская толща (D_2sh) – в Алапаевско-Айбыкульской подзона. Средний-верхний отделы представлены маминской толщей (D_{2-3}mm). Верхний

отдел представлен кодинской свитой (D_3kd). Возраст стратонов определен по ископаемой фауне и флоре.

Средний отдел D_2

Базальт-дацитовая толща (D_2bd). Данная толща в пределах Сухоложского полигона имеет ограниченное распространение и тектонические контакты как с габброидами Рефтинского массива, так и с нижнекаменноугольными осадочными породами беклеищевской свиты.

На территории полигона толща представлена базальтами (в том числе миндалекаменными) и туфами базальтов. Породы интенсивно дислоцированы. Вторичные изменения представлены альбитизацией, хлоритизацией, актинолитизацией. Участками породы превращены в зеленые сланцы.

Сухоложская толща (D_2sh). Породы, слагающие сухоложскую толщу, обнажаются в северо-западной и юго-восточной частях геополигона. Толща локализована в пределах тектонических блоков, ориентированных в субмеридиональном направлении.

Нижняя часть толщи представлена осадочным типом разреза. В бассейне р. Шата скважинами К-331, К-348 вскрыты переслаивающиеся известняки с конгломератами, кремнистыми сланцами, песчаниками и алевролитами, гальки конгломератов представлены темно-серыми почти черными известняками. В алевритовом цементе конгломератов содержится микрофауна эйфельского возраста. Мощность пачки 350 м.

Верхняя часть сухоложской толщи представлена преимущественно вулканогенными образованиями. Толща сложена эффузивными, пирокластическими, осадочно-пирокластическими породами непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, а также вулканогенно-осадочными и осадочными породами. В строении преобладают базальты, андезибазальты, андезиты и их туфы. Преобладающим развитием пользуются эксплозивно-обломочные породы (туфы). По размерности обломков состав туфов изменчив – от алевритовых до псефитовых. Часто наблюдается переслаивание туфов с потоками лав того же состава, как правило, имеющими подушечное и шаровое строение. Потоки базальтов и андезибазальтов афирового строения редки. Вулканиты кислого состава имеют подчиненное значение в разрезах. Кислые лавы – это преимущественно порфировые разности, часто с лавобрекчиями в краевых частях. Пирокластические образования дацитового, риодацитового и риолитового состава представлены алевритовыми, ляппиллевыми и бомбовыми туфами.

В целом, сухоложская толща представлена вулканитами пестрого состава, характеризующихся быстрой фациальной сменой.

В южном направлении характер разреза сухоложской толщи изменяется, что выражается в увеличении объема осадочно-вулканогенных (менее 50% осадочного компонента) и вулканогенно-осадочных ассоциаций в комплексе с рифогенными известняками, песчаниками, кремнистыми сланцами биогенного происхождения.

В пределах развития сухоложской толщи сохраняются фрагменты вулканотектонических построек разного ранга.

В соответствии с петрографическим кодексом (1995г.) по имеющимся геолого-геофизическим данным в пределах геополигона выделяется два вулканических массива. Первый из них располагается в бассейне р. Рефт и его притока Винокурка. Ранее в 1975 году К.П.Плюснин выделил здесь Винокуровскую вулкано-тектоническую структуру центрального типа., которой соответствует положительная гравитационная аномалия. Винокуровский вулканический массив представлен миндалекаменными базальтами, андезитами и их туфами. На территории Сухоложского полигона располагается только южная часть Винокуровского массива. К югу от него выделяется Пышминский массив, характеризующийся слабо аномальным гравитационным полем. В пределах Пышминского

массива сохранятся фрагменты трех вулкано-тектонических структур центрального типа с признаками кальдерообразования и системой радиально-дуговых разломов. В пределах Пышминского вулканического массива исследованиями прошлых лет выделены вулканические постройки центрального типа (стратовулкан «Дивий камень» и другие). На геологической карте они выделены особым знаком. Жерловые и прижерловые фации представлены экструзивными и субвулканическими образованиями, агломератовыми бомбовыми туфами. В прижерловых образованиях наиболее часто проявлены процессы окварцевания, пиритизации, серицитизации. Промежуточные фации представлены преимущественно лавами в ассоциации с псаммитовыми пирокластическими отложениями. Удаленные (периферические) фации вулканитов развиты на геополигоне на южном склоне вулканогенной гряды. Они представлены вулканогенными обломочными породами, алевритовыми туфами в переслаивании с рифогенными и аккумулятивно-рифогенными известняками и морскими мелководными терригенно-осадочными отложениями.

Последние наблюдаются на руч. Брусяны ниже «Белого лога», в карьере у западной окраины села Знаменского, на левом склоне долины р. Пышмы между устьями руч. Брусяны и руч. Знаменка. Живетский возраст кремнистой пачки определен по остаткам фораминифер из известняковых прослоев.

Мощность сухоложской толщи составляет 750м.

Средний-верхний отделы D_{2-3}

Маминская толща (D_{2-3}mm). Толща представлена углисто-глинисто-кремнистыми породами темно-серого и черного цветов с прослоями известняков. Разрезы этих образований наблюдаются на р. Брусяна ниже «Белого Лога», в левом склоне долины р. Пышмы между устьями р. Брусяна и руч. Знаменка, а также в карьере у западной окраины села Знаменское. Мощность кремнистых сланцев 70 м. Взаимоотношения с нижележащими образованиями не ясны. Живетский возраст определен по остаткам фораменифер из прослоев известняков.

К югу от р. Шата разрез маминской толщи представлен светло-серыми и темно-серыми глинистыми известняками, живетский возраст отложений определен по фауне.

Южнее Сухоложского полигона в районе с. Кунарского и юго-западнее оз. Куртугуз в аналогичных кремнистых породах обнаружены конодонты верхнего девона (сборы А.В.Коровко, В.А.Рыбалко, определения Г.Н.Бороздиной).

Мощность маминской свиты – 150 м.

При современной степени изученности определить объем маминской толщи не представляется возможным. В стратотипических разрезах кремнистые породы переслаиваются с вулканитами неконтрастной базальт-андезитовой формации.

Верхний отдел D_3

Кодинская свита (D_3kd). Осадочные породы кодинской свиты локализованы в линейном тектоническом блоке и прослеживаются от южной до северной границы Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать на р. Ключ и в борту р. Пышма. Состав свиты: алевролиты, алевропелиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, линзы известняков. Цвет пород – серый, бурый, зеленоватый, черный. Характерно частое переслаивание пород. Слоистость параллельная. Состав терригенного материала: кварц, плагиоклаз, кремнистые породы, риолиты, дациты, пемзы.

Возраст свиты определен по брахиоподам, фораминиферам, водорослям, спорам растений как позднедевонский в объеме франа.

Мощность свиты 700 м.

Каменноугольная система

Каменноугольная система сложена преимущественно терригенными и карбонатными отложенияи с небольшим количеством вулканогенных образований в западной части района и представлена нижним и средним отделами.

Нижний отдел C_1

Стратоны нижнего отдела каменноугольной системы представлены бекленищевской (C_1bk), егоршинской и бурсунской (C_1eg+C_1br), исетской (C_1is) свитами.

Бекленищевская свита (C_1bk). Свита располагается в западной части Сухоложского полигона и прослеживается в пределах тектонического блока близмеридиональной ориентировки от оз. Куртугуз до приустьевой части р. Рефт. Свита представлена пестрым фациальным комплексом осадочных и вулканогенно-осадочных пород морского генезиса.

Нижняя часть разреза бекленищевской свиты не имеет естественных выходов на дневную поверхность. Свита изучена несколькими профилями скважин, где наблюдалось сложное переслаивание темно-серых до черных алевролитов и аргиллитов с маломощными прослоями песчаников и редкими отпечатками обугленного растительного детрита. Фаунистически эта часть разреза не охарактеризована.

Вверх по разрезу постепенно увеличивается карбонатность пород. Эта часть представлена переслаивающимися серыми и темно-серыми глинистыми и глинисто-известковистыми аргиллитами, полимиктовыми песчаниками, реже конгломератами, а также прослоями туфов и туффитов, мергелей и известняков.

Карбонатно-терригенный разрез свиты фациально замещается вулканогенно-осадочным комплексом пород. Наиболее представительные выходы этих пород располагаются в приустьевой части р. Рефт. В обломках из конглобрекчий определены фораминиферы, свидетельствующие о визейском возрасте (определения Т.Н.Степановой).

Мощность бекленещевской свиты составляет 800 м.

Егоршинская и бурсунская свиты объединенные (C_1eg+C_1br). Континентальные угленосные образования егоршинской и бурсунской свит прослеживаются в узком клиновидном тектоническом блоке вдоль железной дороги. Разрез этих свит можно наблюдать по р. Пышма между ручьями Ключ и Крутой Лог.

Егоршинская свита сложена переслаивающимися темно-серыми до черных глинистыми, углисто-глинистыми и углистыми аргиллитами, алевролитами, серыми и темно-серыми песчаниками и конгломератами. Характерно обилие флористических остатков, наличие маломощных пластов угля, быстрая смена фаций и сложное тектоническое строение. Мощность свиты 350-500 м.

Безугольные отложения *бурсунской свиты* залегают согласно на угленосных породах егоршинской свиты, представлены зеленовато-сероцветными грубообломочными отложениями с бедными органическими остатками. Характерно появление известковистых разновидностей. Мощность свиты 300-500 м.

Возрастная датировка объединенных егоршинской и бурсунской свит – верхнее турне – низы верхнего визе (включая жуковский горизонт). Данные свиты являются возрастным аналогом средней и верхней частей бекленищевской свиты.

Исетская свита (C_1is). Свита имеет широкое площадное распространение в восточной части Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать по р.р. Пышма, Кунара, в Кунарском карьере известняков, в приустьевой части р. Рефт. Вблизи железнодорожного моста через р. Пышма наблюдалось согласное налегание известняков на терригенные породы бурсунской свиты. В пределах листа О-41-XVI взаимоотношения бурсунской и исетской свит установлено в ряде скважин (Олерский, 1978).

Исетская свита представлена преимущественно известняками. В известниках встречается обильная фауна одиночных и колониальных кораллов и брахиопод. Известняки слоистые и массивные, в верхней части разреза породы доломитизированы и брекчированы (известняковые брекчии) с прослоями мергелей. В нижней части разреза преобладают битуминозные известняки с линзами кремней.

По комплексу фауны возраст исетской свиты установлен как визейский – серпуховский.

Мощность свиты – 450 м.

Средний отдел C_2

Щербаковская свита (C_2šc). Свита имеет ограниченное распространение в бассейне р. Кунара. Породы свиты локализованы в мелких тектонических блоках среды известняков исетской свиты. Щербаковская свита представлена алевролитами, аргиллитами, сероцветными известковистыми песчаниками с прослоями конгломератов, мергелей, битуминозных известняков.

Возраст пород свиты установлен по брахиоподам и соответствует башкирскому и московскому веку.

Мощность щербаковской свиты - 350 м.

3.3.1.2. Мезозойская эратема

Коры выветривания

Территория Сухоложского полигона располагается в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала на границе с континентально-морской цокольной равниной, что и определило широкое развитие кор выветривания. В пределах геополигона выделяется два морфологических типа – площадная и линейная. Площадные коры развиты преимущественно на водоразделах. Традиционно выделяется три зоны профиля коры выветривания: дезинтеграции, промежуточных продуктов, глинистых продуктов. На Сухоложском полигоне зона глинистых продуктов развита только в восточной части, в западной части имеет место двухзональный профиль коры. Линейные коры выветривания обычно развиваются в зоне разломов либо по контактам геологических тел.

Выделяется два генетических типа кор – остаточные и переотложенные. В районе резко преобладает первый тип.

Окраска пород, слагающих профиль коры выветривания, обычно в верхней глинистой зоне неоднородная: пятнистая, пятнисто-полосчатая с преобладанием буроватых и красноватых оттенков. С глубиной окраска выветрелых пород приближается к цвету материнских. К востоку происходит понижение кровли остаточной коры выветривания с 206 м до 160 м. В восточной части полигона коры выветривания перекрываются палеоценовыми отложениями серовской свиты. Среди глинистых продуктов по вещественному составу преобладающим является каолинитовый тип. Состав тяжелой фракции шлихов обычно зависит от состава материнских пород. В площадных корах постоянно присутствуют гидроокислы железа, реже марганца.

Мощность площадных кор в Сухоложском районе в среднем составляет 18-20 м.

Триасовая система, верхний отдел - юрская система, нижний отдел

Челябинская серия (T_3-J_1čl). Нерасчлененные триасово-юрские отложения района представлены вулкаогенно-осадочными породами. Они приурочены к протяженному грабену, пересекающему восточную часть района в субмеридиональном направлении и перекрытому кайнозойским чехлом. Нижнюю часть разреза слагают преимущественно вулканогенные породы разного состава (от базальтов до риолитов) с незначительным количеством пестроцветных конгломератов, песчаников и аргиллитов. Верхнюю часть разреза слагают преимущественно осадочные сероцветные мелко- и тонкообломочные породы.Обломочные породы по составу относятся к полимиктовым. В прибортовых частях грабенов широким развитием пользуются краснобурые конгломераты и гравелиты (фации конусов выноса).

Мощность триасово-юрских отложений на описываемой территории достигает 200 м. Выходы их наблюдаются только в глубоко врезанных долинах крупных рек Пышмы и Кунары.

Меловая система

Меловая система в районе представлена обоими своими отделами. Ее отложения обычно перекрыты более молодыми осадками и не имеют широкого развития на земной поверхности.

Нижний отдел K_1

Нижний отдел меловой системы представлен **аптским и альбским ярусами K_1 а**, состоящим из двух стратонов – алапаевской и синарской.

Алапаевская толща представлена каолинит-гидрослюдитыми серыми, бурыми, кирпично-красными глинами с песком, хорошо окатанной кварцевой галькой и щебнем окремнелого известняка. За белый цвет породы названы “беликами”. Мощность беликовой толщи редко превышает 10 м. В основании “беликов”, как правило, наблюдаются бурые железняки инфильтрационного происхождения в форме линз, гнезд, пластов. Состав бурых железняков: гидрогетит, гидрогематит, сидерит. Алапаевская свита обычно приурочена к понижениям древнего рельефа – эрозионным или карстовым воронкам. Возраст алапаевской толщи предполагается на уровне апского яруса.

Синарская свита нижнего мела сложена пестроцветными и белоцветными континентальными (аллювиально-озерными) глинами каолинитового состава с прослоями лигнитов марказитсодержащих и кварцевых песков. Приурочена к эрозионным депресиям, не имеет широкого площадного распространения и повсеместно перекрыта кайнозойскими отложениями. Синарская свита несогласно залегает на алапаевской толще, либо на известняках. Выходы пород свиты наблюдались только в карьере “Белая глина”, который после прекращения в нем работ по добыче огнеупорных глин затоплен. Мощность свиты достигает 15 м. Апт-альбский возраст отложений установлен по результатам споро-пыльцевого анализа.

Верхний отдел K_2

Верхний отдел меловой системы представлен **коньякским ярусом.**

Камышловская свита (K_2km). Отложения камышловской свиты представлены зеленовато-серыми и светлосерыми мелкозернистыми кварц-глауконитовыми слабо сцементированными песчаниками и песками морского происхождения. Пески хорошо отсортированы. Эти породы имеют широкое площадное распространение, но перекрыты кайнозойскими осадками. Выходы пород наблюдались в карьере “Белая глина” и известны в верховьях рч. Каменки, левого притока р. Пышмы, впадающего в нее

восточнее пос. Курьи. Возраст пород определен по остракодам, фораминиферам, зубам акул. Мощность свиты не превышает 10 м.

3.3.1.3. Кайнозойская эратема

Кайнозойская эратема на описываемой территории представлена всеми тремя системами – палеогеновой, неогеновой и четвертичной.

Палеогеновая система P

Палеогеновая система в Сухоложском районе представлена верхним палеоценом-нижним эоценом. На восточном склоне Урала эти отложения известны под названием **серовской свиты**.

Серовская свита P_{1-2} sr.

Свита сложена опоками, песчаниками и алевролитами на опоковом цементе, трепелами. Преобладают опоки. Песчаники имеют глауконит-полевошпат-кварцевый состав. Эти морские отложения имеют спорадическое развитие в восточной части района, перекрывая собой все более древние отложения в углублениях палеозойского фундамента. Коренные выходы опок встречаются в глубоких логах и в карьерах по добыче глин, известняков и самих опок. Возраст пород свиты определен по ископаемым остаткам фораминифер, моллюсков и гексакораллов.

Мощность свиты достигает 12 м.

Неогеновая система N

Светлинская свита (N_1sv). Отложения неоеновой системы представлены пролювиально-делювиальными песчано-алевритистыми глинами красновато-бурого цвета с редкой галькой кварца. Слоистость выражена не отчетливо. Свита залегает с размывом на более древних образованиях. Неогеновые отложения повсеместно наблюдаются в бортах карьеров на водоразделе рр. Пышмы и Кунары. Мощность отложений неогеновой системы не превышает 4 м. Возраст пород принят по аналогии с подобными отложениями Зауралья, где он был определен по остаткам речных моллюсков в аллювии верхних цокольных террас крупных рек.

Четвертичная система Q

Образования четвертичной системы принадлежат различным генетическим типам и покрывают значительную часть площади в виде маломощного чехла. Возраст аллювиальных, озерных, палюстринных отложений определяется по ископаемым остаткам (фауне и флоре), а также по споро-пыльцевым комплексам. Возраст элювиальных, делювиальных и прочих образований определяется (условно) по геоморфологическому положению.

Эоплейстоцен

Нижнее звено

Отложения этого возраста на площади представлены аллювиальными и озерными (a,l) генетическими типами. В возрастном отношении они приурочены к увельской свите. Встречаются локально в западной части площади (Зауральская цокольная равнина).

Аллювиальные и озерные отложения увельской свиты (a,lEI*uv*) вытянуты в меридиональном направлении.

Фрагмент этих отложений выделен к юго-востоку от оз. Беткулово, на абсолютной отметке 200 м. Отложения представлены известковистыми глинами зеленовато-серого, желтовато-зеленого, зеленовато-бурого, серовато-бурого цвета, песками мелкозернистыми, полимиктовыми с рыхлым железисто-марганцовистым бобовником. На одних участках, аллювиальные и озерные отложения залегают на склоне, на других участках – в переуглублении под аллювиальными отложениями батуринской свиты и выхода на поверхность не имеют. Мощность отложений более 8,4 м . Залегают на мезозойских корах выветривания, перекрыты аллювиальными отложениями батуринской свиты, полигенетическими и делювиальными образованиями среднеуральского надгоризонта.

Неоплейстоцен
Неоплейстоцен нерасчлененный

Отложения этого возраста представлены элювиальными и делювиальными образованиями (e,dNP). Распространены очень широко в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Развиты на возвышенностях и их пологих склонах.

Представлены глинами и суглинками со слабо выветрелым щебнем подстилающих пород и редким полимиктовым гравием.

В большинстве случаев они залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность до 3 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

Возраст отложений определен как нерасчлененный неоплейстоцен.

Нижнее звено

Отложения этого возраста представлены аллювиальными отложениями батуринской свиты (al*bt*).

Аллювиальные отложения батуринской свиты (al*bt*) развиты в западной части геополигона в виде участков меридионального и субмеридионального простирания, фиксирующих фрагменты древних речных долин, потерявших связь с современной гидросетью. Они приурочены к контакту приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала и континентально-морской цокольной равнины Зауралья. Фрагменты древнего аллювия выделены от озера Куртугуз к северу, его протяженность 11 км при ширине от 800 до 1300 м. Разрез изучен скважинами мотобурения.

Аллювиальные отложения представлены песками полимиктовыми с гравием, глинами гидрослюдистыми, известковистыми, серыми, зеленовато-серыми, зеленовато-голубыми, серовато-бурыми. Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом и цоизитом – 54%, роговой обманкой – 20%, ильменитом – 6%, лимонитом – 8%, цирконом – 6%, рутилом – 2%, сфеном – 2%, апатитом – 1%, хромитом – 1%. Выход 3%. Палеогеографический коэффициент 0,9.

В спорово-пыльцевых комплексах этих отложений преобладает пыльца ели, сосны, пихты.

Путем отстройки поперечных профилей через древние речные долины было установлено, что реки текли с юга на север.

К нижнему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения (в разрезе залегают выше аллювиальных и озерных отложений уйско-

убоганской свиты среднего звена и ниже аллювиальных и озерных отложений увельской свиты нижнего эоплейстоцена). Отложения сопоставляются по литологии с аллювиальными отложениями, описанными и изученными в угольном карьере Батурино Еманжелинского района Челябинской области.

Аллювий батуринской свиты перекрыт аллювиальными и озерными отложениями уйско-убоганской свиты среднего звена, делювиальными отложениями среднего и верхнего звена, торфами голоцена. Залегает на аллювиальных и озерных отложениях увельской свиты нижнего эоплейстоцена, отложениях серовской свиты, мезозойских корах выветривания и известняках палеозоя. Мощность отложений более 9,2 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В этих отложениях было установлено наличие россыпного золота (Рыбалко, 2002).

Среднее звено

Отложения этого возраста представлены аллювием исетской ($a^{i}II$) и уфимской ($a^{u}II$) террас, озерными (III*uu*), аллювиальными и озерными (a,III*uu*) отложениями уйско-убоганской свиты, делювиальными отложениями среднеуральского надгоризонта (dIIsr).

Аллювиальные отложения уфимской террасы ($a^{u}II$) выделены по рекам Рефт и Пышма. Отложения прослеживаются по правому берегу р. Рефт до устья , в виде полосы шириной 200-300 м, и по правому берегу р. Пышмы между пос. Рудянское и Знаменское. Они слагают четвертую эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 22,4 до 40 м и высотой цоколя от 18 до 35 м над урезом реки. Наибольшие параметры уфимская терраса имеет на р. Пышма в районе п. Новая Пышма. Ширина террасы достигает 3,5 км.

Отложения представлены желто-коричневыми, темно-желтыми, буро-коричневыми песками полимиктовыми (полевошпат-кварцевыми) с галькой кварца, бурыми до темно-коричневых песчаными глинами с прослоями иловатых глин темно-серого цвета. Пески от глинистых (глинистая фракция составляет 20%) до гравийных, грубозернистых. Обломочный материал хорошо окатан.

Разрез аллювия уфимской террасы можно показать на примере шурфа 286, пройденного на восточном берегу р. Рефт. Сверху, до глубины 3,2 м залегают глинистые пески мелкозернистые, полимиктовые с преобладанием зерен кварца. Содержание глины 20%. Песок сортирован. С глубины 3,2 м до 3,7 м (забой) вскрыты пески грубозернистые, близкие к гравию с гальками кварцевого состава, размером до 3-4 см в диаметре, хорошо окатанными. Цвет песков желтовато-коричневый, желтый. Из гравийных песков с гл. 3,7 м отобрана шлиховая проба. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: гр. эпидота – 47,52%, гранатом – 17,82%, ильменитом – 13,86%, ильменитом + гематитом – 0,99%, амфиболом – 12,87%, хромитом – 4,95%., монацитом – 0,99%, сфеном – 0,99%. Палеогеографический коэффициент 0,25.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность более 5,5 м.

Возраст аллювия уфимской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными образованиями соседних районов и определен как сылвицкий и вильгортовский горизонты.

Аллювиальные отложения исетской террасы ($a^{i}II$) развиты по рекам Пышма, Кунара. Они слагают третью, эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 4 м до 16,5 м (по р. Пышме) и высотой цоколя от 2,7 м от уреза реки. Ширина террасы от 200 до 2000 м. Разница в высоте поверхности от уреза реки связана с неотектоникой (участки неотектонических поднятий и опусканий).

Строение разреза аллювия исетской террасы двучленное. Нижняя его часть сложена полимиктовыми гравийно-песчаными, песчано-гравийными отложениями коричневого цвета, в основании которой залегает базальный горизонт. Верхняя часть разреза сложена бурыми глинами, полимиктовыми песками (глинистая фракция составляет 30%), чередованием коричневых до темно-буровато-серых мелкозернистых песков с галькой кварца и серых, темно-серовато-желтых до буро-коричневых глин.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 43-45%, ильменитом – 16-24%, амфиболом – до 17%, магнетитом – 3-5%, гематитом от 4 до 21%, мартитом – до 5%, гранатами – 3-5%, хромшпинелидами – 0,5-1,5%, цирконом – 1,67-1,7%, сфеном – 0,14-0,19%, рутилом – 0,39-0,82%, ставролитом – 0,4%, лейкоксеном – 0,08%, пиритом – 0,03%, кианитом – 0,03%, апатитом – 0,14%, гидроокислами железа – от 0,6 до 1,34%, золотом – единичные знаки. Палеогеографический коэффициент 0,34-0,42.

Спорово-пыльцевые спектры – лесостепные, реконструирующие смешанные елово-сосново-березовые лесные массивы с пихтой, ольхой и лугостепными участками.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность от 1,3 м и более 7 м (по р.р. Рефт и Пышма). С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия исетской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями смежных районов и определен как ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Среднеуральский надгоризонт. Озерные отложения уйско-убоганской свиты (l II*ии*) развиты на междуречьях, иногда пространственно тяготеют к современным озерам. Геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья. Развиты локально у западной рамки Сухоложского полигона.

Озерные отложения вскрыты скважинами мотобурения. Они выполняют древние озерные ванны и представлены глинами зеленовато-серыми, серыми до коричневых с включениями гравия, гальки кварца и мелкозернистыми полимиктовыми песками.

Из отложений отобраны пробы на литологический и спорово-пыльцевой анализы. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 61-81%, роговой обманкой – от ед.зер. до 27%, гранатоми – до 2%, пироксенами – 1%, магнетитом – до 1%, ильменитом – от 4 до 23%, лейкоксеном – 2-7%, рутилом – 1-3%, цирконом – до 2%, ставролитом – 1%, хромитом – 2%, турмалином – 1%, андалузитом – до 1%, апатитом – до 2%, корундом – до 2%. Выход от 1 до 7%. Палеогеографический коэффициент от 0,04 до 0,61%.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и аллювиальных отложениях батуринской свиты. Мощность более 9 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Озерные осадки синхронны аллювиальным и озерным отложениям уйско-убоганской свиты, изученной в нижнем течении р. Уй, на меридиональных отрезках Тобола и Убогана, имеющей широкое распространение в Зауралье.

Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской свиты (a,III*ии*), как и озерные развиты на междуречьях, геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Отложения представлены неравномерным переслаиванием зеленовато-серых, голубовато-серых до коричневато-серых глин и коричневато-серых, серых, полимиктовых песков, местами с гравием и галькой кварца.

Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом – 44-53%, обыкновенной роговой обманкой – от 28 до 42%, тремолитом-актинолитом – 2-7%, магнетитом – 1-5%, ильменитом – 3-4%, сфеном – 2-5%, гранатом – до 3%, цирконом – 2-3%, лимонитом – 1-3%, апатитом – 1-2%, хромитом – ед.зер.-1%, марказитом – до 1%, пироксеном – до 1%, а также единичными зернами ставролита, рутила, лейкоксена, анатаза. Выход от 6 до 10%. Палеогеографический коэффициент от 0,08 до 0,26.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на аллювиальных отложениях батуринской свиты, палеогеновых отложениях серовской свиты, мезозойских корах выветривания. Мощность до 10 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Возраст отложений принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными (по моллюскам и остракодам) образованиями смежных территорий и определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Делювиальные отложения среднеуральского надгоризонта (dIIsr) развиты достаточно широко на территории района работ. Они приурочены к бортам древних озерных впадин и долин, и распространены на междуречьях.

Представлены бурыми до темно-коричневых плотными глинами и суглинками со щебнем, с небольшим количеством гальки и гравия.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 53-73%, обыкновенной роговой обманкой – от 15 до 38%, пироксенами моноклинным и ромбическим – 1-7%, ильменитом – 1-6%, лимонитом – 1-3%, магнетитом – 1-4%, сфеном – 1-2%, цирконом – 1%, гранатом – 1%, турмалином – 1%, гр. актинолита – 1%, лейкоксеном – 1%, рутилом – до 1%, единичными зернами апатита, ставролита. Выход составляет 12-15%. Палеогеографический коэффициент 0,1- 0,47.

Спорово-пыльцевой спектр очень бедный. В основном отмечены пыльцевые зерна Betula pubescens (Ehrh.) и единичные экземпляры Pinus sylvestris L., Pinus sp. Пыльца травянистой растительности представлена Artemisia sp., Compositae, Rosaceae. Комплекс лесо-степного типа, воссоздающий смешанные сосново-березовые лесные ландшафты с луго-степными участками.

Отложения перекрыты делювиальными и лессовыми отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность 3-5 до 10 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

К среднему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения. Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Верхнее звено

Отложения этого возраста представлены элювиальными, аллювиальными отложениями камышловской террасы, полигенетическими и делювиальными образованиями.

Аллювиальные отложения камышловской террасы (a^kIII) распространены по р.р. Пышма, Рефт, Кунара. Они слагают вторую, аккумулятивную надпойменную террасу с высотой поверхности от 5,5 м до 10-12 м над урезом реки. Ширина террасы от 20 до 600 м.

Строение аллювия двучленное. Нижняя его часть сложена песками полимиктовыми с гравием и галькой. Верхняя часть разреза сложена буровато-коричневыми глинами и

суглинками с прослоями темно-серых до зеленовато-серых илистых глин и глинистых, мелкозернистых полимиктовых песков.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен эпидотом и цоизитом – 62%, обыкновенной роговой обманкой – 28%, актинолит-тремолитом – 11%, сфеном – 2%, единичными зернами циркона, рутила, граната, апатита, лимонита. Палеогеографический коэффициент 0,05.

Спорово-пыльцевые спектры – светлохвойных лесов. Из травянистых растений встречены единичные зерна: Gramineae, Compositae, Artemisia sp., Polygonaceae, Polygonum bistorta L., Rosaceae.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, торфами горбуновского горизонта, залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность от 5 до 12 м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия камышловской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями соседних районов и определен как стрелецкий и ханмейский горизонты позднего неоплейстоцена.

Эллювиальные образования (eIII) встречаются спородически в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Приурочены к плоским вершинам холмов. Представлены продуктами физического выветривания коренных пород: суглинками и глинами со щебнем.

Залегают на мезозойских корах выветривания и коренных породах, перекрыты только современными палюстринными отложениями. Мощность от 0,1 до 1-2 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как поздний неоплейстоцен.

Полигенетические образования (pgIIIsv) широко развиты на выровненных междуречьях и геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Они представлены бурыми, коричнево-бурыми известковистыми глинами, суглинками и супесями. В верхней части разреза они слабо облессованы, в нижней – содержат неокатанные зерна кварца и карбонатные включения. Гранулометрический состав (в %): гравий – 4,3; песок – 8,6; алеврит – 80,2. Состав песка и гравия: кварц, полевые шпаты, обломки местных пород. Глинистая фракция представлена гидрослюдой. Тяжелая фракция представлена эпидотом и цоизитом, роговой обманкой, пироксенами, тремолит-актинолитом, сфеном, апатитом, лейкоксеном, цирконом, ильменитом.

Залегают на озерных, аллювиальных и озерных отложениях уйско-убоганской свиты, аллювии батуринской свиты, среднеуральском делювии, неогеновых и палеогеновых отложениях, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность колеблется от 2-3 до 6 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

Делювиальные отложения (dIIIsv) распространены на склонах гор и речных долин, под торфяными образованиями в понижениях современного рельефа.

Отложения представлены бурыми, серовато-бурыми, желтовато-бурыми песчаными глинами и суглинками со щебнем местных пород, с включением гравия и полуокатанной гальки кварца.

Североуральский делювий перекрывает аллювиальные отложения высоких террас, среднеуральский делювий, озерные, аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской и увельской свит, мезозойские коры выветривания. Мощность 2-3 м до 5 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст делювия определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

Верхнее звено – горбуновский горизонт голоцена

Отложения этого возраста представлены делювиальными и аллювиальными отложениями (d,aIII-Hgr). Наблюдаются по логам и мелким притокам рек.

Они представлены бурыми, желтовато-бурыми, буро-коричневыми, зеленовато-бурыми песчаными глинами, полимиктовыми песками с гравием, галькой и суглинками со щебнем местных пород и валунами.

Залегают на неогеновых ложковых отложениях, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность до 8 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин и россыпи золота.

Возраст отложений определен как поздний неоплейстоцен – горбуновский горизонт голоцена.

Голоцен
Горбуновский горизонт

Отложения горбуновского возраста представлены аллювиальными, озерными, озерными и палюстринными, техногенными образованиями.

Аллювиальные отложения русла и пойменных террас (aHgr) широко развиты по всем современным рекам и ручьям. Высота поверхности пойменных террас над урезом реки составляет до 3-4 м, ширина – от 10 м до 200-300 м.

Аллювий низкой и высокой поймы представлен серыми, голубовато-серыми песчаными глинами с прослоями разнозернистых, полимиктовых песков с галькой и гравием слабой степени окатанности. С глубиной количество песка и гравийно-галечного материала увеличивается до 60-70%, в базальном горизонте отмечаются валунно-галечные отложения.

Отложения русла представлены разнозернистыми, полимиктовыми песками и галечно-гравийным материалом.

По шлихам, отобранным из русловых частей рек, минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – от 23 до 60%, амфиболом – от 10 до 25%, гранатами – от 2 до 15%, магнетитом – от 6 до 16%, ильменитом – 3-10%, сфеном – 1-3%, цирконом – 1-2%, единичными зернами рутила, кианита, апатита, монацита, золота. Палеогеографический коэффициент меньше единицы.

Отложения залегают на аллювии камышловской террасы, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность до 15м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст датируется горбуновским горизонтом голоцена.

Озерные отложения (lHgr) приурочены к современным ваннам озера Куртугуз и другим. К ним относятся береговые и донные отложения современных озер, а также осадки заторфованных или высохших озер. Береговые отложения представлены глинистыми песками с галькой кварца и палеозойских пород, которые часто формируют озерные террасы, донные – иловатыми глинами и илами темно-серого цвета.

Залегают на озерных отложенияхверхнего звена, мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность до 5 м.

Возраст озерных осадков определен в объеме горбуновского горизонта голоцена.

Горбуновская свита. Она представлена озерными и палюстринными образованиями (l,plH*gr*), приуроченными к современным заболоченным пространствам.

Образования представлены иловатыми глинами с растительным детритом, илами. Палюстрий представлен торфом. Залегают на мезозойских корах выветривания, на аллювии и делювии позднего неоплейстоцена, породах палеозоя. Мощность до 5 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст озерных и палюстринных образований определен в объеме горбуновской свиты голоцена.

Палюстринные образования (plH*gr*) развиты очень широко особенно в северо-восточной части полигона и приурочены к современным заболоченным понижениям рельефа и плоским водоразделам. На площади находится значительное количество торфяников. Они образуются путем заростания озер, либо формируются в долинах рек, низинах и на участках избыточного увлажнения.

Палюстрий представлен торфами и иловатыми глинами.

Отложения залегают на озерных, аллювиальных и делювиальных отложениях позднего неоплейстоцена, неогеновых отложениях, мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность от 0,5 до 9 м.

С ними связаны месторождения торфа.

Учитывая перекрывание торфяниками всех других генетических типов четвертичных образований и согласно схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как горбуновский горизонт голоцена.

Техногенные образования ($tHgr^2$) занимают незначительные площади в районе г. Сухой Лог и вблизи других населенных пунктов. К ним отнесены рыхлые продукты отвалов горных выработок (карьеров), шлакоотвалов предприятий, свалки бытовых отходов (твердых и жидких, прудки очистных сооружений). Отвалы представлены глыбами, щебнем, супесями и суглинками со щебнем коренных пород. Мощность до 10 м.

Возраст техногенных образований определен как верхняя часть горбуновского горизонта.

3.3.2. Интрузивные образования

В пределах Сухоложского полигона распространены интрузивные образования разного возраста и состава. Во всех случаях эволюция магматизма во времени характеризуется гомодромной направленностью.

3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии

В западной части полигона встречена протрузия серпентинитов, трассирующая разрывное нарушение внутри Рефтинского массива габброидов. В западной части массива наблюдается обилие аналогичных пород, относимых исследователями к альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации среднеордовикского возраста. Данные породы, как правило, серпентинизированы в разной степени.

3.3.2.2. Раннедевонские интрузии

Интрузии этого возраста слагают Рефтинский массив. На территории Сухоложского полигона располагается восточная часть массива. Массив сложен породами трех фаз. Первая фаза представлена габбро, реликты которых слагают поля внутри Рефтинского массива. Габбро – разнозернистое, от мелкозернистых до пегматоидных с пятнистой, иногда трахитоидной текстурой. Основными минералами являются плагиоклаз, пироксен, роговая обманка. Породы несут следы интенсивной дислоцируемости, по отдельным зонам развивается травянисто-зеленый эпидот.

Основная часть массива сложена породами второй фазы габбродиоритами. Текстура пород – грубопятнистая.

Завершающей является третья фаза кислого состава, представленная тоналитами, плагиогранитами, аплитами. Обычно тела гранитоидов – мелкие, ветвящиеся. С ними сопряжены зоны ассимиляции, сложенные гибридными породами, по составу изменяющимися от габбро до кварцевых диоритов и тоналитов. Гранитоиды обычно слагают мелкие тела, рассредоточенные среди габброидов по всему массиву

3.3.2.3. Среднедевонские интрузии

Среднедевонские интрузии представлены сухоложским субвулканическим комплексом. Петрографический состав данного комплекса пестрый – от базальтов до риолитов. По объему преобладают базальты и андезибазальты, которые образуют тела с площадью выхода первые км. Субвулканические образования кислого состава обычно образуют мелкие тела в виде даек. Субвулканические породы слагают тела причудливой формы и подчинены, как правило, радиально-дуговым разломам вулканических построек.

Среди субвулканических образований сухоложского комплекса выделяются интрузии базальтов, андезибазальтов, андезитов, дацитов, риолитов. Обычно эти породы лучше раскристаллизованы, чем аналогичные породы субфации текучих лав, а также большим размером вкрапленников.

Интрузии андезибазальтов можно наблюдать к северо-западу от базы отдыха «Бережок» на левобережье р. Пышмы. Субвулканические андезиты встречаются на левобережье реки Пышмы в верховьях ручьев Устиниха и Рудянка. В этом районе формы тел интрузий удлиненные, размером до 1,5 км.

Интрузии дацитов и риолитов наблюдаются на интервале от реки Рудянка до устья реки Шата. Местами обнажающиеся эндоконтактовые зоны интрузий риолитов, в зависимости от состава вмещающих пород, сложены гибридными мелкопорфировыми дацитами, андезитами и риолитами.

3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне данные интрузии представлены бекленищевским субвулканическим комплексом. В составе комплекса выделяется две фазы. Первая фаза представлена габбродолеритами, долеритами и базальтами. Вторая фаза представлена породами кислого состава – риолитами и трахириолитами. Субвулканические образования представляют собой дайки и дайкообразные тела, ориентированные в близмеридиональном направлении. Вмещающими породами являются осадочные и вулканогенные образования. Породы первой фазы имеют темно-серую, черную, зеленовато-серую окраску. Характерные крупные вкрапленники пироксена и плагиоклаза. Риолиты и трахириолиты окрашены в светлые тона – белые, кремовые. Вкрапленники представлены кварцем, плагиоклазом.

В Рефтинско-Каменской подзоне интрузии раннекаменноугольного возраста представлены смолинским комплексом гипабиссальных габбродолеритов, долеритов. Морфологически данные породы представляют собой малые тела и дайки. Размер дайкообразных тел варьирует от первых десятков сантиметров до первых сотен метров по мощности и до 4 км по простиранию. Распространенность тел комплекса контролируется системой близ меридиональных разломов. Субвулканические образования, как правило, сложены однообразными по составу габбродолеритами в зонах закалки вблизи контактов с тонко-мелкозернистой структурой и средне-крупнозернистыми центральными частями.

3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии

К ранне-среднекаменноугольным интрузиям отнесен некрасовский комплекс. Комплекс включает три интрузивные фазы (габбро-диорит-гранитовый). В рамках Сухоложского полигона можно наблюдать только магматические породы третьей (заключительной) фазы внедрения в виде некрупного (площадью 0,3 км) саттелита и одиночными дайками. Граниты, слагающие интрузив, являются мелкозернистыми биотитовыми, иногда с округлыми, элепсовидными зернами кварца. Дайки представлены биотитовыми гранодиорит-порфирами.

В северном направлении от Сухоложского полигона наблюдается серия массивов некрасовского комплекса (Артемовский, Алтынайский).

3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии

В пределах Алапаевско-Айбыкульской подзоны различными исследователями выделялись маломощные тела и дайки и описывались как пикриты, керсантиты, миненета. Они характеризуются ультраосновным и основным составом в ассоциации с флогопитом, апатитом, иногда ортоклазом. Отличительной особенностью этих пород является высокое содержание редких земель цериевой группы (сумма редких земель 600-900г/т).

В районе р. Шаты среди пород сухоложской толщи изучены дайки мощностью до 2-3 м трахибазальтов с порфировыми выделениями клинопироксена и гидробиотита. Структура основной массы интерсертальная, в стекле много апатита и карбоната. Ранее эти дайки диагностировались как керсантиты. Порода имеет темно-серый цвет с зеленоватым оттенком, массивную текстуру, порфировую и мелкозернистую структуры. Дайки всегда имеют зоны закалки. Местоположение даек – левый берег р. Пышмы напротив Беленковской плотины и на левом берегу р. Шата в 1100 м от устья.

3.3.3. Тектоника

Характерной чертой геологического строения Сухоложского полигона является близмеридиональная ориентировка крупных тектонических структур в плане и слоисто-блоковое глубинное строение. По результатам интерпретации по Асбестовскому сейсмическому профилю, поверхность Мохо находится на глубине 37-39 км.

В изученном районе выделяется два структурных этажа, представленных структурно-тектоническими комплексами: ордовикско-триасовый (позднеуральский) и мезозойско-кайнозойский (урало-сибирский).

Как указывалось ранее, Сухоложский полигон находится на границе Рефтинско-Каменской и Алапаевско-Айбыкульской подзон. Границей подзон является крупный Тыгишский разлом меридиональной ориентировки. Вдоль Тыгишского разлома (ранее именуемое Рефтинской зоной смятия) породы рассланцованы, будинированы, милонитизированы, содержат протрузии серпентинитов (северней полигона), интенсивно переработаны гидротермальными процессами, в меньшей степени – экзогенными (линейное выветривание).

К Тыгишскому разлому торцово примыкает Рефтинский массив и Некрасовско-Маминский блок, представленный вулканогенными формациями среднего девона. Среди вулканитов встречаются пачки осадочных пород тонкозернистых фаций (свидетельство глубоководных условий).

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне выделено 4 блока. Для данной подзоны характерна устойчивая линейная форма блоков, близмеридиональная ориентировка, перемежаемость блоков, сложенных девонскими и каменноугольными образованиями.

В западном направлении выделяется Куртугузский блок, представленный осадочно-вулканогенными образованиями нижнего карбона, интенсивно и неравномерно дислоцированными.

Сухоложский блок сложен преимущественно вулканитами среднего девона. Здесь уверенно картируются фации вулканитов, в том числе выделена серия вулканических построек центрального типа. С вулканитами ассоциируют реликты коралловых рифов с обилием колоний строматопор. Положение рифовых построек позволяет отнести их к береговым барьерным рифам. В меньшем объеме представлены верхнедевонские морские образования – кремнистые, сменяющиеся во времени прибрежно-морскими грубообломочными. Толщи осадочных пород неравномерно смяты в систему пологих гребневидных и крутых складок. Вдоль осевых плоскостей складок обычно сформированы зонки дробления и брекчирования.

Кунарский блок сложен нижнекаменноугольными терригенно-угленосными (прибрежными) образованиями. Разрез наращивается морскими карбонатными образованиями того же возраста. На р. Кунара в мелких тектонических блоках локализованы прибрежно-морские отложения среднекаменноугольного возраста. Породы неравномерно смяты в складки, особенно интенсивно вблизи разрывных нарушений.

Буланашский блок представлен вулканитами среднего девона. О его строении мало данных, так как он перекрыт чехлом молодых отложений.

Помимо главных (меридиональных) разломов в описываемом районе широко развиты разрывные нарушения разной ориентировки, возраста и морфологии. Для вулканогенных структур характерна радиально-кольцевая система разломов. Наиболее молодые разломы имеют близширотное простирание. Разломы выражаются зонами смятия, рассланцевания, тектоническими брекчиями, зеркалами скольжения, уступами в рельефе, водопадами, логами, линейными карстовыми формами. Нередко разломы залечены дайками и жилами.

Мезозойско-кайнозойский структурно-тектонический комплекс сформирован в условиях платформенного режима и представляет собой чехол молодой платформы. На начальной платформенной стадии континентального рифтогенеза в районе сформировалиль грабенообразные прогибы, сопровождающиеся образованием риолит-платобазальтовой формацией (за пределами полигона).

С этим этапом, по видимому, связано формирование малых тел лампроитоидов на «плечах» грабенообразных впадин. Впадины выполнены красноцветными угленосными осадками челябинской серии, со сменой сероцветными в верхних частях разреза.

Реликты подобных впадин имеют место в Буланашском блоке в восточной части геополигона.

На водоразделах в юре и мелу сформировались коры выветривания. Синхронно происходило развитие карста. В пределах карстовых полостей произошло накопление меловых отложений (песчано-глинистых). Средняя (основная) часть платформенного чехла представлена морскими отложениями верхнего мела, палеоцена-эоцена. Верхняя часть чехла сформировалась в миоцене, после регрессии моря.

3.3.4. Гидрогеология

Среди подземных вод Сухоложского района выделяются четыре главных типа: трещинные, трещинно-карстовые, пластово-трещинные и пластово-поровые.

Первые два типа подземных вод приурочены к области распределения пород палеозойской эратемы, а пластовые воды фиксируются среди толщ кайнозойских отложений.

Собственно-трещинные воды развиты в основном среди толщи эффузивных пород девонского возраста и в меньшей степени среди песчано-сланцевых пород каменноугольного возраста: водообильность указанных пород небольшая, что определяется по дебиту источником, который обычно не превышает 0,1-0,2 л/с. Наибольшая водообильность локальной зоны, тяготеющей к тектоническим нарушениям в массивных породах.

Трещинно-карстовые воды приурочены к известнякам визейского яруса, отличаются большим расходом источника, который достигает 15-25 л/с. За счет подземных вод этого типа проектируется водоснабжение города Сухой Лог, здесь дебит скважин, побурненных в визейских известняках, достигает 55 л/с.

Пластово-поровые воды концентрируются в четвертичных песках и палеозойских песчаниках, образуя источники с дебетом до 5 л/с.

Пластово-трещинные воды карбонатных и терригенных пород дают многочисленные источники с колебаниями дебита от 0,05 до 0,3 л/с.

3.3.5. Геоморфология

Согласно геоморфологическому районированию, проведенному А.П.Сиговым (1962, 1969), рассматриваемая территория расположена в пределах двух геоморфологических районов – отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Граница между районами проходит по пос. Алтынай, западной окраине пос. Курьи и восточной окраине д. Кашино.

Отпрепарированный Зауральский пенеплен – это почти плоская, иногда слабо волнистая денудационная равнина, полого наклоненная с запада на восток от абсолютных отметок 220 до 160 м. Выравивание этой поверхности произошло в юрском периоде. В период морских трансгрессий мела и палеогена эта территория покрывалась морем. Затем, под воздействием денудации чехол морских осадков был смыт и на дневную поверхность был снова выведен древний мезозойский пенеплен. За новейший тектонический этап территория испытала поднятие на 150 – 200 м.

Континентально-морская цокольная равнина – это типичная равнина с плоскими, часто заболоченными междуречьями. Породы фундамента здесь перекрыты толщей морских и континентальных мезо-кайнозойских отложений. Мощность их увеличивается с запада на восток от первых метров до 70 м.

Основными морфологическими элементами этого района являются плоские котловины, разделенные небольшими грядками с относительным превышением 0,5 – 1.5 м. Возраст цокольной равнины послеэоценовый. В неотектонический этап произошло поднятие территории на 100 – 150 м.

В результате проявления неотектонических поднятий на оба типа рельефа наложился эрозионно-аккумулятивный рельеф новейшего этапа. Основными формами рельефа этого типа являются междуречья и речные долины.

Формы рельефа междуречий описаны при характеристике поверхностей отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Что касается речных долин, то они четко подразделяются на две группы: долины крупных рек и долины малых рек. К первой группе относятся долины рр. Пышмы, Рефта, Кунары; ко второй – их многочисленные притоки (речки Мокрая, Рудянка, Знаменка, Брусяна, Шата, Усолка и др.).

Долины крупных рек прорезают описанные выше геоморфологические районы в широтном и субширотном направлении Характер речных долин резко меняется в зависимости от положения в том или ином геоморфологическом районе.

В пределах Зауральского пенеплена долины крупных рек глубоко врезаны (45 – 50 м), часто имеют каньонообразный поперечный профиль. Склоны долин слабо террасированы, характерны врезанные меандры. Даже высокая пойма часто бывает цокольной.

В пределах цокольной равнины долины крупных рек расширяются (до 1.5 – 2 км), имеют ящикообразный поперечный профиль. Склоны их террасированы. Наблюдается до четырех надпойменных террас. В придолинных склонах и на междуречьях встречаются "мертвые " долины, не связанные с современной гидросетью.

Долины малых рек не в такой степени изменчивы от их положения в пределах разных геоморфологических районов как долины крупных рек, ибо все они имеют, в основном, меридиональное и субмеридиональное направление. В верховьях почти все долины малых рек имеют вид ложбин или лощин, в средней части они, как правило расширяются, появляется террасированность склона (1 – 2, максимум 3 террасы), в низовьях долины малых ренк в большинстве случаев сильно сужены, имеют V-образный поперечный профиль. Продольный профиль долин малых рек не выработан (порожистое, каменистое русло, водопады). Расширение и сужение долин связано с особенностями литологического состава пород, а также с проявлениями новейших и современных тектонических движений локального характера.

3.3.5.1. Речные террасы

В долинах крупных рек Сухоложского района прослеживается два комплекса террас: пойменные и надпойменные. К пойменным террасам относятся низкая и высокая поймы, а остальные – надпойменным.

Низкая пойма прослеживается в виде прерывистых полос по обеим сторонам русла в пределах цокольной равнины и фрагментарно – в пределах пенеплена. Ширина ее от первых метров до первых сотен метров, высота – от 0.5 до 1.0 м. Небольшие острова в руслах рек в большинстве случаев относятся к пойме. Низкая пойма всегда аккумулятивная, сложена осадками русловой фации – песками, галечниками. Возраст отложений низкой поймы позднеголоценовый.

Высокая пойма развита повсеместно. Высота ее колеблется от 0.8 до 3 м, ширина достигает 200 м. На поверхности высокой поймы часто прослеживается несколько уступов, высота которых не превышает 0.5 – 0.7 м. Высокая пойма в большинстве случаев аккумулятивная. Наблюдается четкая дифференциация осадков поймы: верхи сложены песчано-глинистыми осадками пойменной фации, а низы - гравийно-песчано-галечными осадками русловой фации. Осадки высокой поймы датируются ранним голоценом (3 – 10 тыс. лет).

Первая надпойменная терраса. Ширина террасы достигает 300 м, высота – от 3 до 6 м. Поверхность террасы ровная, обычно слегка наклонена в сторону тылового шва. Прослеживается терраса фрагментарно. Возраст первой надпойменной террасы 12 – 20 тыс. лет (верхи позднего плейстоцена).

Вторая надпойменная терраса имеет ограниченное распротранение в области Зауральского пенеплена и значительное – в области цокольной равнины.

В пределах Зауральского пенеплена терраса чаще всего эрозионно-аккумулятивная (цокольная), где высота цоколя колеблется от 1 до 5 м.

В пределах цокольной равнины терраса аккумулятиная. Разрез террасы четко дифференцирован на фации (русловая, пойменная). Возраст террасы – низы позднего плейстоцена (70 – 100 тыс. лет).

Третья надпойменная терраса имеет весьма ограниченное распространение, слабо изучена. Терраса всегда эрозионно-аккумулятивная. Высота поверхности террасы над урезом реки 12 -–20 м, цоколя – 8 –15 м.Возраст террасы – верхи среднего плейстоцена.

Четвертая надпойменная терраса развита очень широко по крупным рекам района в пределах цокольной равнины. Высота поверхности террасы над урезом реки колеблется от 5 до 35 м. Терраса сложена грубым псчано-гравийным материалом полимиктового состава с диагональной слоистостью. Возраст данной террасы – средний плейстоцен (200 тыс. лет).

В долинах малых рек прослеживаются 1 –2 (максимум 3) террасы голоценового возраста и одна (максимум 2) позднеплейстоценовые террасы.

Из малых эрозионных форм рельефа в Сухоложском районе широким развитием пользуются балки , ложбины, лощины, а в пределах цокольной равнины – овраги.

Широким развитием пользуются **конусы выноса**. Их возраст голоценовый.

3.3.5.2. Карстовые формы рельефа

Современный карст на территории Сухоложского района развит ограниченно. Небольшие участки его отмечены на междуречье рек Пышмы и Кунары, главным образом, на склонах речных долин, где карстующиеся породы (известняки) непосредственно выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений.

Формы современного карста: западины, воронки, пещеры.

Западины – понижения (блюдца) глубиной до 2 м и диаметром до 50 м (суффозионно-карстовый тип рельефа).

Воронки – углубления округлой, овальнлй или неправильной формы. Размер колеблется в широких пределах: глубина – 2 –15 м, даметр – до 30 м.Образование карстовых воронок обуславливается наличием зон повышенной трещиноватости и контактов известняков с терригенной толщей. По происхождению различают: провальные воронки, воронки выщелачивания и просасывания.

Пещеры – крупные пустоты в породах. Встречаются по рекам Пышме и Кунаре в пределах площадей развития известняков. Пещеры небольщие, обычно в виде ниш (пешера Гебауэра и др.).

Древний погребенный карст в современном рельефе не выражен, вскрывается карьерами, буровыми скважинами. Основные формы древнего карста – воронки и котловины. Воронки выполнены континентальными отложениями мела. Образование древнего карста района происходило, в основном в мезозое.

3.3.6. Полезные ископаемые

В описываемом районе имеются месторождения полезных ископаемых различных типов: горючие, металлические, неметаллические и строительных материалов.

3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые

Горючие полезные ископаемые района представлены месторождениями и проявлениями каменого угля. Открытие каменного угля в районе с. Сухоложского относится к 1947 г. Было установлено, что наиболее значительные скопления каменного угля приурочены к двум горизонтам терригенной толщи ранневизейского возраста. Проявления угля представляют собой линзообразные включения среди углисто-глинистых и углистых сланцев. Хотя подсчитанные запасы угля весьма значительны, изменчивость угленосности по мощности, простиранию и падению, а также интенсивной дислоцированностью слоев не позволяет вести здесь добычу в промышленных масштабах.

3.3.6.2. Металлические полезные ископаемые

Металлические полезные ископаемые района представлены проявлениями железных, медных и алюминиевых руд, а также россыпей золота.

Железные руды района представлены лимонитами инфильтрационного происхождения (алапаевского типа). Лимониты приурочены к основанию “беликовой” толщи и обычно располагаются в понижениях карстового рельефа нижнекаменноугольных известняков. Лимониты встречаются в Кашинском руднике на левом берегу реки Кунары, в 200 метрах западнее южной окраины села Кашино. Рудник представлен карьером размером 200х300 м. и глубиной до 30 м. Бурые железняки образуют гнездообразные тела, приуроченные к низам беликовой толщи, залегающей на закарстованной поверхности известняков.

Также лимониты имеются в Свято-Чудовском месторождении, который расположен в верхней части правого склона долины реки Кунары против северо-восточной окраины села Кашино. Формы залегания лимонита те же, что на Кашинском руднике.

Бокситы (руда на алюминий) были обнаружены южнее курорта Курьи в 1943 году. Данные геологоразведочных работ, проведенных с целью поисков и разведки бокситов, свидетельствует о том, что рудные тела мощьностью до 5 метров залегают на глубине 6-20 м. от поверхности и имеют карстовое ппроисхождение.

Медно-сульфидная минерализация в районе была впервые отмечена в 1950 г. в риолитах на левом склоне долины р. Пышмы в 520 м. выше Сухоложской плотины. Рудная минерализация представлена в основном пиритом и халькопиритом.

Полиметаллическая минерализация. В районе устья реки Каменки в левом борту реки Пышмы встречаются обломки карбонатных пород с пиритом, сфалеритом, халькопиритом и галенитом. В двух км севернее устья реки Каменки была пройдена линия поисковых скважин, в одной из которых среди андезитов и долеритов порфировых и микрокварцевых была встречена сульфидная минерализация, представленная жилками пирита мощностью до двух см., вкрапленники халькопирита, галенита. Серноколчеданная и полиметаллическая минерализация простирается разобщенно. Сфалерит, халькопирит и галенит приурочены к доломитовым прожилкам, представляют полиметаллический тип оруденения.

Золото в коренном залегании известно в верхнем течении реки Рефт за пределами исследуемой территории. В шлиховых пробах оно встречено на р.р. Рудянка, Пышма, Брусяна, Каменка.

Серный колчедан. Пиритная минерализация широко распространена в ряде пунктов в породах самого различного состава и генезиса. Она известна в порфировых риолитах на р. Рудянке и на правом берегу р. Пышмы у базы практики, в вулканитах на р. Рефт, в риолитах ближе устья р. Шаты, в туфах андезитов, базальтов, а также в

конгломератах левого берега р. Каменки против д. Валовой. Колчеданная минерализация имеет гидротермальное происхождение.

3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые

Неметаллические полезные ископаемые в районе представлены незначительными проявлениями исландского шпата и жильного кварца.

Исландский шпат. Кристаллы и друзы прозрачного кальцита встречаются в известняковом карьере на левобережье р. Пышмы в 0,5 км к юго-востоку от пещеры Гебауэра и в известняковом карьере цементного завода (в 2-х км к юго-востоку от ст. Кунара). Размеры кристаллов достигают 3 см.

Жильный кварц известен в левом склоне долины р. Пышмы между автодорожным мостом и д. Глядены. Качество его не высокое, запасы не известны

3.3.6.4. Строительные материалы

В Сухоложском районе имеются проявления строительных материалов, а также сырья, пригодного для производства строительных материалов. К ним относятся известняки, огнеупорные, цементные и кирпичные глины, опоки, песчано-гравийный материал, природный щебень и бутовый камень.

Известняки распространены в районе чрезвычайно широко. Обнажения их прослеживается вдоль р. Пышмы от г. Сухого Лога до пос. Курьи и по р. Кунара от с Кашино до с. Заимка. Добыча известняков для производства цемента производилась на Кунарском карьере известняков. На Ново-Сухоложском месторождении производится добыча цементных глин и аргиллитов среди терригенных пород нижнего карбона. На Курьинском месторождении разрабатываются эоценовые трепела и опоки.

Глины. Месторождения глин в Сухоложском районе достаточно разнообразны. Цементные и кирпичные глины разведаны на правом берегу р. Пышмы к югу от ж/д линии, где они образуют покров мощностью 6-10 м. огнеупорные глины добывались на водоразделе рек Пышма и Кунара в районе д. Кашино. Разработка шла шахтным, а затем открытым способом. На правом берегу реки Кунара известны белые каолиновые глины.

Кроме того, в районе известны месторождения строительных песков и глин, песчаников и конгломератов, опок и трепелов, минеральных красок.

3.3.6.5. Подземные воды

Полоса карбонатных пород шириной около 4,5 км между реками Пышма и Кунара образует самостоятельную гидравлическую систему, которая выделена в качестве Кашинского месторождения подземных вод. Площадь месторождения составляет 24 км^2. В пределах Кашинского месторождения находится несколько водозаборов и родник Сухоложской бумажной фабрики. Основной водоотбор происходит на Кунарском карьере известняков. На всех водозаборах Кашинского месторождения подземных вод отбирается 7,8 тыс. м^3/сут.

3.4. Экологическая характеристика района

Оценка экологической ситуации производится на всех стадиях геологоразведочных работ, поэтому на практике студенты обязаны приобрести необходимые навыки подобной оценки.

Сухоложский геополигон согласно геоморфологическому районированию находится в двух геоморфологических районах: отпрепарированном Зауральском пенеплене (западная часть) и континентально-морской цокольной равнине (восточная часть).

На полигоне выделяется три морфологических типа природных ландшафтов: денудационная равнина, цокольная равнина, долины крупных и малых рек. Из техногенных ландшафтов выделены два типа: техногенно-образованные и техногенно-измененные. К первым относятся карьерные поля, отстойники, торфоразработки. Ко вторым отнесены промышленные зоны городов, поселков, загрязненные участки почвогрунтов, поверхностных вод.

Денудационная равнина характеризуется плоскими междуречьями с пологим уклоном местности от 207 м на западе до 170 м на востоке с узкими коньонообразными долинами. Район имеет сложное геологическое строение. Развиты магматические и осадочные породы. Район относится к лесостепной зоне. Леса сосновые и березово-сосновые. Почвы дерново-подзолистые, реже лугово-болотные.

Цокольная равнина характеризуется плоским рельефом с уклоном от 170 до 137 м. В геологическом строении преобладают осадочные породы, в том числе мезозоя и кайнозоя. Почвы дерново-подзолистые, серые лесные, луговые и болотистые.

Долины рек (Пышма, Рефт, Кунара) проходят транзитом через всю территорию полигона. По долинам развит пойменный и террасовый комплекс. Характерны скальные выходы коренных пород, боковая и глубинная эрозия. Реки часто зарегулированы системой прудов. Почвы в речных долинах аллювиальные и торфяно- подзолистые. Растительность лугово-кустарниково-лесная.

Техногенно-измененные ландшафты – это в основном промышленные и служебные зоны городов и других населенных пунктов. Наиболее крупным населенным пунктом является г. Асбест с промышленными объектами. Наиболее вредным объектом для окружающей среды является цементный завод с большими объемами выбросов пыли. Дорожная сеть развита в основном в черте населенных пунктов. Внешние транспортные артерии представлены автодорогами и железными дорогами местного значения. Вдоль трасс выделяются линейно вытянутые линейные техногенные аномалии.

Естественный режим многих рек изменен созданием на них прудов и водохранилищ, вдоль береговой линии которых развиваются оползневые процессы.

Наиболее загрязненной рекой является р. Пышма из-за промышленных и хозяйственно-бытовых стоков г. Екатеринбурга, Березовска, В.Пышмы. В воде р. Пышма зафиксированы тяжелые металлы, фенолы, фтор, мышьяк, медь с концентрациями превышающими нормы.

К промышленному загрязнению окружающей среды добавляется загрязнение атмосферы, почв, гидросферы выбросами Рефтинской ГРЭС. Протяженность выброса загрязняющих веществ Рефтинской ГРЭС составляет 30 км (след загрязнения зафиксирован в зимний период по космическому снимку), т.е. загрязняются почвы до г. Сухой Лог.

Сельскохозяйственная освоенность территории составляет четвертую часть площади (в основном пригородно-овоще-картофеле-молочные направления). Навозохранилища, склады ГСМ и удобрений, свалки, шлакохранилища, накопители очистных сооружений дают начало локальным природным и природно-техногенным аномалиям.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение производится из скважин и родников. Динамика изменения состава подземных вод в процессе эксплуатации скважин свидетельствует об увеличении минерализации в 1,1-2,3 раза за счет увеличения концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов.

Карьерные воды эксплуатируемых месторождений строительных материалов по данным мониторинга также изменяют свой состав. На Кунарском карьере известняков зафиксировано увеличение содержания сульфат иона в результате аэрогенного загрязнения серной кислотой от выбросов завода «Вторцветмет» (г. Сухой Лог) и окисления сульфидных минералов в техногенной зоне аэрации. Загрязнителями подземных вод являются также свалки бытовых отходов. При отработке карьеров в процессе понижения уровня подземных вод формируется техногенная зона аэрации. Восстановительные условия сменяются окислительными, что приводит к окислению сульфидов коры выветривания и загрязняющих соединений в теле свалки и переводу их в растворимые формы.

В затопленный карьер рудника «Белая глина» производится сброс производственных стоков Сухоложского завода мостовых и дорожных конструкций. Стоки содержат повышенные концентрации нефтепродуктов, хлоридов, сульфатов. Вся сбрасываемая вода поступает в подземные воды.

Влияние экзогенных процессов на экологию среды незначительное. На локальных участках наблюдается оврагообразование. В долинах рек происходят малоактивные процессы донной и боковой эрозии. Небольшие оползни зафиксированы по крутым берегам прудов. Вблизи озер и прудов отмечено заболачивание. В пределах развития карбонатных пород установлено карстообразование. При бурении скважин карстовые формы вскрыты до глубины 117 м. Максимальная закарстованность проявлена в верхней части разреза (до 30-50 м), что соответствует глубине вреза долины р. Пышмы – основной дрены района. Карстовые воронки и полости развиваются в известняках по трещинам напластования и кливажа. Наиболее глубоко в толщу известняков проникает мезозойский карст. Он, как правило, залечен глинистым и песчаным материалом. Открытые карстовые полости, образовавшиеся в четвертичное время, встречаются до глубины 45-50 м. Положение карстовых форм необходимо учитывать при строительстве сооружений, мостов, линий ЛЭП.

Студентам предлагается провести экологическое районирование в рамках выделенных полигонов по степени влияния техногенных изменений на природный ландшафт. Для этого рекомендуется использовать классификацию из 4 групп.

1. Изменения не превышают 10% территории (не измененные).
2. Изменения составляют 10-25% территории (слабо измененные).
3. Изменения составляют 25-50% территории (средне измененные).
4. Изменения составляют более 50% территории (сильно измененные).

Рекомендуемая литература:

Изданная

1. Горский И.И. **Детальная геологическая съемка с. Сухоложского.** / Тр. Геолкома, вып. 182, 1928.
2. Кейльман Г.А., Желобов П.П. и др**. Учебная геологосъемочная практика.** Учебное пособие. - Свердловск: Изд. СГИ им. В.В.Вахрушева, 1981.
3. Козин А.В. **Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье.** Учебное пособие.-Екатеринбкрг: Изд.УГГГА, 2004.
4. **Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1: 50 000.** /Под редакцией Купмана А.С. – Л.: Недра, 1978.
5. Огородников В.Н. и др**. В краю потухших вулканов.** Учебное пособие. -Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1997.
6. Огородников В.Н. и др**. Геологические маршруты по Сухоложскому и Каменскому полигонам**. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002.
7. **Наставления по сбору и изучению палеозойских кораллов.** – М.: Наука, 1964.
8. **Наставления по сбору и изучению брахиопод.** – М.: Наука, 1962.
9. **Полевая геология: справочное руководство.** - Л., Недра, 1989.
10. Сигов А.П. **Геоморфология Урала.** – В сб.: Геология СССР, т. ХП, ч. 1, кн. 2. –М.: Недра, 1969.

Фондовая

1. Олерский В.П. и др. **Геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1: 50 000 групповым методом Рефтинской площади.** –Свердловск, 1978.
2. Рыбалко В.А. и др. **Геологическое доизучение масштаба 1: 200 000 Адуйской площади, лист О-41-XXVI (Среднеуральская серия).** – Екатеринбург, 2002.

Приложение 1

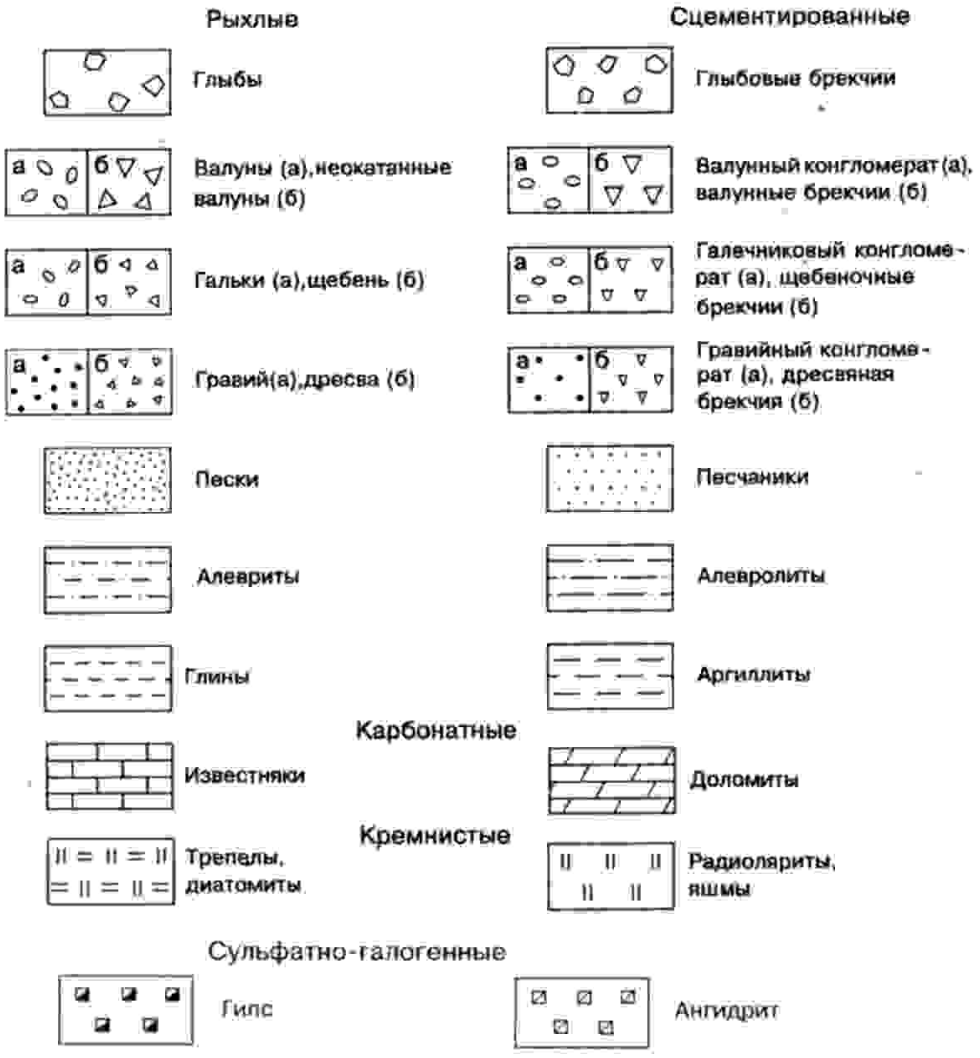
План описания пород различных типов

Осадочные	Вулканогенные	Магматические
• Характер чередования типов пород по вертикали	• Характер чередования типов пород по вертикали	• Минеральный состав
• Тип переслаивания, ритмичность	• Тип переслаивания, ритмичность	• Полосчатость, линейность, их залегание
• Мощность образований общая	• Мощность образований общая	• Включения, ксенолиты, стяжения, пустоты, размер, ориентировка
•Характеристика специфических образований	•Характеристика специфических образований	• Границы фациальных зон
• Степень литификации	• Элементы залегания флюидальности, порфировых выделений, обломков	• Эндоконтактовые зоны
• Зернистость, размеры и форма зерен, их минеральный состав	• Состав, форма и размеры порфировых выделений, содержание	• Вторичные изменения
• Обломки пород, их состав, форма, окатанность, содержание, сортировка, ориентировка	• Включения, форма, размеры, окатанность, рспределение по породе, содержание	
• Пористость, пустоты заполнения	• Основная масса, раскристаллизация, количество стекла, структура	
• Цемент, его состав, тип выполнения, содержание	• Характер дислокаций, трещиноватость	
• Вещественный состав (карбонатность, углистость, прожилки …)	•Литокристалло-класты, форма, размер, сортированность, содержание	
• Запах, его интенсивность	• Обломки пород, состав, размер, форма, окатанность, содержание	
• Наличие и состав конкреций, стяжений, включений	• Цемент, структура, состав, тип выполнения, содержание	
• Органические остатки, сохранность, внешний облик, распределение	• Вторичные изменения (изменения окраски, структуры, состава, свойств)	

Метаморфические	Метасоматические
• Минеральный состав, форма и размер зерен	• Минеральный состав, форма и размер зерен
• Сланцеватость, кливаж, элементы залегания, соотношение кливажа с полосчатостью	• Метаморфическая зональность, ее направленность, интенсивность
• Изменения минералов и породы	• Название первичной породы
• Фация метаморфизма	
• Первичная порода	
• Ультраметаморфизм	

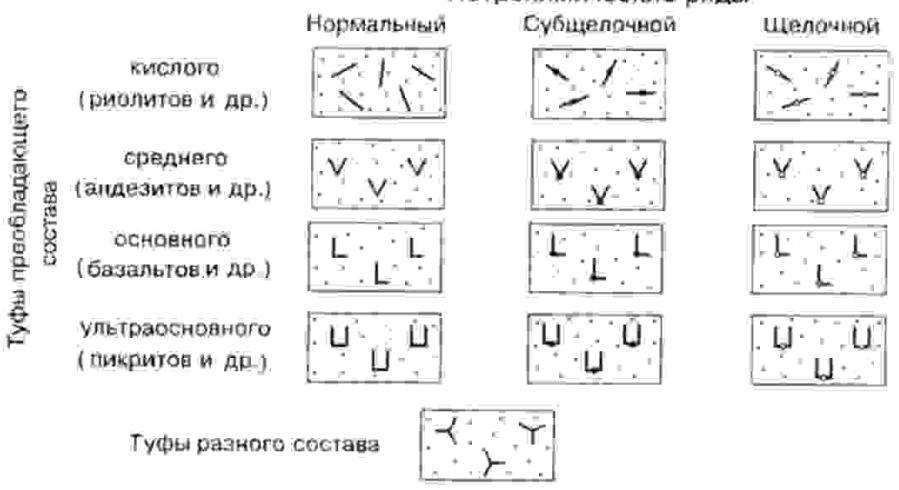
Условные обозначения:

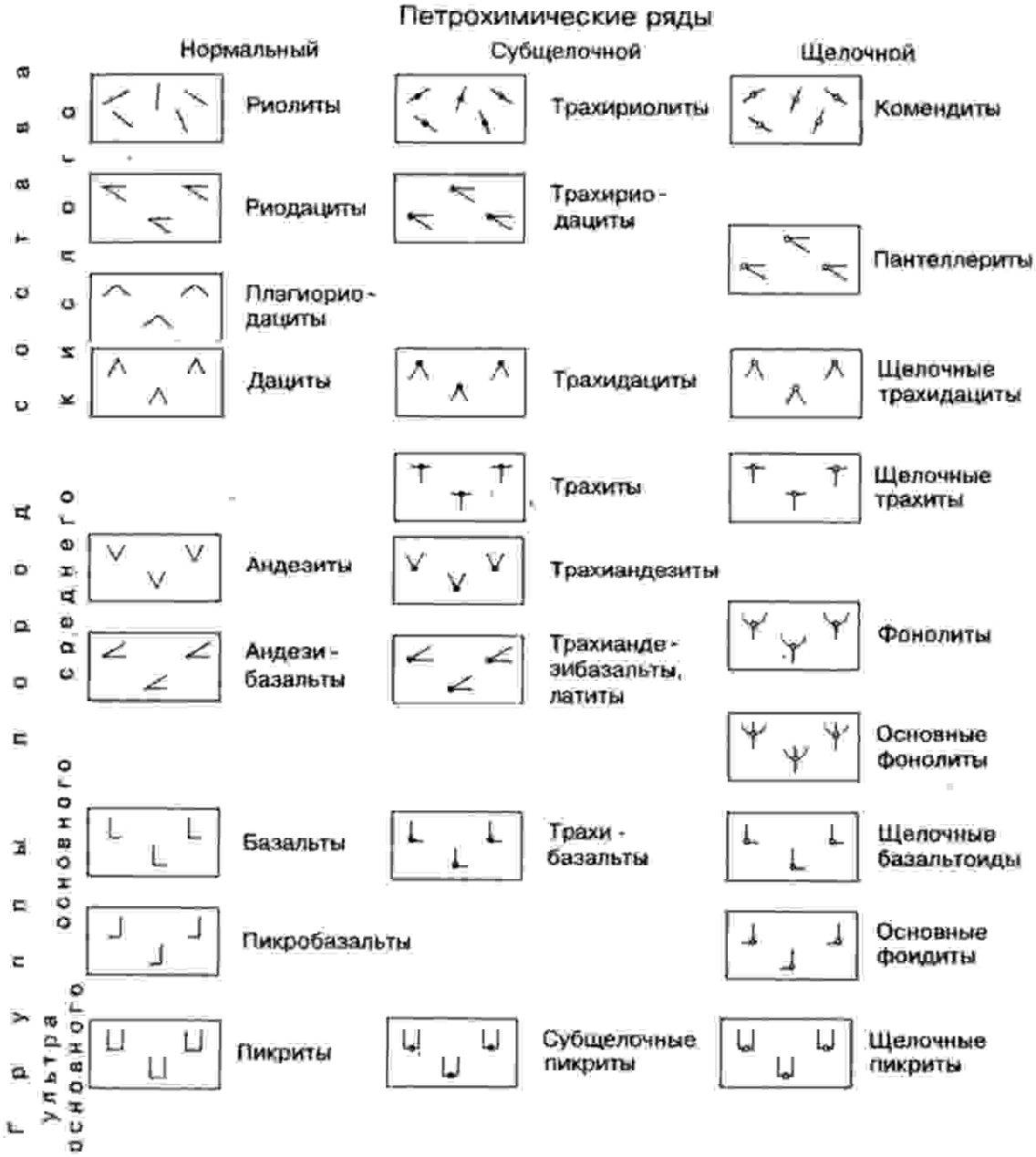
Обломочные и глинистые породы разного состава



ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

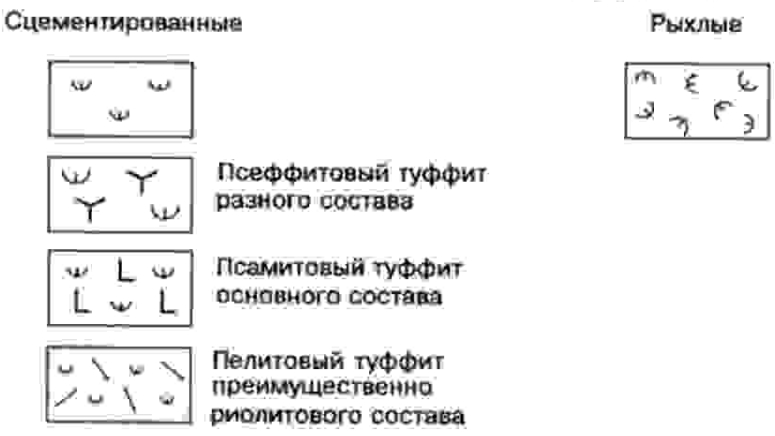
Эксплозивно-обломочные породы сцементированные (туфы)





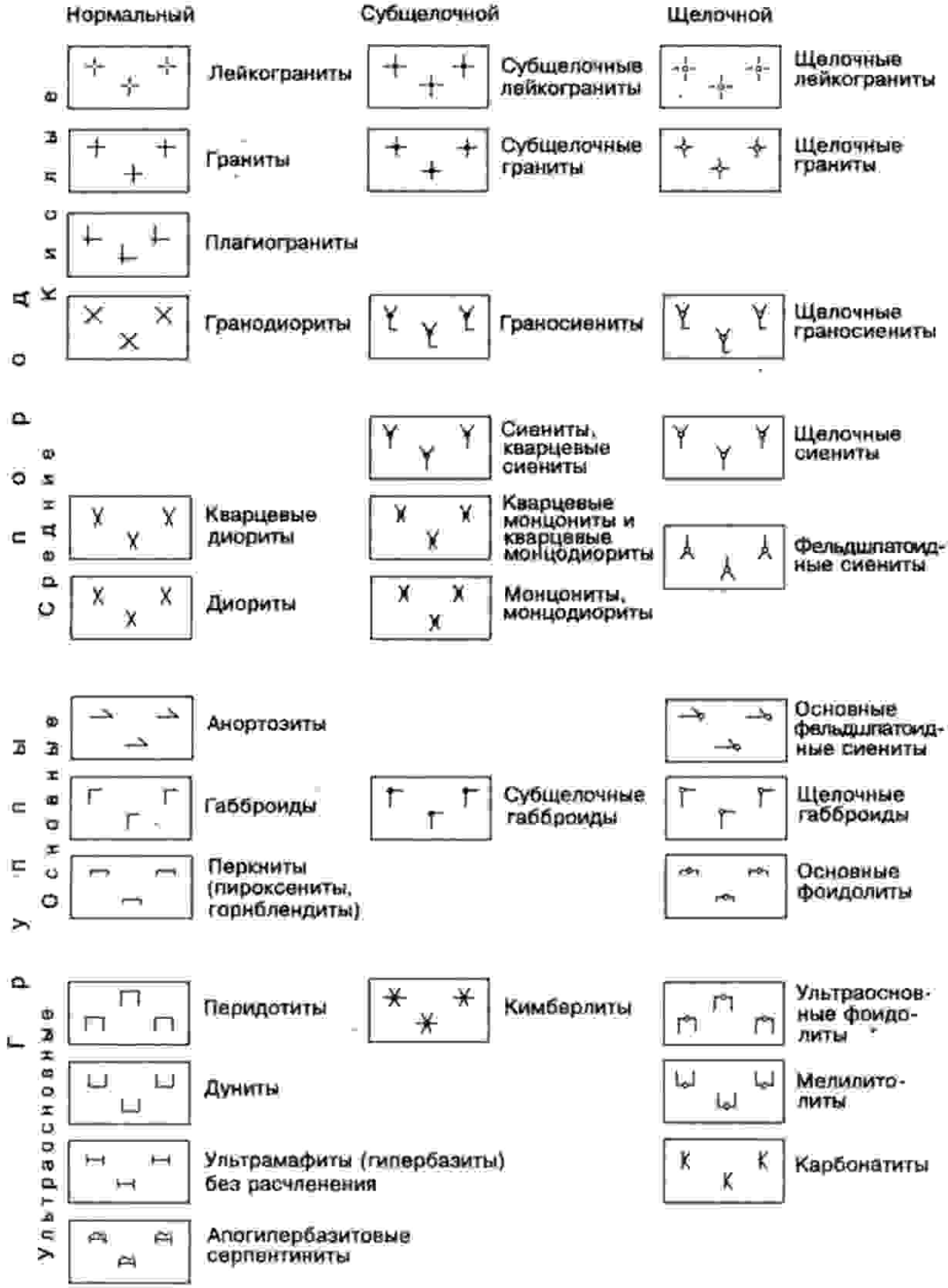
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочно-пирокластические породы (туффиты)



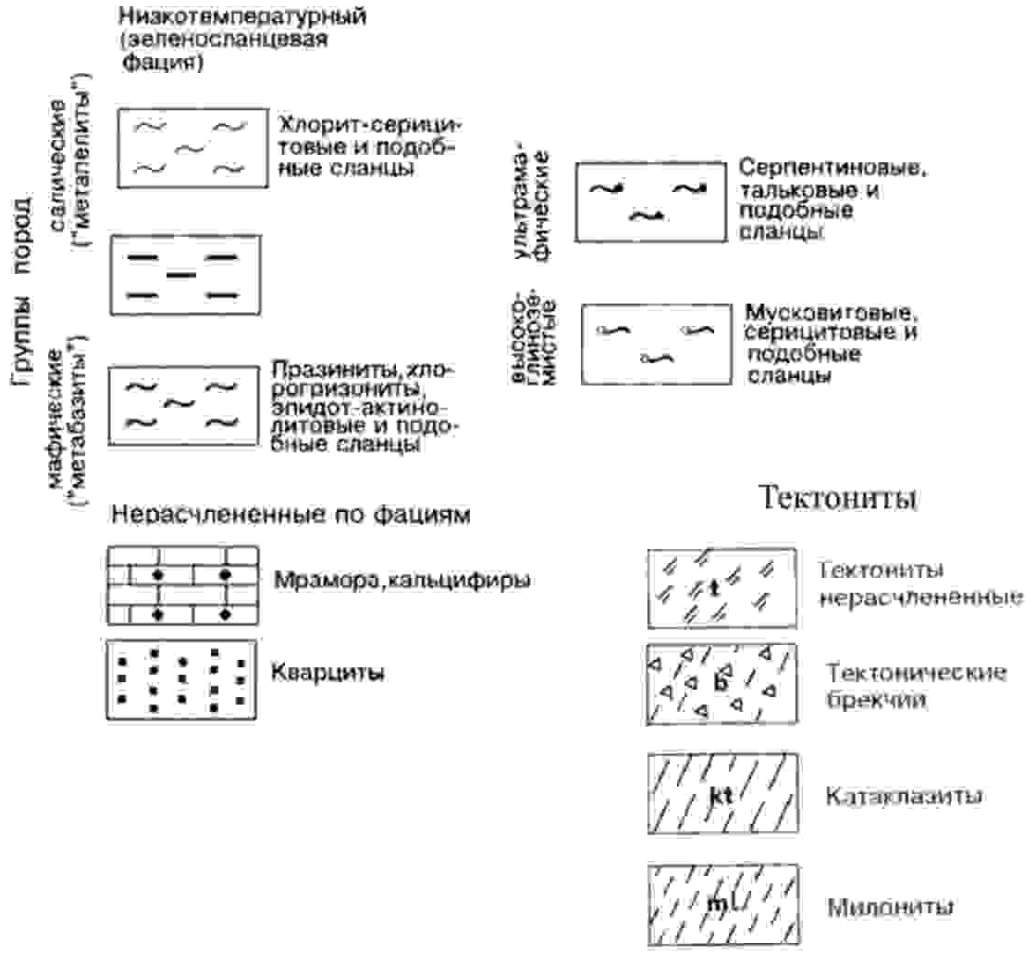
СЕМЕЙСТВА ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД

Петрохимические ряды



Порфировые породы обозначаются комбинацией знаков видов или разновидностей пород с точками

Метаморфические породы



СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____ В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.03 Технология геологической разведки

Автор: Козьмин В.С, доцент, к.г.-м.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1.	ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2.	СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ	6
3.	СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
	3.1. Введение	7
	3.2. Общие сведения о районе работ	8
	3.2.1. Географо-экономическая характеристика	8
	3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ	8
	3.3. Геологическое строение района	9
	3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)	9
	3.5. Методика и объемы проектируемых работ	10
	3.5.1. Целевое геологическое задание	10
	3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ	11
	3.5.3. Прочие виды работ	12
	3.5.4. Опробование и аналитические работы	12
	3.5.5. Подсчет прогнозных ресурсов и запасов и их геолого-экономическая оценка	13
	3.6. Заключение	15
	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа	18
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец оформления штампа на листах графики	19

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта по дисциплине «Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых» является формирование у будущих специалистов системы знаний, раскрывающих методологию решения геологоразведочных задач и принципы геолого-экономической оценки месторождений.

Проектирование является сложным и ответственным видом работ. От качества проекта на производство геологоразведочных работ во многом зависит их конечный результат. Во время обучения в вузе основное внимание уделяется ознакомлению с новой информацией, большей частью теоретического характера. Молодой специалист, оказавшись на производстве, остро ощущает недостаток практического опыта. В первую очередь это касается необходимости принимать самостоятельные инженерные решения, направленные на выполнение геологического (технического) задания. Составляя курсовую работу, студенты приобретают определенные навыки в проектировании геологоразведочных работ, необходимые в дальнейшем для разработки выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) и будущей профессиональной деятельности.

Курсовая работа выполняется студентами 5-го курса на базе материалов, собранных при прохождении преддипломной производственной практики. При отсутствии необходимых данных, требуемых для составления работы, сведения предоставляет кафедра. В том случае, если студент располагает достаточно представительным материалом, позволяющим произвести его углубленную обработку с использованием современных компьютерных технологий и на этой основе рассмотреть те или иные вопросы, составление проекта может быть заменено решением той или иной методической задачи геологоразведочной направленности.

Для подготовки курсовой работы студенты во время прохождения производственной практики должны собрать необходимые графические и текстовые материалы. Графические материалы включают: 1) геологическую

карту района работ в масштабе 1:50 000, 1:100 000 или 1:200 000 с разрезами, стратиграфической колонкой и условными обозначениями (легендой); 2) геологическую карту (план) месторождения (рудного поля) масштаба 1:25 000, 1:10 000 или крупнее; 3) геологические разрезы по месторождению или его части; 4) план подсчета запасов (продольная проекция). Графика сопровождается описанием геологии района и месторождения (участка), методики геологоразведочных работ, данными по подсчету запасов с результатами геолого-экономической оценки.

Для курсового проекта допускается отсутствие геологической карты района, однако для дипломного проекта она необходима. Исключение составляют проекты по нефтяным и газовым объектам, для которых вместо геологической карты района представляется, как правило, мелко-среднемасштабная тектоническая схема с указанием важнейших нефте-газоносных структур.

Главной задачей курсового проекта является обоснование методики геологоразведочных работ, отвечающих определенной стадии. В соответствии с Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (1999) темой курсового проекта оценочные работы, разведка, или эксплуатационная разведка, например:

- оценочные работы на проявлении Нырдвоменшорское на медноколчеданное оруденение (Полярный Урал);

- разведка Главной рудной зоны Сусанского месторождения золота (Свердловская область);

- разведка глубоких горизонтов Астафьевского месторождения бокситов (Южный Урал);

- разведка северного фланга Мансуровского месторождения гранитов (Южный Урал);

- эксплуатационная разведка южной части нижнего рудного уровня Узельгинского месторождения (Челябинская область).

Независимо от выбранной стадии при выполнении курсового проекта студент должен решить следующие инженерные задачи:

- осветить степень геологической изученности рассматриваемой площади;

- определить главные задачи проектируемых работ;

- сформулировать целевое геологическое задание;

- выбрать и обосновать комплекс методов для выполнения целевого задания, определить виды и объемы запроектированных работ;

- произвести проектный подсчет запасов по объекту изучения с их геолого-экономической оценкой.

Задание на составление курсового проекта оформляется на специальном бланке, которое выдается преподавателем. На бланке указывается тема (название) проекта и сроки его выполнения. Преподаватель помогает студенту составить план проекта, рекомендует необходимую литературу, оказывает индивидуальные консультации.

На выполненный проект преподавателем пишется рецензия. Окончательная оценка выставляется после публичной защиты.

При подготовке методических рекомендаций использованы учебно-методические разработки кафедры ГПР МПИ к составлению курсовых проектов по дисциплинам «Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых» (А. Г. Баранников, 2013) и «Разведка и геолого-экономическая оценка МПИ» (Балахонов В. С., 2005), с которыми студенты могут подробнее ознакомиться на кафедре.

2. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

Курсовой проект состоит из текстовой части и графических приложений. Текст работы не должен превышать по объему 25-35 страниц машинописного текста и включает следующие разделы (в скобках указан ориентировочный объем):

- титульный лист;

- оглавление;

- введение (1 стр.);
- общие сведения о районе работ (1-2 стр.);
- геологическое строение района (2-5 стр.);
- геологическая характеристика объекта (4-6 стр.);
- методика и объемы проектируемых работ (12-14 стр.);
- подсчет запасов, их геолого-экономическая оценка (2-3 стр.);
- заключение (1 стр.);
- список использованной литературы.

Текст работы представляется в распечатанном виде. Допускается также рукописный вариант. Страницы текста должны соответствовать формату А4 (297х210 мм). Поля по всему периметру – 20 мм. Перед текстовой частью помещается титульный лист (приложение 1), индивидуальное задание и оглавление.

Текст иллюстрируется схемами, фотографиями, зарисовками. Они должны иметь наименования, условные обозначения, масштаб и обозначаются как рисунок под соответствующим номером.

Графические приложения представляются на двух или трех листах. В правом нижнем углу помещается штамп установленного образца (приложение 2). Первым листом является геологическая карта района со стратиграфической колонкой, легендой, разрезом. Как отмечалось выше, в курсовой проект карта района может не включаться, но для дипломного проекта она необходима. На втором листе помещается геологическая карта месторождения или участка работ. Этот лист является основным и имеет методическое значение. На него наносятся известные месторождения, проявления и пункты минерализации, геохимические и геофизические аномалии, шлиховые ореолы. Здесь же указываются направления геологических маршрутов, проектные геофизические и геохимические профиля, пройденные и проектные геологоразведочные выработки. Второй лист может представлять собой план подсчета запасов по месторождению, участку месторождения, эксплуатируемому этажу или уступу. Карта участка (месторождения) сопровождается одним или двумя типичными

разрезами, в том числе проектным, которые могут быть помещены на отдельном листе. При необходимости в графические приложения включается вертикальная продольная проекция рудного тела с блокировкой запасов и указанием пройденных и проектных выработок.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Введение

Во введении обосновывается актуальность проекта и характеризуются исходные материалы, положенные в его основу. Оценивается потребность промышленности в данном виде минерального сырья, его конъюнктура на мировом и российском рынках. Рассматривается необходимость развития минерально-сырьевой базы региона в целом и данного вида полезных ископаемых в частности.

Указывается место и сроки прохождения производственной практики, организация, должность, выполнявшиеся работы. Приводятся основные фондовые и литературные источники, использованные при написании работы.

3.2. Общие сведения о районе работ

3.2.1. Географо-экономическая характеристика района

Указывается административное положение района работ, ближайшие населенные пункты, пути сообщения, возможности использования разных видов транспорта, ведущие промышленные объекты, источники энергообеспечения, наличие стройматериалов, возможности найма рабочих на месте. Описывается орогидрография: характер рельефа, абсолютные и относительные превышения, климат, гидрографическая сеть, режимы рек, источники питьевого и технического водоснабжения, наличие карстовых явлений, многолетней мерзлоты. Характеризуется растительный и животный мир, распространение покровных образований, кор выветривания, их мощности. Особо отмечается обнаженность пород, дешифрируемость аэро-космоснимков.

Перечисленные данные позволяют произвести анализ природных условий ведения геологоразведочных работ, учитываются при геолого-экономической оценке рудных объектов.

Для иллюстрации раздела приводится мелкомасштабная обзорная карта (схема) района с указанием местоположения участка работ.

3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ

Кратко освещаются основные результаты ранее выполненных на площади геологических, геофизических, геохимических и других видов работ. Обзор проводится в хронологическом порядке. Текст может сопровождаться схемами изученности.

Оценивается достоверность ранее выполненных исследований и обосновывается выбор участка проектируемых работ, обсуждается степень его разведанности, изученность вещественного состава с точки зрения комплексного использования полезных ископаемых, а также возможные перспективы продолжения оруденения на глубину или фланги месторождения, обнаружения слепых рудных тел.

3.3. Геологическое строение района

Приводятся данные о геолого-структурной позиции участка работ. Последовательно излагаются сведения по стратиграфии и литологии, магматизму, тектонике, гидрогеологии и полезным ископаемым. Для районов, перспективных на россыпное оруденение, дается геоморфологическая характеристика.

При описании полезных ископаемых кратко описываются все известные месторождения и рудопроявления, включая сведения о размерах залежей, их форме, минеральном составе, принадлежности к определенному рудно-формационному промышленному типу.

В дипломном проекте текст сопровождается геологической картой района со стратиграфической колонкой, условными обозначениями (легендой) и

разрезами. При подготовке раздела следует обратить внимание на совпадение текстовых и графических материалов. В тексте должны быть охарактеризованы свиты и комплексы, представленные на графике. Соответственно, геологическая карта, колонка, легенда и разрезы должны содержать одни и те же стратиграфические и интрузивные образования.

3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)

В зависимости от проектируемой стадии ГРР объектом работ является перспективный район, участок, рудопроявление или месторождение.

В данной главе уточняются и детализируются сведения, представленные в предшествующем разделе. Рассматриваются структурно-вещественные комплексы, образующие геолого-структурную позицию участка или месторождения. К ним относятся вмещающие горные породы, магматические тела, разломы, складки, вулканические структуры, геологические контакты.

В целом, описание участка или месторождения обычно включает следующие позиции:

- горные породы, участвующие в его строении;

- структурный контроль в размещении оруденения или структура рудного поля;

- характеристика выявленной минерализации. Для поздних стадий ГРР обязательно описывается форма, размеры, условия залегания рудных тел, вещественный состав руд, их текстурно-структурные особенности, первичная и вторичная зональность, генезис месторождения, а также характеризуются горно-геологические, инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождения.

Раздел иллюстрируется крупномасштабной геологической картой месторождения, детальными геологическими разрезами, в том числе обязательно проектным. При необходимости представляется продольная проекция, построенная в плоскости падения, или вертикальная, на которой показано размещение запасов разных категорий.

3.5. Методика и объемы проектируемых работ

3.5.1. Целевое геологическое задание

С учетом представленного выше обоснования формулируется геологическое задание, которое должно отвечать определенной стадии геологоразведочного процесса:

- оценочные работы;
- разведка участка месторождения, флангов, глубоких горизонтов;
- эксплуатационная разведка.

При формулировке задания важно отметить, какой промышленный тип оруденения ожидается, оговорить границы участка проектируемых работ и их масштаб.

3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ

При проектировании оценочных и разведочных работ методические вопросы решаются на основе анализа особенностей структуры участка, формы, размеров и условий залегания тел полезных ископаемых, изменчивости выявленных параметров оруденения (мощности, содержания полезных компонентов).

В соответствии с инструктивными материалами ГКЗ МПР РФ, определяется группа сложности месторождения, перечень основных видов работ, необходимых для решения задач данной стадии, плотность сети наблюдения для разных категорий запасов. Обосновывается система разведки и технические средства, расположение и порядок проходки технических средств.

Описание каждого вида работ завершается расчетом проектных объемов.

3.5.3. Прочие виды работ

Обязательным элементом геологоразведочных работ являются топо-геодезические или маркшейдерские исследования. Рассмотрение этого вопроса начинается с анализа имеющейся топоосновы. Предусматривается инструментальная привязка опорной сети геофизических наблюдений, буровых скважин и горных выработок, базисных линий на участках детализационных работ.

На стадии разведки обязательно должна быть описана методика гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений с определением объемов этих работ.

Обязательным элементом разрабатываемого проекта является рассмотрение экологических вопросов. Необходима оценка влияния геологоразведочных работ на окружающую среду. Это влияние может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, исключении из хозяйственного оборота плодородных земель и т.д. В проекте должны быть предусмотрены мероприятия, предотвращающие или уменьшающие вредное воздействие ГРР на экологию.

3.5.4. Опробование и аналитические работы

С учетом типа оруденения, особенностей вещественного состава, формы, предполагаемой мощности рудных залежей, а также планируемых объемов горноразведочных и буровых работ, предусматриваются необходимые виды опробования – химическое, минералогическое, техническое, технологическое. Обосновываются способы отбора проб, необходимые для решения поставленных задач (штуфное, бороздовое, точечное, керновое и т.д.). Обсуждаются возможности использования геофизических методов опробования. Дается схема обработки проб на отдельно вычерченном листе в текстовой части проекта.

Перечисляются планируемые виды лабораторных работ, определяются их объемы с учетом внутреннего и внешнего контроля (3-5% от общего объема проб). Аналитические исследования в зависимости от типа полезного ископаемого и целевого назначения проекта могут включать следующие виды испытаний проб: химический, минералогический, спектральный, пробирный, атомно-абсорбционный, рентгено-спектральный, рентгено-структурный и др. Для каждого вида аналитических исследований определяются цели и решаемые задачи.

3.5.5. Подсчет проектных запасов и их геолого-экономическая оценка

На стадиях оценочных и разведочных работ одним из завершающих этапов проектирования является оконтуривание тел полезных ископаемых на месторождении, его флангах, глубоких горизонтах с переводом прогнозных ресурсов и запасов в более высокие категории. Для этого необходимо дать характеристику как уже оцененных, так и ожидаемых ресурсов и запасов.

Указываются кондиции, принятые для оконтуривания залежей и выделения подсчетных блоков. Излагается методика подсчета запасов по результатам проектируемых работ. Выбирается и обосновывается способ подсчета запасов в зависимости от особенностей геологического строения месторождения (формы, состава, условий залегания). Излагаются принципы выделения категорий запасов по степени разведанности (плотности разведочной сети) и изученности (выхода керна, вещественного состава руд, технологических, горнотехнических и гидрогеологических условий) для месторождений разных групп по сложности геологического строения. Раскрываются принципы выделения подсчетных блоков и проведение их границ на выходах, флангах и по падению. Характеризуются параметры подсчета запасов, методика их обоснования (площади подсчетных блоков, мощности, среднее содержание, объемная масса). Приводится сводный формуляр подсчета общих ожидаемых запасов по категориям. Контуры категорий запасов, выделенных на основании проектируемых работ, рекомендуется закрасить следующими цветами: категория А – розовый, В – зеленый, C_1 – голубой, C_2 – желтый.

Методика геолого-экономической оценки на разных стадиях геологоразведочного процесса не одинакова.

Основной инструмент геолого-экономической оценки – обоснование кондиций. По материалам завершенных геологоразведочных работ (разведка, доразведка) для определения целесообразности и экономической эффективности освоения месторождения составляют постоянные кондиции.

ГЭО осуществляется поэтапно. На стадии оценочных работ – по укрупненным показателям, без учета налогов, отчислений и платежей, а позднее по результатам разведки – с их учетом.

В условиях рыночных отношений оценку эффективности освоения месторождений, а также сравнение различных инвестиционных проектов и выбор лучшего из них, производят с использованием следующих показателей.

1. Чистый дисконтированный доход, или чистая дисконтированная стоимость, интегральный стоимостной эффект (ЧДД) – это превышение интегральных денежных результатов над соответствующими интегральными затратами или сумму всех доходов от эксплуатации месторождения за весь расчетный период. Освоение месторождения считается эффективным при положительном значении величины чистого дисконтированного дохода. При отрицательном значении ЧДД рассматриваемый вариант инвестиционного проекта должен быть признан убыточным.

2. Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных доходов к величине приведенных инвестиций. В экономически эффективных проектах величина индекса доходности должна быть больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД), или внутренняя норма прибыли, рентабельность возврата инвестиций. ВНД означает норму дисконта, при которой величина приведенных доходов равна приведенным инвестициям, а чистый дисконтированный доход становится равным нулю. Освоение месторождения считается эффективным и приемлемым, если ВНД>Е, где Е – принятая в расчете норма дисконтирования прибыли.

4. Срок окупаемости капитальных вложений ($Т_о$) с учетом дисконтирования стоимостных показателей определяет временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы равны приведенным инвестициям. Приемлемым считается срок окупаемости инвестиций, равный 5-7 годам. Предельное значение $Т_о$ составляет 10 лет.

Процесс геолого-экономической оценки месторождения завершают выбором оптимального варианта освоения объекта, для которого определены кондиции и показатели экономической эффективности его освоения.

При геолого-экономических расчетах необходимо использовать рекомендуемые учебные пособия кафедры.

3.6. Заключение

В заключение работы приводятся краткие выводы по каждой главе и проекту в целом.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Баранников А. Г., Никулина И. А., Хасанова Г. Г. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / А. Г. Баранников, И. А. Никулина, Г. Г. Хасанова; Урал. Гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Тзд-во УГГУ, 2018ю – 184 с.

Баранников А. Г., Макарова С. В. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 95 с.

Дворник Г. П., Угрюмов А. Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 220 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки). М.: Недра, 1984. – 285 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Производство геологоразведочных работ). М.: Недра, 1985. – 288 с.

Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом МПР РФ от 07.03.1997. – 9 с.

Петруха Л. М. Разведка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 247 с.

Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1999. – 28 с.

Рудничная геология / В. Ф. Мягков, А. М. Быбочкин, И. И. Бугаев и др. М.: Недра, 1986. – 199 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Образец выполнения титульного листа

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
Уральский государственный горный университет
Факультет геологии и геофизики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему:

РАЗВЕДКА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ОГАНЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА (КАМЧАТКА)

Руководитель
доц. Никулина И. А.

Студент
Попов С. М.

Группа
РМ-15

Екатеринбург – 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Образец заполнения штампа к чертежам

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">Министерство образования и науки РФ
Уральский государственный
горный университет</td><td>20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">Исполнитель:
студент
гр. РМ-15
С. М. Попов</td><td colspan="3">Геологический план
Оганчинского месторождения</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">Руководитель:
доцент
И. А. Никулина</td><td colspan="3">К курсовому проекту на тему:
«Разведка глубоких горизонтов
Оганчинского месторождения золота
(Камчатка)»</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>Масштаб
1:1000</td><td>Дата</td><td>Приложение
№ 2</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td>50</td><td>30</td><td>35</td><td>35</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">150</td><td></td></tr>
</table>

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных
ископаемых

_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.03 Технология геологической разведки

Автор: Козьмин В.С, доцент, к.г.-м.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Тема	Название	Стр.
	Введение	3
1	Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения	5
2	Геологические основы разведки	15
3	Методические основы разведки	40
4	Подсчет запасов полезных ископаемых	69
5	Геолого-экономическая оценка месторождений	88
	Заключение	104

Введение

Геологоразведочные работы являются важнейшим фактором устойчивого развития экономики страны. Сырьевую базу в настоящее время составляют *более ста видов твердых полезных ископаемых.* Усилиями многих поколений российских геологов найдены и введены в промышленное освоение тысячи месторождений полезных ископаемых. На этой основе создана уникальная минерально-сырьевая база страны.

Россия занимает места в *первой пятерке стран мира* по запасам и добыче железных и медных руд, золота, серебра, платиноидов, вольфрама, молибдена, кобальта, никеля. За счет этих руд государство обеспечивает внутренний рынок, эксплуатирует значительные объемы сырья и продукции его переработки. Бюджет государства во многом формируется за счет освоения минерально-сырьевых ресурсов. Экспорт продукции (по данным Федерального агентства по недропользованию РФ) составляет 50-70 % от объема добычи (по вольфраму, кобальту, никелю, меди, золоту, платиноидам. Существенна роль России как мирового производителя и экспортера алмазов, апатита, калийных солей, хризотил-асбеста, бора.

В то же время далеко не благополучным является состояние минерально-сырьевой базы по таким полезным ископаемым, как цинк, свинец, олово, сурьма, барий, графит и др. Внутреннее потребление этих видов сырья определяет необходимость их ввоза из-за рубежа. Многие районы с горнопромышленной направленностью испытывают в настоящее время острый недостаток в добываемом сырье (по железу, меди, свинцу, цинку, золоту). К остродефицитным полезным ископаемым также относятся бокситы, титан, цирконий, бентониты, каолины и др.

Итак, минерально-сырьевой комплекс был и остается *гарантом дальнейшего развития страны* на длительную перспективу, источником получения средств на реконструкцию и техническое перевооружение промышленности. Поэтому подготовка высококвалифицированных кадров в области «разведочного дела» в рамках специализации «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых» (направления 25.05.02 «Прикладная геология») остается актуальной и востребованной задачей.

Содержание Учебного пособия во многом базируется на обобщении научного и учебно-методического материала, содержащего в учебниках, учебных пособиях, методических рекомендациях, подготовленных в разные годы. В первую очередь, необходимо упомянуть работу В. М. Крейтера (1940) по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых, а также труды тех, кто продолжал развивать и углублять сформулированные В. М. Крейтером научные проблемы и направления (работы А. Б. Каждана, Е. О. Погребицкого, В. И. Тернового, Г. С. Поротова, Л. И. Четверикова, П. П. Ясковского, В. В. Шелелева, в том числе сотрудников кафедры поисков и разведки МПИ – В. Ф. Мягкова, А. С. Вершинина, И. И. Бугаева, Л. М. Петрухи, Ю. К. Панова и др.). Из публикаций этих авторов в Учебном пособии заимствована большая часть приведенных в пособии таблиц и иллюстраций.

Современная геологическая наука не может ограничиваться изучением лишь качественных сторон явлений и процессов. Она «должна выявлять их количественные

характеристики, обеспечив тем самым более высокий научный уровень исследования земных недр» (Каждан, Гуськов, 1990). Необходимость внедрения математических методов при решении геологоразведочных задач признается в настоящее время всеми геологами. Их применение обеспечивает возможность перехода от словесных, часто субъективных определений изучаемых объектов, к их более объективным количественным оценкам. Накопленный на кафедре опыт математической обработки собранной геологической информации отражен в 11, 13 и 15 главах пособия. Более подробно вопросы количественной обработки накопленной геологической информации рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

Студент должен:

А. знать:

- задачи, принципы, технические средства и системы разведки; классификацию запасов полезных ископаемых; требования промышленности к качеству минерального сырья на стадии разведки;
- методики комплексной оценки минерального сырья;
- подходы к сбору и обработке количественной геологической информации с использованием компьютерных технологий.

Б. уметь:

- составлять проекты на геологоразведочные работы, обосновывать рациональную разведочную сеть;
- оконтуривать запасы разных категорий, выполнять подсчет запасов разными методами;
- выполнять оценку географо-экономических, горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья.

В. владеть:

- методикой обоснования видов и объемов проектируемых работ;
- приемами определения параметров при подсчете запасов полезных ископаемых;
- методикой определения величины инвестиций, показателей эффективности освоения месторождения в базовом и коммерческом вариантах.

Тема 1
Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения

РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ЕЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Разведка месторождений – это комплекс работ и связанных с ними исследований, направленных на выявление, оконтуривание и геолого-экономическую оценку запасов минерального сырья в недрах. Разведочные работы вносят определяющий вклад в геологическое изучение минерализованных участков недр на предпроектной стадии промышленного освоения объекта. По завершению разведки и получению положительных результатов геолого-экономической оценки изучаемое проявление полезного ископаемого приобретает *статус месторождения.*

Разведка начинается с момента составления проекта на производство геологоразведочных работ. Обычно эти работы включают: геологическое картирование площади рудного поля и месторождения; выявление и оценку выходов рудных тел; проходку горных выработок и скважин, их документацию и опробование; проведение комплекса геофизических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических исследований; геодезическую съёмку. По результатам геологоразведочных работ составляют геологические разрезы, планы, проекции. Они отражают размеры, условия залегания и строение тел полезных ископаемых. Дается характеристика полезного ископаемого, подсчитываются его запасы. На основе полученных данных проводится геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождения, обосновываются выводы о его промышленном значении. Все сказанное позволяет отметить, что разведка как прикладная геологическая наука находится на стыке областей знаний, включающих: накопленные сведения о геологическом строении месторождения, его сопоставление с определенным геолого-промышленным типом; вопросы горного дела (в связи с обоснованием способа разработки месторождения); определение потенциальной ценности объекта, рентабельности его разработки; обоснованность задействованных технических средств разведки, влияющих на надежность получаемых результатов; обработку полученных результатов с использованных современных компьютерных технологий (рис. 1).

Основной *целью* выполняемых геологоразведочных работ является *получение информации,* необходимой и достаточной для: проектирования предприятия по добыче полезного ископаемого и переработке минерального сырья, реконструкции действующего рудника, определения путей его дальнейшего развития, оценки перспектив выявления новых тел полезных ископаемых на площади рудного поля. Собранная и качественно обработанная информация должна обеспечить *решение основной задачи* разведочных работ – подготовку месторождения к промышленному освоению.

Успешному решению сформированных задач должно способствовать: построение цифровых моделей месторождений с использований IT технологий; реализация разведочных систем, соответствующих природным особенностям объекта и обеспечивающим надежное локальное прогнозирование геолого-промышленных параметров.

Сущность разведки сводится к оконтуриванию, прослеживанию промышленно ценных участков природных скоплений полезного ископаемого путем выборочного пересечения минерализованного объема недр разведочными выработками (скважинами, горными выработками) с последующим геологическим и геофизическим их изучением (документацией) и опробованием. Таким образом, информацию, необходимую для принятия проектных решений по разработке и переработке добываемого минерального сырья, получают на весьма скудном материале. Разведка обычно не позволяет раскрыть все детали строения минерализованных пород. Отчасти эти задачи решаются при использовании геофизических методов (в том числе, зондирования межскважинного пространства), а также на стадии эксплуатационной разведки. Материалы разведки позволяют сконструировать *модель месторождения,* которая по своим параметрам должна быть максимально приближена к истинному объекту (рис. 2). Возможность разработки технических проектов на основе обобщения ограниченной разведочной информации подтверждена практикой разведки и освоения месторождений. Здесь работает известный в математической статистике выборочный метод исследования оцениваемых свойств (в разведке – геолого-промышленных параметров) на основе обобщения данных лишь части свойств, вошедших в изучаемую выборку (Петруха, 2003). На каждой последующей стадии геологоразведочных работ формируемая выборка свойств становится более представительной. На современном этапе изучения недр все недропользователи обязаны выполнить необходимые расчеты по геолого-экономической оценке (ГЭО) обосновываемых запасов и прогнозных ресурсов. Оценка является исследовательским процессом, связанным с выявлением возможных конкурентоспособных вариантов оконтуривания и промышленного освоения запасов месторождения и выбором среди них рационального с позиций максимальной доходности предприятия. Наиболее полная ГЭО осуществляется по результатам разведки месторождения. Оценка по результатам поисков базируется на тех же единых методологических принципах, но из-за ограниченности имеющихся материалов является малодостоверной (Шевелев, 2004).

При проведения ГЭО учитываются следующие положения:

1. Обоснование рационального и комплексного использования недр, включающее основные и попутные компоненты, отходы добычи и переработки сырья.
2. Определение показателей эффективности освоения месторождения (ЧДД – чистый дисконтированный доход, ИД – индекс доходности, ВНД – внутренняя норма доходности, Р – рентабельность разработки, Т – срок окупаемости капвложений).
3. Учет обязательных платежей и налогов, плата за кредит (необходимый для организации работ по разработке месторождения).
4. Учет фактора времени и риска при оценке месторождения.
5. Оценка экологических и социальных последствий разработки месторождения.
6. Выбор оптимального варианта освоения месторождения.
7. Обоснование кондиций на минеральное сырье.

Важнейшие результирующие показатели ГЭО, установленные параметры кондиций, подсчитанные с их использованием балансовые и забалансовые запасы вносятся в Государственный кадастр месторождений полезных ископаемых. При этом необходимо

отражать в кадастре два подхода к оценке объекта – базовый и коммерческий, чтобы при необходимости оперативно осуществлять переоценку месторождения.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ УЧЕНИЯ О РАЗВЕДКЕ НЕДР

Учение о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых пришло из потребностей горного дела. Долгие годы работы по поиску и добыче руд велись на основе опыта многих поколений рудознатцев. Разработки в этой области знаний методического и организационного характера появились значительно позже. Первые труды принадлежат Г. Агриколе (1530), И. А. Шлаттеру (1760), М. В. Ломоносову (1763). Целая эпоха в развитии горного промысла и геологии связана с именем Петра I. Им был организован «Приказ рудокопных дел», реорганизованный в 1719 г. в Берг-коллегию. Коллегия взяла на себя руководство горнозаводской промышленностью Российской империи.

В XIX веке разведка месторождений не проводилась. Открытые месторождения сразу же вовлекались в разработку. Разведочные методы начинают развиваться и совершенствоваться в конце XIX века и позднее. Первыми в этом направлении были работы проф. Войслова (1899), проф. Корзухина (1908), В. С. Реутовского, Б. И. Бокия (1914).

Методологические основы разведки складывались и совершенствовались по мере расширения сырьевой базы страны, развития горнорудной промышленности. Однако в начале XX века разведочное дело ещё не имело самостоятельного развития и рассматривалось как один из разделов учения о полезных ископаемых. Первая работа по экспертизе и оценке рудных месторождений была опубликована Н. И. Трушковым в 1922 г. В 1924 г. в Петроградском горном институте К. П. Марковым прочитан курс разведочного дела. Начиная с 1927 г. этот курс читал И. С. Васильев, впервые изложивший важнейшие методические положения разведки.

Основоположником учения о поисках и разведке полезных ископаемых по праву считается В. М. Крейтер. Им были организованы кафедры поисков и разведки МПИ в Московском геологоразведочном институте и Институте цветных металлов и золота. Его фундаментальный труд «Поиски и разведка полезных ископаемых», изданный в 1940 г., несколько раз переиздавался и стал настольной книгой геологов-разведчиков нескольких поколений.

В 1922 г. кафедра поисков и разведки МПИ была организована в Уральском (Свердловском) горном институте. Её первым заведующим был назначен руководитель геологической службы Урала Б. В. Дидковский. В последующие годы кафедру возглавляли А. П. Смолин, В. П. Любимов, П. И. Кутюхин, М. Н. Альбов, И. И. Бугаев, В. Ф. Мягков, А. Г. Баранников. В 1999 г. произошло объединение ряда кафедр геологического факультета. Объединенную кафедру геологии, поисков и разведки МПИ возглавил проф. В. А. Душин.

Большой вклад в развитие теории и практики разведочного дела, опробования и подсчета запасов полезных ископаемых внесли исследования М. Н. Альбова, Н. В. Барышева, И. Д. Когана, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, Е. О. Погребицкого, Г. С. Поротова и др. Научные основы геометризации недр заложены исследованиями П. К. Соболевского (1926-1932). Он рассматривал тела полезных ископаемых как совокупность

взаимно связанных геохимических полей и на этой основе сформулировал принципы геометрического моделирования.

В середине XX века во все отрасли геологии, включая вопросы оценки месторождений, проникли математические методы обработки информации. Этому способствовало появление и развитие электронно-вычислительной техники, а позднее – IT технологий. Кроме теории вероятности и математической статистики случайных величин, в теорию и практику исследований стали проникать методы многомерного статистического анализа, теории случайных функций и гармонического анализа, теории множеств, линейной алгебры, распознавания образов и других разделов математики.

При рассмотрении теоретических вопросов методики разведки месторождений и опробования акцент был сделан на изучении изменчивости свойств полезных ископаемых. А. С. Власов, Д. А. Казаковский и др. исследователи предложили использовать первые и вторые последовательные разности значений исследуемых показателей изменчивости по смежным точкам. При обобщении результатов статистической обработки данных П. Л. Каллистов (1956) обратил внимание на то, что любой статистический показатель отражает лишь средний уровень изменчивости изучаемого свойства и не учитывает влияния пространственного расположения точек наблюдений. Им было предложено учитывать случайные и закономерные изменения наблюдаемых признаков. При этом дисперсию случайных отклонений следовало определять не от генеральной средней, а с учетом рассчитанной кривой регрессии, отстраиваемой с использованием процедуры сглаживания совокупности прилегающих к конкретной точке проб. Дальнейшее развитие этот подход при изучении изменчивости свойств залежей получил в работах В. Ф. Мягкова (1984). Он предложил исследовать закономерности распределения компонентов в рудных полях с использованием *геометро-статистической модели*. При отстройке одномерных графиков изменчивости геологических параметров по разным направлениям рудных залежей с использованием интерполяционного полинома удается выявлять уровненное строение геологических полей и на этой основе решать целый ряд практических вопросов разведки: оптимальный шаг опробования; зональность строения залежей, их анизотропию и др.

Начиная с шестидесятых годов XX века, появилось много публикаций по исследованию изменчивости оруденения с использованием *методов теории случайных функций* и *гармонического анализа* (работы А. Б. Каждана, З. Д. Низгурецкого, А. М. Марголина и др.). Изменчивость изучаемых признаков рассматривается как функция расстояния между смежными пунктами наблюдений. При этом необходим учет влияния формы и размера проб, отражающих неоднородность строения недр. В это же время при изучении изменчивости и оценке запасов руд зарубежными геологами (Ж. Матерон, М. Давид, Э. Карлье, Д. Криге и др.) было предложено задействовать *геостатистические модели.* В основе данной модели лежит предположение, что получаемые результаты зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдения результаты измерений меняются, и поэтому их следует рассматривать как случайные величины. Рассчитанный средний квадрат разности измеренных значений при этом зависит от расстояния между пунктами. Важной характеристикой геостатистических

моделей служит вариограмма, отражающая функцию среднего квадрата разности от расстояния между пунктами наблюдений. Для отдельных объектов установлено присутствие нескольких типов вариограмм: с регулярной пространственной переменной, с эффектом самородков, сферической и др. На отстроенных вариограммах возможно определение порогового значения, отражающего зону влияния между соседними пробами.

На современном этапе при обобщении результатов геологоразведочных работ все чаще задействуют геостатистические методы с использованием IT технологий (программы “Micromine”, “Datamine”, “Surpac” и др.).

ОСНОВЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ О НЕДРАХ

Основным законом, регламентирующим недропользование в РФ, является Федеральный закон «О недрах», принятый в 1992 г. Закон неоднократно дополнялся и редактировался, его последняя редакция принята в 2015 г. (Закон РФ «О недрах»).

Согласно тексту закона недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже поверхности Земли и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубины, доступной для геологического изучения и освоения.

Основные положения горного права

К основным положениям Горного права относятся:

- право собственности на недра как один из элементов природной среды;
- право собственности на извлеченные из недр полезные ископаемые и используемые полезные свойства недр;
- право собственности на имущество и геологическую информацию, создаваемые в процессе пользования недрами.

Право собственности на недра в России действующими правовыми актами определяется следующим образом:

- недра находятся в государственной собственности;
- владение, пользование и распоряжение недрами в пределах государственной границы находится в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов (так называемое «правило двух ключей»), а за пределами границы (в морской экономической зоне и на континентальном шельфе) – в исключительном ведении Российской Федерации;
- владение, пользование и распоряжение недрами осуществляется в интересах всех народов, проживающих на соответствующей территории, и всех народов Российской Федерации.

Недра предоставляются в пользование субъектам предпринимательской деятельности для изучения, добычи полезных ископаемых, строительства подземных сооружений, организации особо охраняемых геологических объектов или сбора минералогических коллекций на определенный срок или без ограничения срока.

Участки недр с находящимися в них минеральными ресурсами не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждения в иной форме. Права пользования недрами могут отчуждаться или переходить от одного лица к другому в той мере, в какой их оборот допускается федеральными законами.

Право собственности на минеральное сырье, добытое из недр, появляется в процессе добычи полезных ископаемых. Добытые из недр полезные ископаемые могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной, частной и иных формах собственности. Вопрос о форме собственности на добытое полезное ископаемое определяется условиями лицензионного соглашения.

Право собственности на горное имущество и геологическую информацию определяется принципом: объект является собственностью того, кто оплатил его создание или приобретение. Однако, геологическая информация, являющаяся собственностью пользователя, должна представляться им по установленной форме в федеральный и территориальный фонды геологической информации (ВГФ, ТГФ). Собственник может лишь оговорить условия конфиденциальности пользования этой информацией в фондах, с учетом собственных интересов.

Система пользования недрами

Недра Российской Федерации могут быть использованы недропользователями для следующих целей.

1. Регионального геологического изучения и иных общих геологических работ без нарушения целостности недр.

2. Геологического изучения, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, а также оценки пригодности недр для строительства подземных сооружений.

3. Разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе отходов горных предприятий.

4. Строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

5. Образования особо охраняемых геологических объектов.

6. Сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекций. Недра могут предоставляться в пользование одновременно для геологического изучения (поиски, разведка) и добычи полезных ископаемых. В этом случае добыча может производиться как в процессе изучения, так и после его завершения.

Пользование недрами в Российской Федерации, за исключением работ по региональному геологическому изучению и созданию особо охраняемых объектов, является платным.

Недра предоставляются в пользование на определенный срок или без ограничения срока.

Порядок пользования недрами включает три самостоятельных подсистемы:

- предоставление участков недр в пользование;
- пользование недрами в соответствии с установленным видом пользования;
- контроль и надзор за соблюдением установленных требований и ограничений при пользовании недрами.

Предоставление недр в пользование осуществляется на основе лицензирования. Государство, осуществляющее суверенное право на недра, определяет программу освоения недр, участки недр, которые предполагаются предоставить в пользование, и выбор конкретного недропользователя.

Государство определяет условия, на которых предполагается передача недр в пользование. Недропользователь может вести переговоры об изменении этих условий. При достижении согласования, недропользователю оформляется лицензия на право пользования недрами. Лицензия предоставляется совместно органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации и Федеральным органом управления фондом недр.

Работы по *региональному геологическому изучению недр*, выполняемые за счет средств госбюджета, осуществляются без оформления лицензий, но с обязательной регистрацией в территориальных геологических организациях Министерства природных ресурсов. Лицензия на *поиски и оценку* месторождений полезных ископаемых удостоверяет право проведения таких работ только на вид сырья, указанный в лицензии. Лицензия на *добычу* полезного ископаемого может выдаваться на всё месторождение или его часть. Допускается также одновременное предоставление одному пользователю нескольких лицензий на право добычи по группе близко расположенных месторождений, если экономически рентабельной является только совместная их разработка. Лицензия на *разведку* месторождения отдельно не предоставляется и право разведки предусматривается в лицензии на добычу.

Законодательством устанавливается два статуса участков недр, на которые выдается лицензия: геологический отвод и горный отвод. Статус *геологического отвода* предоставляется участкам, предоставляемым для геологического изучения недр без существенного нарушения их целостности. В пределах одного геологического отвода могут быть выданы несколько лицензий на разные виды деятельности, включая, например, поиски и оценку разных полезных ископаемых. В границах геологического отвода могут одновременно проводить работы несколько пользователей недр.

В пределах одного *горного отвода* может быть выдана только одна лицензия одному пользователю, получающему по ней исключительное право деятельности в этих пределах в соответствии с лицензией.

Предоставление недр в пользование осуществляется по результатам конкурсов или аукционов, либо в специальных случаях на основе согласованных решений федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Федерации на бесконкурсной основе. Определение порядка проведения и условий конкурсов и аукционов по каждому объекту или группе объектов осуществляется органами, предоставляющими лицензии. Наименования объектов, выставляемых на конкурсы или аукционы, и их условия публикуются в печати.

Предприниматель, желающий принять участие в конкурсе, подает по установленной форме соответствующую заявку. После официального принятия заявки и уплаты соответствующих взносов заявитель может получить пакет геологической и технико-экономической информации по интересующему его участку недр. Проанализировав эту информацию, заявитель прежде всего решает для себя вопрос о продолжении участия в конкурсе (аукционе) и, при положительном решении, представляет приемлемый для него вариант технико-экономических показателей (ТЭП) ведения работ по намечаемому виду пользования недрами. Указанные ТЭП представляют собой комплекс материалов, обосновывающих принципиальные решения и ожидаемые технико-экономические

показатели по всем вопросам. После приобретения лицензии ее владелец имеет право получения в фондах полного объема геологической информации по предоставленному ему согласно лицензии участку недр (геологическому или горному отводу).

Условия ***пользования недрами*** определяются соглашением собственника недр (государства) в лице его уполномоченных органов и недропользователя. В практике недропользования известны три типа договорных отношений:

- недропользователь вносит плану за пользование недрами и уплачивает другие установленные налоги, но полностью распоряжается всей произведенной продукцией;
- недропользователь и собственник недр заключают соглашение о разделе производимой продукции;
- недропользователь заключает с собственником контракт на предоставление определенных услуг (субподрядные работы).

В первом случае недропользователь осуществляет все работы по реализации предоставленных лицензией прав за счет собственных средств, принимая на себя все риски. Добытая продукция полностью принадлежит ему, хотя условиями договора может определяться реализация части продукции на внутреннем рынке. Недропользователь вносит все установленные платежи, налоги, связанные с его деятельностью. Все сооружения и оборудование, используемые при работах, являются его собственностью.

Во втором случае недропользователь также несет все расходы и принимает на себя риски, связанные с ведением работ, а произведенная продукция делится между ним и собственником (государством) в виде трех частей: компенсационной продукции, предназначенной для возмещения затрат недропользователю, и двух долей прибыльной продукции, разделенных между государством и недропользователем в установленном соотношении. Реализация своих долей продукции осуществляется недропользователем и собственником самостоятельно. Сооружения и оборудование, связанные с недропользованием, переходят в собственность государства либо с момента их создания или приобретения, либо по мере амортизации. Привлекательной стороной соглашения о разделе продукции является иммунитет от новых изменений налогового законодательства, которые не должны ухудшать экономическое положение инвестора, имевшееся на момент составления соглашения.

В третьем случае, недропользователь, также неся все затраты, связанные с проведением работ, либо получает возможность их возмещения при коммерческом результате (например, открытии месторождения при поисках), либо получает заранее оговоренное вознаграждение (оплату) за произведенные работы, но не приобретает никаких прав на добытую продукцию, если таковая будет получена в течение срока действия лицензии или после его истечения.

Контроль и надзор за пользованием недрами осуществляют органы государственного геологического контроля и Федерального горного и промышленного надзора России, а также другие контрольные органы, в соответствии с компетенцией (природоохранные органы, налоговая инспекция, таможенная служба и т. д.) и органы государственной власти.

Государственный геологический контроль включает контроль за геологическим изучением недр и их рациональным использованием и охраной. Органы госконтроля входят в структуру Министерства природных ресурсов и его территориальных подразделений.

Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор) выполняет в качестве основной контрольной функции надзор за безопасным ведением работ, включая вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации горных предприятий.

Государственная экспертиза запасов полезных ископаемых производится для создания условий комплексного использования недр, определения платы за использование недр и уточнения границ горного отвода. Государственная экспертиза может проводиться на любой стадии геологического изучения недр, но предоставление участков недр для целей добычи разрешается только после их госэкспертизы.

Система платежей при пользовании недрами

Плата за пользование недрами включает разовые и регулярные платежи.

Минимальные (стартовые) разовые платежи за пользование недрами устанавливаются в размере не менее 10 % от величины суммы налога на добычу полезных ископаемых в расчете на среднегодовую проектную мощность добывающей организации. Размеры регулярных платежей определяются в зависимости от экономико-географических условий, размера участка недр, вида полезного ископаемого, продолжительности работ, степени геологической изученности и степени риска. Регулярный платеж взимается за площадь лицензионного участка, предоставленного недропользователю. Ставка регулярного платежа за 1 кв. км участка недр при поисковых и оценочных работах составляет от 27-90 рублей для неметаллических полезных ископаемых до 120-360 рублей для углеводородного сырья; при разведочных работах ставка меняется от 800-1650 рублей для подземных вод до 5000-20000 рублей для углеводородного сырья.

Регулярные платежи не взимаются с недропользователей, осуществляющих:

- пользование недрами для регионального геологического изучения;
- пользование недрами для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение;
- пользование недрами для сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов;
- разведку полезных ископаемых на месторождениях, введенных в промышленную эксплуатацию, в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этих полезных ископаемых.

Кроме разовых и регулярных платежей, законодательством предусмотрены две группы налогов и отчислений. Первая группа учитывается в себестоимости товарной продукции, вторая относится на финансовый результат.

В себестоимость включается налог на добычу полезных ископаемых, дорожный налог, плата за воду, землю, загрязнение окружающей среды и др. Налог на добычу составляет основную часть налоговой суммы первой группы. Ставка налога меняется от 3,8 % для калийных солей до 16,5 % для углеводородного сырья. Налогоплательщики, осуществившие за счет собственных средств поиски и разведку разрабатываемых месторождений или полностью возместившие все расходы на поиски и разведку,

уплачивают налог на добычу с коэффициентом 0,7. При выполнении соглашений о разделе продукции налоговые ставки на добычу применяются с коэффициентом 0,5. Не облагаются налогом полезные ископаемые, остающиеся во вскрышных, вмещающих (разубоживающих) породах, в отвалах или отходах перерабатывающих производств. Дорожный налог взимается в размере 2,5 % от годовой стоимости товарной продукции.

На финансовый результат горного предприятия относят налог на прибыль, налог на имущество, целевые сборы на содержание милиции и благоустройство территории. Налог на прибыль составляет 24 % от годовой прибыли предприятия, налог на имущество – 2 % от его среднегодовой стоимости. Остальные платежи определяются прямыми расчетами.

Горные предприятия также облагаются косвенными налогами, вычисляемыми сверх цены предприятия – налогом на добавленную стоимость (НДС), создаваемую в процессе производства товарной продукции, и таможенными пошлинами, взимаемыми с товарной продукции, вывозимой за пределы Российской Федерации.

Контрольные вопросы к теме 1

1. Что является целью разведки? Какие задачи решает разведка?
2. С какими областями знаний и смежных дисциплин разведка связана?
3. С какими именами известных и выдающихся российских ученых следует связывать становление учения о разведке месторождений?
4. Кто из российских и зарубежных ученых внес значимый вклад в разработку проблем количественной обработки геологической информации (геолого-математического моделирования)?
5. В чем заключаются основные положения законодатедьства РФ о недрах?
6. В каких целях могут быть использованы недра в РФ?
7. Как осуществляется предоставление недр в пользование?
8. Что такое горный и геологический отводы? Чем они различаются?
9. Какие типы договорных отношений установлены между государством и недропользователем?
10. Как осуществляется контроль за пользованием недрами?
11. Какая система платежей установлена за недропользование?

Тема 2
Геологические основы разведки

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННУЮ ЗНАЧИМОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Минеральные скопления в земной коре приобретают статус месторождения по результатам их разведки и при условии обоснования экономической целесообразности промышленного освоения. Основным критерием для промышленного освоения месторождения является размер прибыли, которую предприниматель собирается получить за весь период его эксплуатации.

На экономику промышленного освоения месторождения оказывает влияние совокупность факторов: количество запасов в месторождении (их масштаб), качество минерального сырья, технологические свойства, горно-геологические условия эксплуатации, географо-экономические условия района нахождения месторождения, экологические условия эксплуатации и др. (Каждан, 1977, 1984; Ясковский, 2001, 2010; Шевелев, 2004; Поротов,2004).

Количество запасов в месторождении определяется величиной запасов, оцененных по результатам геологоразведочных работ. Достоверность подсчитанных запасов зависит от степени их изученности (разведанности).

Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в единицах массы (тонн); сыпучих полезных ископаемых (песков, гравия), строительного и облицовочного камня – в единицах объема (кубические метры). Запасы золота измеряются в килограммах, тоннах, а в некоторых зарубежных странах используют тройную унцию (31,103 грамма). Запасы алмазов и драгоценных камней измеряют в каратах (0,200 грамма).

Запасы полезного ископаемого, ценность которого определяется содержанием химического элемента (оксида) или минерала (алмаз, слюда, асбест и др.), оцениваются с определением количества руды и количества металла (минерала). В России запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в недрах, а запасы нефти и газа оцениваются как извлекаемые, так и в недрах.

По величине запасов различают месторождения *уникальные* (их в мире единицы), *крупные* (их десятки), *средние* (их сотни) и *мелкие* (их тысячи). На базе уникальных месторождений создаются ведущие горнодобывающие предприятия. Они во многом определяют состояние минерально-сырьевой базы и сырьевого рынка страны, мира. Крупные месторождения определяют экономику отрасли или крупного региона страны. Средние месторождения имеют значение в пределах отдельных экономических районов, а мелкие – в отдельных случаях. Для каждого вида полезного ископаемого наблюдаются значительные (в десятки раз) изменения запасов при переходе от мелких месторождений к крупным и очень крупным, что обусловлено разнообразием геологических условий образования руд (табл….).

Следует отметить, что отраженные в таблице размеры запасов не являются общепризнанными. В литературных источниках приведены и другие цифры градации запасов, определяющие масштаб оцениваемых объектов. В. И. Краснико (1965) подметил

закономерность, получившую в литературе название «декадной». В 7 % месторождений сосредоточено ~ 65 % запасов, а запасы мелких, средних, крупных и уникальных месторождений отличаются друг от друга примерно на порядок. Мелкие месторождения встречаются часто, а очень крупные редко. Основные запасы сосредоточены в крупных и очень крупных месторождениях. Обобщение данных по России за 1994-1997 гг. свидетельствует, что среди девятнадцати видов полезных ископаемых общее количество мелких объектов составило 723, средних – 184, крупных – 107, очень крупных – 30 (Ясковский, 2001). Распределение суммарных запасов для коренных месторождений страны: на долю мелких объектов приходится 14 %, средних – 30 % и крупных 56 %.

От масштаба месторождений зависят ожидаемые показатели экономической эффективности вовлекаемых в эксплуатацию объектов. С учетом величины запасов можно определить ценность месторождения (потенциальную в недрах или товарную на сырьевом рынке). Полученные значения следует учитывать при определении инвестиционной привлекательности объектов. Другой расчетный экономический показатель – необходимый объем капитальных вложений. Чем больше запасы, тем больше затраты на строительство горнодобывающего предприятия. При этом появляется возможность определить производительность будущего рудника, срок его существования и ориентировочно подсчитать приведенные затраты на освоение месторождения.

Качество минерального сырья – это совокупность природных свойств, определяемых минеральным и химическим составом, структурными и текстурными особенностями сырья, технологическими и физическими свойствами. Высокое качество полезного ископаемого влияет на эффективность переработки руд, способствует улучшению готовой продукции. В геологоразведке и горной промышленности давно используются понятия – «богатые», «бедные», и «убогие» руды. С позиций оценки качества все твердые полезные ископаемые могут быть разделены на *три группы.* Ценность в них может представлять: химический элемент (или химическое соединение, чаще оксид); минерал, обладающий особыми свойствами; вся добываемая горная масса (Шевелев, 2004).

К *первой группе* относятся все руды металлов и горно-химическое сырье (фосфориты, бор, сера). Основным показателем качества сырья является содержание ценного компонента. Содержание оценивается в массовых процентах элемента (Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, S, V, As) или оксидов (Cr_2O_3, TiO_2, WO_3, Nb_2O_3, BeO, Be_2O_3, P_2O_5).

В месторождениях комплексных руд (свинцово-цинковых, медно-молибденовых, медно-никелевых и др.) качество определяется с помощью условного содержания главного компонента. В расчетных формулах учитывается: содержание главного компонента, формирующего основную ценность руд; содержание второстепенных компонентов; переводные коэффициенты для перерасчета содержаний второстепенных компонентов в главный компонент.

Содержание в рудах благородных металлов (золота, серебра, платиноидов) из-за низких их концентраций выражается в граммах на тонну руды; в россыпных месторождениях – в г (мг) /$м^3$. Чем большее значение элемента в рудах, тем выше качество полезного ископаемого.

В зависимости от содержания основного ценного компонента руды подразделяются на богатые, рядовые и бедные. Для разных полезных ископаемых конкретные сорта руд отличаются друг от друга (табл.).

При исследовании уровня концентраций полезных компонентов в объеме рудных тел может быть задействован *коэффициент богатства* – отношение среднего содержания к минимально промышленному (Бирюков, Денисов, 1978). Богатыми считаются руды, в которых содержание полезного компонента в 1,5-3,5 раза выше, чем минимальное промышленное; к бедным – менее 1,1-1,2. Какое значение при разведке имеет оконтуривание богатых руд? Во-первых, богатые и очень богатые руды используются при получении концентратов или в металлургии без предварительного обогащения. Во-вторых, высокое качество руд нередко отмечается в локальных участках месторождения. Эти участки называют рудными столбами, кустами, гнездами, карманами, бонанцами (для месторождений золота и серебра). На стадии разведки локальные участки должны быть оконтурены, а подсчет запасов выполнен без ограничения выявленных «ураганных проб».

Ко *второй группе* относятся алмазы, пьезооптическое сырье, слюда, тальк, асбест и др. Качество сырья регламентируется уровнем содержания ценного минерала, размерностью и особенностями кристаллосырья: для асбеста – прочность, гибкость, длина волокна, кислоторастворимость; для слюд – размер пластинок, их ровность, термостойкость; для пьезооптического сырья – масса кристалла, размер бездефектной области моноблока, выход моноблока, степень проявленности дефектов (газово-жидкие включения, трещины, двойники и др.); для алмаза – масса, форма, характер поверхности, цвет, дефектность, наличие сростков (Ясковский, 2001).

К *третьей группе* относятся стройматериалы, твердое топливо, керамическое сырье, огнеупоры, тальк, пирофиллит, минеральные пигменты, цеолиты, бокситы и хромиты. Качество сырья оценивается соответствием его определенных свойств требованиям технических условий (ТУ), отраслевых стандартов (ОСТ), государственных стандартов (ГОСТ) и соглашений с потребителями (Шевелев, 2004). Иногда требуется подразделение сырья на ряд сортов и марок. С учетом целевого использования оцениваемое полезное ископаемое должно удовлетворять конкретным сортовым требованиям.

Итак, количество и качество минерального сырья являются важнейшими факторами оценки разведуемых объектов. Они являются определяющими показателями при геолого-экономической оценке месторождений.

Технологические свойства сырья определяют возможность и экономическую целесообразность переработки минерального сырья с целью получения товарного продукта. Основными показателями, определяющими технологические свойства руд, являются: величина извлечения полезного компонента, содержание полезного компонента в концентрате, выход концентрата.

Технологические свойства минерального сырья зависят от совокупности качественных показателей, из которых кроме содержания полезных ископаемых и вредных примесей первостепенное значение имеют (Каждан, 1977; Шевелев, 2004):

- минеральный состав полезного ископаемого и разубоживающей руды горной массы; распределение полезных компонентов и вредных примесей по отдельным минералам;

- форма и размеры полезных минералов, характер их срастаний, текстуры и структуры минеральных агрегатов;
- физические свойства минерального сырья и слагающих его полезных минералов, их твердость, хрупкость, удельная плотность;
- химический и минеральный состав вмещающих пород и жильной массы.

Технологические исследования, проводимые в процессе разведки, должны установить возможность извлечения ценных компонентов из руд и обеспечить выбор схемы передела руд, которая может быть использована в промышленных условиях с приемлемыми технико-экономическими показателями. Наличие в сырье попутных компонентов повышает экономическую значимость сырья. Однако ценность попутного компонента всегда следует соотносить с дополнительными расходами на его выделение и учитывать возможность реализации дополнительной продукции.

Рассмотрим примеры, раскрывающие технологические свойства руд и их влияние на переработку минерального сырья (Ясковский, 2001).

Минеральный состав руд определяется присутствием полезных и породообразующих минералов, их количественными соотношениями, формами нахождения, характером парагенетических ассоциаций. Проблемы возникают, когда для выделения основных минералов приходится использовать разные обогатительные процессы. Например: для руд олова основными минералами являются касситерит, станнин, варламовит, гидростаннаты. Эффективно по гравитационной схеме обогащаются касситеритовые руды (плотность 7,0 г/см^3). Другие типы руд с минералами олова (плотность 3,8-4,7 г/см^3) относятся к группе труднообогатимых. Они требуют кроме гравитационного обогащения и других методов: флотации, магнитного и электрического обогащения, пирометаллургии.

Минеральный состав оказывает большое влияние на эффективность флотационного процесса. Хорошо обогащаются сульфиды Pb, Zn, Cu, Mo и плохо – их окисленные формы. Для молибденовых руд основным гипогенным минералом является молибденит – MoS_2, обладающий природными гидрофобными свойствами; но окисленные руды, представленные повеллитом – $CaMoO_4$, ферримолибдитом – $Fe_2O_3{\cdot}3MoO_3{\cdot}8H_2O$ и др., обогащаются с трудом. При этом получаются концентраты невысокого качества из-за легкой шламуемости гипергенных молибденовых минералов в процессе измельчения руды, близости флотационных свойств молибденовых и породообразующих минералов.

Химический состав руд определяется наличием полезных, вредных, петрогенных элементов (оксидов), их содержанием и соотношением, присутствием особенно химически активных форм. Для ряда месторождений схемы и показатели обогащения определяются содержанием элементов и их соотношением. Например, при переработке бокситовых руд для получения глинозема важнейшим является гидрохимический метод Байера. Его использование эффективно для высококачественных руд с кремниевым модулем $M_{si} = Al_2O_3 / SiO_2$ более 5-7. При низком значении M_{si} (высоком содержании SiO_2) руды перерабатываются по более дорогостоящей технологии методом спекания.

При добыче урана методом подземного выщелачивания используют в качестве растворителя кислоты (H_2SO_4). Чем больше карбонатность среды, тем значительней расход

кислоты, сильнее проявляется явление кальматации, тем меньше извлечение урана в продуктивные растворы. Поэтому при существенной карбонатности пород (более 2,0-2,5 % CO_2) извлечение урана с помощью кислоты неэффективно. Нужно переходить на другие схемы.

При характеристике технологических свойств минерального сырья необходим учет *текстурных особенностей руд.* Эти особенности обусловлены размером, формой и характером срастаний минеральных агрегатов. По признаку влияния текстур на процессы переработки минерального сырья их можно подразделить на благоприятные и неблагоприятные. *Благоприятные текстуры* характеризуются крупными размерами скоплений, однородным строением, простыми границами между агрегатами. Для таких руд наиболее эффективны процессы рудоподготовки. Обогащение не вызывает больших затруднений и позволяет получать высококачественные концентраты. *Неблагоприятные для обогащения текстуры* имеют небольшие размеры минеральных скоплений, неоднородное строение агрегатов, сложные и постепенно изменяющиеся границы между ними. Подобные руды требуют сложных, многостадийных процессов рудоподготовки и обогащения.

При изучении технологических свойств полезного ископаемого возможно выделение природных и технологических типов руд. В результате специальных исследований анализируется пространственное распределение этих типов, их геометризация в рамках *геолого-технологического картирования.*

Горно-геологические условия эксплуатации определяют возможность и экономическую целесообразность отработки месторождения с учетом современного состояния горной техники. Каждый выбранный способ разработки месторождения предъявляет свои требования к условиям залегания полезного ископаемого, крепости и устойчивости пород и руд, гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям месторождения.

Среди *способов разработки* месторождений выделяют геотехнологии (Ясковский, 2001): физико-техническая открытая, физико-техническая подземная, физико-химическая скважинная, комбинированная. В процессе эксплуатационных работ из-за неоднородности горно-геологической среды (извилистость границ рудного поля, прерывистости внутреннего строения, изменчивости свойств вмещающих пород) возникают эффекты разубоживания и потерь.

Разубоживание связано с примешиванием пустых пород к извлекаемой рудной массе. В результате засорения среднее содержание в добываемой рудной массе становится ниже, чем содержание в балансовых запасах. Отмеченный процесс характеризуется коэффициентом разубоживания: $Р = (С_н-С_д) / С_н \cdot 100$ %, где $С_н$ – содержание полезного компонента в балансовых рудах, $С_д$ – содержание в добытой рудной массе.

Потери возникают в процессе разработки месторождения потому, что извлечь полезное ископаемое удается не полностью. Часть запасов остается за контуром отработки. Величина потерь оценивается коэффициентом разубоживания: $П = (З_т-З_д) / 100$ %, где $З_т$ – запасы теряемые, $З_д$ – запасы добытые.

Каждый способ разработки имеет достоинства и недостатки. По данным П. П. Ясковского к ним относятся:

- открытая геотехнология – высокая производительность, но небольшие глубины отработки и существенный экономический ущерб;
- подземная геотехнология – отработка на больших глубинах, но значительные потери полезного ископаемого в недрах и тяжелые условия труда;
- скважинная геотехнология – возможность извлечения полезных компонентов в сложных горно-геологических условиях, но необходимы особые предпосылки для создания подвижных флюидов.

Достоинства и недостатки разных способов разработки тесно связаны с определенными горнотехническими условиями. К ним относятся:

а) *Глубина залегания* – один из важнейших горнотехнических показателей, определяющих способ добычи.

При малой глубине залегания применяется открытый способ добычи. Он позволяет развить большую производительность, обеспечить высокую эффективность, низкую себестоимость и более безопасные условия ведения горных работ. Экономическая эффективность добычи определяется коэффициентом вскрыши – отношением объемов (или масс) вскрыши и полезного ископаемого. Предельный коэффициент вскрыши и, соответственно, предельная глубина открытой разработки находится технико-экономическими расчетами. Максимально допустимый коэффициент вскрыши зависит от ценности полезного ископаемого и ориентировочно составляет: для строительных материалов 3 $м^3/м^3$, для углей 6 $м^3/м^3$, для черных металлов 10 $м^3/м^3$, для цветных металлов до 40 $м^3/м^3$. Глубина карьеров открытой добычи не превышает 500 м, но есть проекты глубиной до 700-800 м.

При глубоком залегании полезного ископаемого применяется подземный (шахтный) способ добычи. Он менее производительный и более дорогой по сравнению с открытым способом. Глубина работ колеблется от десятков метров до первых километров. К глубоким относятся шахты, отрабатывающие рудные тела на отметках от 600 (700) до 1000 (1200) м, к весьма глубоким – с глубиной от 1000 (1200) до 2500 м. С глубины 2500 м начинаются сверхглубокие шахты. Они достигнуты при эксплуатации золоторудных месторождений: Морроу-Велью (Бразилия, более 2500 м), Колар (Индия, более 3300 м), Витватерсранд (ЮАР, около 4000 м).

При проходке подземных горных выработок с глубиной увеличивается горное давление (в среднем 2,5 МПа на 100 м) и температура (в среднем 3 ^{0}С на 100 м). При подземной геотехнологии горное давление может проявляться в виде сдвижения, пучения. стреляния пород вплоть до горных ударов. С целью предотвращения горных ударов применяются специальные технологии выемки массива горных пород.

Условия залегания во многом определяют систему разработки месторождений (в первую очередь, подземной). По значению угла падения различают залегания горизонтальные и весьма пологие (0-5^0), пологие (5-25^0), наклонные (25-45^0), весьма крутые (60-90^0). Имеет значение и выдержанность угла падения в пределах блоков добычи

руды. Если угол падения устойчивый, то независимо от его значения ($0\text{-}90^0$) залежь считается выдержанной.

Высокая степень тектонической нарушенности усложняет ведение горных работ. Наибольшие неприятности доставляют малоамплитудные разрывные нарушения, которые не удается надежно выявлять в процессе разведки. Они приводят к повышению потерь и разубоживания руды при добыче, служат причиной неустойчивости и обрушения кровли, прорывов воды и т. д.

Более надежно при разведке выявляются крупные разрывные нарушения с амплитудой в десятки-сотни метров. Они служат естественными границами шахтных полей, участков, блоков добычи.

Мощность залежей является параметром, определяющим технологию добычи. В горном деле выделяются пять классов залежей: 1) тонкие 1,0-1,5 м; 2) средние от 1,0-1,5 до 3-4 м; 3) мощные от 3-4 до 8-10 м; 4) весьма мощные 10-50 м; 5) сверхмощные более 50 м. При изменении класса мощности возможно изменение системы разработки. Поэтому при разведке необходимо выделение геологически однородных блоков (ГОБов), которые заслуживают применения единой технологии добычи. ГОБы при этом приобретают статус технологически однородных блоков (ТОБов).

Кондиционным требованием, предъявляемым к залежам полезных ископаемых, является минимальная промышленная мощность. Она представляет собой минимальную мощность тела полезного ископаемого, при которой его разработка экономически выгодна. Выше этого значения мощность считается рабочей (или кондиционной), ниже – нерабочей (некондиционной). Так как мощность залежей меняется в пространстве, то внутри них могут появляться некондиционные участки или блоки, создавая прерывистость оруденения.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия играют существенную роль при проектировании и ведении горных работ (Поротов, 2004).

Физические свойства (скальные или слабосвязанные грунты), трещиноватость, расслоенность, наличие зон дробления, проявленная анизотропия свойств определяют устойчивость горных пород и руд при добыче сырья, а также размеры эксплуатационных блоков, значение углов откоса бортов карьера и т. д.

Обводненность месторождения определяется насыщенностью горных пород и руд подземными водами и зависит от совокупности факторов. К гидрогеологическим факторам относятся: количество водоносных горизонтов, условия их питания, фильтрационные свойства пород, оценка возможного водопритока в эксплуатационные выработки, состав и агрессивность подземных вод.

Инженерно-геологические факторы включают: проницаемость, набухаемость, размокаемость, коэффициент размягчения и др.

На месторождениях, где развиты карстовые процессы, существенную роль играют глубина и интенсивность развития карста. Выявляются зоны обводнения и поглощения воды, рассматривается возможность обрушения горных пород в зоны карста.

По результатам выполненных исследований должен быть сделан прогноз *экологических последствий* ведения горных работ, решен вопрос о необходимости и объеме природоохранных мероприятий.

Необходимо учитывать, что при ведении горных работ значительную площадь занимают отвалы или отходы горного предприятия. При необходимости следует предусматривать комплекс работ по укреплению отвалов, их рекультивации, очистке рудничных вод от вредных примесей и создании водохранилищ для их накопления. Должны быть оценены последствия осушения окружающей территории вследствие понижения уровня подземных вод.

ФОРМЫ РУДНЫХ ТЕЛ

Форма рудных тел является одним из ведущих факторов, определяющих методику проектируемых разведочных работ.

По своей сути, форма рудных тел определяется соотношением трех параметров: длины по простиранию, длины по падению и мощности.

Обозначим длину по простиранию Дпр, длину по падению Дпад, мощность М. Тогда формы рудных тел при всем своем многообразии могут быть сведены к трем основным группам (рис. 6).

1. *Изометричные*, Дпр ≈ Дпад ≈ М. В эту группу относятся штоки и гнезда.

Штоки – рудные тела средних и мелких размеров, по форме близкие к цилиндру: изометричные или эллипсовидные в плане и столбообразные в разрезе.

Гнезда – небольшие изометричные тела, характерные для камнесамоцветного сырья, редких и благородных металлов.

2. *Плоские*, Дпр ≈ Дпад >> М. К плоским, или плитообразным телам относятся, в первую очередь, пласты и жилы.

Пласты – это согласные плитообразные тела. Залегают согласно, то есть параллельно вмещающим породам. Пласт соответствует осадочному слою. Выделяются также *пластообразные залежи,* которые отличаются от пластов меньшими размерами, а также меньшей выдержанностью.

Жилы – секущие плитообразные тела. Их границы пересекают контакты вмещающих пород. Жилы, как и магматические дайки, –тела выполнения трещин. Жилы могут быть простыми, а также сложными, ветвящимися и т. п.

3. *Линейные*, Дпр >> Дпад ≈ М или Дпад >> Дпр ≈ М. Эта группа объединяет рудные тела, вытянутые в одном направлении. Если преобладающим размером является длина по простиранию, образуются *рудные ленты*, типичные для речных (аллювиальных) россыпей. Если наибольший размер отвечает длине по падению, то рудные тела имеют столбообразную или трубообразную форму. *Рудные столбы и трубы* приурочены обычно к пересечениям разломов или к вулканическим жерлам.

Широким распространением для обозначения формы рудных тел пользуются в геологии термины «штокверк» и «линза».

Штокверк представляет собой минерализованный объем горных пород. Обычно это массивы магматических пород или их части, насыщенные многочисленными разноориентированными прожилками и вкрапленностью рудных минералов. Такие рудные тела не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования. Обычно штокверки имеют форму, близкую к изометричной. Однако нередко

минерализованные зоны штокверкового типа, приуроченные к разрывным нарушениям (*линейный штокверк*; тогда их форма будет плоской или линейной.

Термин «*линза*» также не имеет однозначного морфологического содержания. Короткую и толстую линзу можно отождествить с гнездом. Плоские линзы соответствуют плоским рудным телам: согласным, если линза расположена параллельно контактам вмещающих пород, и секущим, если линза залегает косо. Наконец, линзы могут вытягиваться в одном направлении, образуя линейные рудные тела.

Кроме того, нередко встречаются рудные тела сложной, или комбинированной формы. Обычно они представляют собой сочетания или комбинации тел, принадлежащих к разным группам. Наиболее распространены крестообразные, грибообразные, седловидные и пр.

ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДКИ

Установление принадлежности изучаемого месторождения к конкретному промышленному типу способствует выбору системы его разведки. Уже на стадии оценочных работ эта задача должна решаться. В то же время месторождения одного и того же промышленного типа нередко характеризуются разными размерами, формой рудных тел, разной сложностью внутреннего строения (минеральным составом, текстурно-структурными особенностями, типами и сортами руд, содержанием полезных и вредных компонентов). Для обоснования системы разведки, технических средств и методических приемов большое значение приобретает *группировка месторождений* по сложности геологического строения для целей разведки, учитывающая накопленный опыт их разведки и разработки (Комплексная …, 1990).

Впервые на необходимость группировки месторождений полезных ископаемых по сложности строения в зависимости от вычисленных значений коэффициентов вариации мощности и содержания полезных компонентов указано в работах В. М. Крейтера, Д. А. Зенкова, Н. В. Барышева, В. И. Красникова и др. В обобщенном виде группировка была предложена В. М. Крейтером в 1940 г. Все месторождения, исходя из учета формы и размеров рудных тел, разделены на пять групп (Крейтер, 1961): 1) пластовые и пластообразные тела, занимающие стратиграфический горизонт (или к нему приуроченные), и россыпи; 2) очень крупные залежи, неправильные тела и минерализованные массивы штокверкового и гнездового распределения, залегающие в разных крепких породах; 3) жило- и линзообразные тела в разных породах; 4) трубчатые и ветвящиеся залежи небольшого масштаба; 5) мелкие гнезда, штокверки, линзы, карманы и трубки в разных породах.

Разработанные В. М. Крейтером принципы группировки месторождений по факторам, определяющим методику их разведки, были положены в основу большинства последующих группировок и учитывались во всех поколениях инструкций ГКЗ СССР по применению классификации запасов. Они нашли отражение и в последнем опубликованном варианте группировок месторождений различных полезных ископаемых для целей разведки (Методические рекомендации…, 2007).

Многими авторами отмечалось, что принятые группировки базируются на качественных признаках, исходя из опыта разведки и разработки объектов. Например, геологическое строение простое, сложное, очень сложное; распределение полезных компонентов равномерное, неравномерное, крайне неравномерное. Поэтому установление группы сложности месторождения, основанное только на качественных критериях, во многих случаях оказывается спорным.

Группировку месторождений (или отдельных тел) полезных ископаемых по сложности геологического строения, основывающуюся на исследовании изменчивости их основных свойств, предложили В. И. Бирюков и М. Н. Денисов (1985). При этом рекомендуется использовать количественные показатели (табл.). Подобный подход отражен в последних вариантах группировки месторождений, предлагаемых ГКЗ в подготовленных Методических рекомендациях (2007). Так, при группировке месторождений железных руд рекомендуется использовать количественные характеристики основных свойств оруденения (табл.). Однако следует отметить, что значения таблиц характеризуют наибольшую степень разведанности месторождения или их частей перед началом эксплуатации. С уменьшением детальности изучения числовые значения признаков могут изменяться: q уменьшается с уменьшением числа наблюдений на прерывистых объектах; K_ρ и V меняются непредсказуемо: то в сторону увеличения, то в сторону уменьшения. В этом проявляется слабость классификационных числовых признаков. Совершенствование подобных группировок должно основываться на учете особенностей отдельных видов минерального сырья; внедрении геофизических методов исследований, учитывающих контрастность физических свойств рудных тел и вмещающих пород (Шевелев, 2004). Помимо этого, разрабатываемые группировки месторождений должны способствовать рациональному проведению всего геологоразведочного процесса – от проектирования работ до их завершения. Первый тип группировок – морфологический, его следует использовать при проектировании и производстве ранних стадий разведочного процесса. Второй тип, содержащийся в Методических рекомендациях ГКЗ, позволяет относить объект к определенной группе и определять необходимое соотношение разных категорий подсчитываемых запасов с учетом критерия предпринимательского риска.

На практике используется группировка месторождений по сложности геологического строения, предусмотренная Классификацией запасов…(2007). Согласно этому документу необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений. По данному признаку месторождения подразделяются на следующие группы.

1-я группа. Месторождения (участки недр) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабо нарушенным залеганием. Характеризуются устойчивой мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий *A, B,* C_1 и C_2. Примеры месторождений:

Джезказганское и Коунрадское меднорудные; Талнахское медно-никелевое; Никопольское и Чиатурское марганцевых руд; Лисаковское и Аятское железорудные и др.

2-я группа. Месторождения (участки недр) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко 2-ой группе также относятся месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными горно-геологическими условиями разработки. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий *B, C_1* и C_2. Примеры месторождений: Гайское, Сибайское, Учалинское меднорудные; Кальинское и Черемуховское бокситов; Гусевогорское и Качканарское титано-магнетитовых руд и др.

3-я группа. Месторождения (участки недр) очень сложного строения со средними и мелкими по размерам телами полезного ископаемого с интенсивно нарушенным залеганием, изменчивыми мощностью и внутренним строением, невыдержанным качеством и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются по категориям C_1 и C_2. Примеры месторождений: Красногвардейское, Октябрьское, Тарньерское медных руд; Мугайское, Аятское бокситов; Садовское, Рубцовское свинцово-цинковых руд; Удерейское сурьмяное; большинство золоторудных месторождений.

4-я группа. Месторождения (участки недр) с мелкими, средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием и резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого, прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются преимущественно по категории C_2. Примеры: месторождения пьезооптического кварца, оптического кальцита; камнесамоцветного сырья; Ховуаксинское кобальтовое; Актайское ртутное; Шахтаминское молибденовых руд, Чорух-Дайронское вольфрамовых руд и др.

Согласно утвержденной Классификации (2007) регламентированное соотношение запасов разных категорий на разведанных месторождениях полезных ископаемых в настоящее время не требуется: это соотношение определяет владелец лицензий самостоятельно с учетом планируемого предпринимательского риска.

По степени изученности месторождения подразделяются на разведанные и оцененные.

К разведанным относятся месторождения (участки недр), запасы которых, качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение в установленном порядке. Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, достаточной для проектирования

рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов (имеющих промышленное значение) и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;

- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (породы вскрыши, подземные воды, отнесенные на основании кондиций к балансовым), изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические и инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждены на представительных для месторождения участках детализации;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании ТЭР, позволяющих определить масштаб и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду; даны рекомендации по снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки. По степени изученности они должны удовлетворять следующим требованиям:
- обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории C_2;
- вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- гидрогеологические, инженерно-геологические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждена на участках детализации; подсчетные параметры кондиций установлены на основании укрупненных ТЭР или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных горно-геологических условиях;
- оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

НЕОДНОРОДНОСТЬ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ НЕДР, ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СПОСОБЫ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ

Исследование неоднородности скоплений полезных ископаемых

При изучении минерализованных участков недр как объектов разведки используется *концепция относительной элементарности.* В соответствие с этой концепцией объект исследования рассматривается в качестве сложной системы, состоящей из множества условно неделимых элементов и объединенных между собой совокупностью условно неделимых связей (Каждан, 1979). Выяснение взаимосвязи и пространственных взаимоотношений элементов неоднородности системы обеспечивает понимание ее структуры.

В изучаемой системе каждый элемент представляет условно неделимую структурную единицу. Однако абсолютно неделимых структурных элементов в действительности нет. Концепция относительной элементарности приводит к представлению о строении материального мира, в том числе, геологических объектов, как об иерархии структурных уровней материи с наличием множества дискретных, условно неделимых структурных единиц в пределах каждого из них.

При детализации наблюдений выявляется неоднородность ранее выделенных условно неделимых структурных элементов и появляется возможность расчленения их на более мелкие единицы. Они характеризуют неоднородность изучаемого объекта уже на более детальном структурном уровне.

При решении геологоразведочных проблем задача сводится к изучению неоднородности природных скоплений полезных ископаемых, их структуры и анизотропии строения как основы для выяснения *изменчивости важнейших свойств полезного ископаемого в недрах.* Познание изменчивости геологических, технологических и горнотехнических свойств определяет обоснование методики разведочных работ, влияет на их последовательность, геолого-экономическую оценку месторождений, эффективность технологии разработки и переработки минерального сырья.

А. Б. Каждан (1974) предлагает при изучении рудоносных территорий выделять шесть последовательных структурных уровней строения минерализованных недр:
- минерализованной зоны (толщи);
- тела полезного ископаемого;
- морфологически обособленного участка тела полезного ископаемого;
- локального обособления участка тела полезного ископаемого (рудного гнезда);
- минерального агрегата;
- минерального зерна или кристалла полезного минерала.

На рис. 7 показана модель одного из флюоритовых месторождений, где отражены разные природно-структурные уровни проявленной минерализации (Каждан, 1977).

Позднее при рассмотрении вопроса о *системном подходе к изучению недр* А. Б. Каждан (1984) предложил задействовать в практике прогнозно-металлогенических исследований развернутую иерархию структурных уровней минерализованных участков недр, включающую большее количество структурно-однородных единиц (от региональных к локальным). Эта систематика призвана обеспечить возможность создания геологических моделей развития рудообразующих процессов при любых масштабах исследования территорий. Выделены следующие уровни строения:
- металлогеническая провинция;

- металлогеническая область;
- рудный район;
- рудный узел;
- рудное поле;
- месторождение полезного ископаемого;
- продуктивная (минерализованная) зона (толща) полезного ископаемого;
- продуктивная залежь (тело) полезного ископаемого;
- морфологически обособленный участок (блок) залежи полезного ископаемого;
- локальное скопление полезного ископаемого (объем селекции или добычи);
- минеральный агрегат, состоящий из зерен полезного минерала;
- зерно, кристалл или обломок полезного минерала.

Отмечено, что количество выделяемых в процессе разведки последовательных уровней может быть изменено в зависимости от целей и задач исследований и от совокупности изучаемых свойств полезного ископаемого.

При обосновании шага опробования, размеров отбираемых проб и расстояний между пунктами наблюдений определяющее значение приобретает исследование соотношений линейных элементов неоднородности (Каждан, 1977; Четвериков, 1984; Шевелев, 2004). Смысл этого утверждения заключается в том, что строение одного и того же природного скопления полезного ископаемого может быть оценено как *однородное* при достаточно больших размерах проб и как *неоднородное* при размерах проб, уменьшенных до определенного предела (рис. 8). При изучении штокверка «длинными» пробами строение штокверка представляется как однородное. Если же уменьшить длину пробы, то строение штокверка следует признать неоднородным.

Учитывая соотношение размеров элементов неоднородности и линейных размеров проб предлагается выделять *три типа неоднородности:*
- неоднородность высшего порядка – линейные размеры элементов неоднородности во много раз меньше линейных размеров проб, а общее их число в каждой пробе очень велико;
- эффективную неоднородность – линейные размеры элементов неоднородности примерно на порядок меньше линейных размеров проб, а их число в объеме пробы сравнительно невелико (последние десятки – первые сотни);
- неоднородность низкого порядка – линейные размеры элементов неоднородности превосходят размеры проб.

Изменчивость свойств полезных ископаемых

Неоднородность природных скоплений полезных ископаемых проявляется в *изменчивости их свойств.* Под изменчивостью понимается непостоянство значений признаков в разных точках пространства. На основе количественных характеристик изменчивости свойств полезных ископаемых решаются основные методические вопросы поисков, разведки, опробования и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых (Каждан, 1977, 1984). Если бы изменчивость себя не проявляла, то одно единственное наблюдение в любой точке (например, разведочное пересечение) давало бы полное и точное представление обо всем изученном объекте.

При дискретной сети наблюдений геологическая неоднородность низшего порядка проявляется как случайная, так и как неслучайная пространственная изменчивость изучаемого свойства, но чаще всего – как сумма обеих составляющих изменчивости.

Для *случайной изменчивости* характерна независимость друг от друга значений признака, наблюдаемого в разных точках залежи (в том числе и смежных). Они не зависят от расстояния между пунктами наблюдений и имеют по всем направлениям характер случайных беспорядочных колебаний (рис. 9 б). Случайная изменчивость может быть количественно охарактеризована методами вариационной статистики случайных величин.

Под неслучайной изменчивостью (закономерной) понимают характеристику закономерностей пространственного размещения изучаемого свойства в некотором объеме недр. Определяющим свойством неслучайной изменчивости является наличие плавных колебаний значений признаки и постоянство знака приращения на протяжении изучаемого отрезка недр. Поскольку закономерная изменчивость связана с пространственным положением пунктов наблюдения, то её называют *координированной* (рис. 9а).

В реальных условиях всегда наблюдается сочетание случайной и закономерной изменчивости в разных пропорциях. В зависимости от их сочетаний предложено выделять три градации изменчивости (Поротов, 2004): простая – преобладает закономерная изменчивость на фоне случайных колебаний; сложная – закономерная и случайная изменчивость присутствуют приблизительно в равных отношениях; весьма сложная – преобладает случайная изменчивость, а закономерная составляющая проявлена лишь в виде тенденции. Составляющая случайной изменчивости оказывает непосредственное влияние на статистическую оценку средних характеристик изучаемого свойства, определяя число наблюдений, необходимое для достижения желаемой достоверности средних оценок. Однако в практике разведки в первую очередь геологов интересует пространственная изменчивость важнейших свойств, которая может быть выражена только ее неслучайной составляющей. Неслучайная изменчивость позволяет оценить характер *анизотропии свойств* полезного ископаемого и выдержанность его строения по разным направлениям в пространстве. Направление, по которому устанавливается максимальная или минимальная скорость изменения изучаемых свойств, носит название *оси анизотропии.*

Анизотропия проявляется в результате упорядоченности пространственного размещения геолого-структурных элементов – зерен, минералов, минеральных агрегатов, располагающихся по слоистости, сланцеватости, зон трещиноватости и т. д. Характеристика анизотропии служит основой для ориентировки сети наблюдений и выбора расстояний между смежными точками по каждому из наблюдаемых направлений.

Мерой анизотропии I служит отношение среднего числа n элементов неоднородности, пересекаемых линиями, проведенными в заданном направлении, к длинам этих линий l в пределах изучаемого объема полезного ископаемого: $I = n / l$ (Каждан, 1984). Наиболее широко распространены скопления полезных ископаемых, имеющих три взаимно ортогональных направления анизотропии: жилы, россыпи, многие пластовые и пластообразные тела и залежи. В них направление максимальной изменчивости свойств совпадает с направлением мощности, а направление минимальной изменчивости – с их

вытянутостью. Промежуточное по значению направление изменчивости совпадает с шириной залежей.

Реже встречаются трубообразные и изометричные линзообразные скопления полезных ископаемых, имеющих два направления анизотропии. В них выделяется круговое сечение, перпендикулярное к длинной или к короткой оси. В плоскости кругового сечения изучаемые свойства близки к изотропным. Второе направление анизотропии совпадает с направлением оси.

Примерами изотропных скоплений полезных ископаемых являются изометрические штокверки цветных и редких металлов.

Таким образом, анизотропия и неоднородность строения природных объектов тесно взаимосвязаны и представляют собой разные формы проявления структуры изучаемых геологических образований. В то же время анизотропия любого порядка может быть выявлена в том случае, если совокупность элементов, создающих анизотропию, укладывается в размеры пробы. Большое значение имеет также учет пространственного расположения пунктов наблюдений. Чем выше природная неоднородность строения и изменчивость полезных ископаемых, тем более локальной должна быть система наблюдений при их разведке и более значительными размеры или объем отбираемых проб.

Природная изменчивость свойств полезных ископаемых представляет явление сложного и многопланового характера. Задача полного количественного описания ее практически не выполнима. Поэтому следует отличать понятие *природной изменчивости* свойств полезных ископаемых от понятия их *наблюдаемой изменчивости* по результатам геологоразведочных работ (Каждан, 1984).

Завершая обзор подходов к изучению изменчивости, приведем высказывание (Шевелев, 2004): «Как бы детально и технически качественно не производилась разведка, создаваемая на ее основе эмпирическая модель разведуемых объектов недр, является приближенным отражением действительности. Если методика разведки выбрана несоответствующей особенностям разведуемого объекта, то никакими формальными приемами и способами последующего анализа и обработки (включая применение математики и ЭВМ) нельзя исправить или уменьшить возникающие ошибки».

Способы изучения изменчивости

Способы анализа выявленной изменчивости разнообразны. Их условно можно объединить в две группы – геологические и математические. В основе каждой группы лежит выбранный тип моделей, используемых для отображения изменчивости параметров объекта.

Геологические способы.

Для отражения геологических представлений изучаемых объектов и наблюдаемых признаков используют разные виды графических (геометрических) моделей (Каждан, 1974, 1984; Поротов, 2004). Эти модели являются плоскостными графическими материалами или объемно-макетными (скульптурного, рельефного, скелетного и др. типов). Примерами плоскостных моделей являются планы в изолиниях (мощности, содержаний, метропроцентов и др.), гипсометрические и погоризонтальные планы, разного вида графики по направлениям, проекции рудных скоплений на вертикальные или

горизонтальные плоскости и т. д. На графических материалах отображаются степень, характер и структура изменчивости параметров месторождения или их совокупность по определенным сочетаниям, площадям. Надежная геологическая обоснованность и наглядность моделей делают их незаменимыми при изучении и прогнозировании изменчивости геологических объектов. Они остаются ведущим способом обоснования системы разведки месторождений. Одной из разновидностей графических моделей являются блок-диаграммы, обеспечивающие наглядное пространственное представление о геологическом строении рудных полей, месторождений, участков (рис. 10).

Геологическое моделирование представляет сложную творческую задачу, допускающую порой несколько разных решений (Поротов, 2004). Причины этого – сложность геологических процессов, которые чаще всего остаются не познанными; дискретность сети наблюдений. Изученные объемы руд и горных пород малы по сравнению с объектами, на которые распространяются результаты наблюдений. Поэтому неизбежно возникают проблемы разработки более достоверных геологических моделей.

Графические модели обеспечивают лишь качественную оценку условий залегания, формы, строения природных скоплений полезных ископаемых и отражают упрощенное представление о характере и пространственной изменчивости свойств. Поэтому математическое обоснование геологических моделей, математический анализ изменчивости геолого-промышленных параметров выбранной модели становится необходимым. Приступить к математическому моделированию можно только создав удовлетворительную геологическую модель объекта. Геологическая модель должна отражать разделение объекта на блоки с разными типами изменчивости, тектонические смещения рудных тел, первичную и вторичную зональность и иные особенности. Игнорирование этих признаков объекта делает последующую математическую оценку изменчивости не корректной.

Математические способы

Математические методы, применяемые для изучения и прогноза изменчивости параметров геологических объектов, многочисленны и разнообразны. Задачей настоящего обзора является: дать общее представление об основных направлениях математического моделирования в рамках рассматриваемой проблемы; кратко охарактеризовать наиболее распространенные математические способы изучения изменчивости; указать области их применения и практическую значимость получаемых результатов (Поротов, 2004).

Вопросы математического моделирования широко освещены в многочисленных научных публикациях и учебной литературе. Эта информация отражена в учебниках и учебных пособиях (Каждан, 1974, 1984, 1990; Погребицкий и др., 1977; Поротов, 2004; Волков, 2006 др.). Более подробно проблемы изучения изменчивости параметров месторождений рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Геометризация и анализ геологических полей», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

Считается, что геологические объекты относятся к «плохо организованным природным системам». Они не поддаются точному количественному описанию и, как правило, взаимосвязь между их параметрами не может быть выражена строгими законами.

Приходится создавать модель, дающую лишь приближенное представление о строении объекта и протекавших в объеме залежей рудообразующих процессах. Чем более точные представления будут получены исследователями об изучаемом объекте, тем объективнее будет подобрана соответствующая его особенностям цифровая модель, более надежные и представительные результаты получены при анализе материалов.

На базе геологических моделей созданы разные математические модели. Кратко охарактеризуем лишь некоторых из них:

- статистическая модель;
- геостатистическая модель;
- модели на основе случайной функции;
- разностные модели;
- геометро-статистическая модель.

Статистические модели. Их использование целесообразно, если в наблюдаемой изменчивости признака практически отсутствует закономерная составляющая и, следовательно, геометризация признака в изучаемом объеме недр практически невозможна.

Применение одномерной статистической модели основано на предположении о независимости значений изучаемого признака. В общем случае можно лишь считать, что чем выше степень изменчивости признака, тем полученные результаты ближе к статистической совокупности. Опыт показывает, что формулы математической статистики дают достаточно достоверные результаты при изучении изменчивости месторождений золота, платины, алмазов, редких и отчасти цветных металлов, мусковита и др., но оказываются ненадежными при оценке изменчивости залежей многих осадочных полезных ископаемых.

В практике разведочных работ одномерные статистические модели используются, главным образом, для численной оценки степени изменчивости геолого-промышленных параметров тел полезных ископаемых и месторождений, а также оценки точности полученных результатов. Важнейшими характеристиками таких моделей являются среднее значение изучаемого параметра $x_{ср}$, дисперсия s^2, среднеквадратичное отклонение s и коэффициент вариации V.

Поскольку у реальных геологических объектов обычно проявлено сочетание случайной и закономерной составляющих изменчивости, статистические модели, считающие все изменения случайными, показывают завышенную оценку. Во избежание этого необходимо выделять и исключать закономерную составляющую и рассчитывать коэффициент вариации только по данным выделенной случайной составляющей изменчивости.

При разведке месторождений выборки чаще всего характеризуются небольшими объемами. Поэтому оценку среднего значения оцениваемого параметра можно рассматривать как случайную величину, не соответствующую математическому ожиданию. Последнее и представляет собой истинное среднее значение этого параметра для генеральной совокупности – геологического объекта в целом. Поэтому одной из решаемых задач является выбор лучшего способа вычисления этой оценки и определение степени ее точности.

Статистические оценки могут быть точечными (выражены определенным числом) и интервальными (указывается интервал значений, в пределах которого находится истинное значение величины при заданной вероятности этого события) (Каждан, 1984).

При сравнении изменчивости параметров разной размерности наряду с абсолютной используют относительную величину (коэффициент вариации), обычно выражаемую в процентах:

$$V = (\frac{\sigma}{x_{\text{ср}}}) \cdot 100$$

Использование коэффициента вариации при оценке изменчивости имеет смысл в тех случаях, когда необходимо рассчитать средние значения геолого-промышленных параметров и погрешности их определения. Поэтому статистическая модель обычно применяется для изучения изменчивости содержания компонентов в рудах и мощностей тел полезных ископаемых, но она не эффективна при анализе условий залегания этих тел, их внутреннего строения и изменчивости качества нерудных полезных ископаемых (известняк, доломит, гипс и др.).

Геостатистическая модель. Предложена Ж. Матероном (Матерон, 1968) в шестидесятых годах прошлого столетия. Основана на предположении, что результаты наблюдений зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдений результаты измерений меняются. По этой причине их рассматривают как случайные величины. При этом средний квадрат разности измеренных значений зависит только от расстояния между пунктами наблюдений.

Основной инструмент геостатистики – вариограмма – используется для анализа и описания пространственной корреляционной структуры между произвольно размещенными реальными данными наблюдений. Вариограмма измеряет степень корреляционной связи между пробами в пространстве. Она обычно характеризуется 3-мя главными параметрами (рис. 11).

- *Эффект самородка* – это случайная составляющая дисперсии проб, которая показывает насколько велико различие содержаний в очень близко расположенных образцах. Величина эффекта самородка зависит от сети опробования месторождения и степени ее изменчивости. Название этого параметра введено при оценке месторождений золота, где часто встречаются непредсказуемые «ураганные» содержания металла.
- *Порог вариограммы* – это величина дисперсии проб. Когда вариограмма достигает порога, она часто выполаживается и больше не растет.
- *Зона влияния* – это максимальное расстояние, на котором между пробами еще существует корреляция. На меньших расстояниях (с определенной долей вероятности) можно предсказать содержание в точке массива по данным опробования, а на больших дистанциях – не имеем права. Вариограмма достигает порога на расстоянии, равном зоне влияния. На графике – это расстояние по оси абсцисс от начала координат до точки пересечения теоретической вариограммы с линий порога.

Вариограмма рассчитывается как сумма квадратов разности содержаний между пробами, отстоящими друг от друга на расстоянии h, отнесенная к удвоенному числу пар проб. Функция экспериментальной вариограммы имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = \frac{\sum\left(C_i - C_{(i+h)}\right)^2}{2N},$$

где C_i – содержание элемента в точке i,

$C_{(i+h)}$ – содержание элемента в точке, отстоящей на расстояние h от «i» пробы.

Анализ вариограмм необходим для изучения пространственной неоднородности минерализации и расчета исходных параметров для оценки содержаний с помощью кригинга. Выполнение подобных исследований оправдано в тех случаях, когда предполагается наличие на месторождении жильных тел или рудных зон, прослеженных на значительные расстояния, а также если месторождение характеризуется рассеянной минерализацией с неопределенным типом анизотропии. В прикладном плане знание параметров пространственной изменчивости рудной минерализации дает возможность существенно сэкономить средства на разведочные работы, так как наличие вариограмм позволяет уверенно рассчитывать уровень содержаний между буровыми скважинами без дополнительного сгущения буровой сети, а также обосновывать оптимальную густоту разведочной сети. Выявленные закономерности распределения полезных компонентов в пространстве позволяют более надежно интерполировать значения содержаний, оценивать достоверность запасов.

Расстояние, на котором достигается порог (зона влияния), может меняться в зависимости от направления, вдоль которого оценивалась вариограмма. Например, в случае пластовой залежи изменчивость содержаний по простиранию пласта будет меньше, нежели вкрест простирания. Этот феномен называется геометрической (или дирекционной) анизотропией минерализации (Поротов, 2004). В случае если в разных направлениях вариограммы имеют разный порог, анизотропия называется зональной.

При моделировании вариограммы необходимо выбрать соответствующий тип модели. Существуют следующие основные типы вариограммы: линейная, общая линейная (линейные графики), сферическая, экспоненциальная, гауссова, с дырочным эффектом (криволинейные графики). Чаще всего используют сферическую или экспоненциальную модели (рис. 12).

Исследование пространственной изменчивости содержаний полезного компонента с помощью геостатистической модели проведено на одном из золоторудных месторождений Казахстана. Работа выполнена студентом-дипломником М. А. Дресвянниковым (2017). При обобщении материала за основу взята концепция, что традиционными рудоконтролирующими для золотого оруденения считаются структуры северо-восточного направления. Поэтому все первичные геохимические ореолы привязывались к ним, в том числе и ореолы золота.

Для анализа пространственного распределения золота с помощью программы LeapFrogGeo построены 3D модели, отражающие пространственное распределение содержаний золота. В результате на месторождении выделено 6 зон по преобладающему направлению простирания минерализованных зон (рис. 13).

По каждой выделенной зоне рассчитывались экспериментальные вариограммы. Для более наглядного представления построены поверхности вариограмм, представляющие собой розы-диаграммы, на которых в зависимости от направления и расстояния вынесены

значения функции вариограммы (γ). На рис.14-16 интенсивность закраски отражает изменение значений дисперсии, приведенные к шкале; стрелками показаны направления минимальной изменчивости золота. В первой зоне (рис. 13) северо-восточное направление минимальной изменчивости соответствует вытянутости рудоносной зоны. Зона 2, находящаяся в центральной части месторождения, уже имеет изотропное строение (рис. 15), которое может быть объяснено пересечением двух преобладающих на месторождении направлений распространения золоторудной минерализации (северо-западного и северо-восточного). В третьей зоне (рис. 16) направление изменчивости изменяется на противоположное, характерное для дисперсии первого участка. В целом, горизонтальные вариограммы подтверждают данные, полученные при моделировании рудной зоны. Зоны 1, 4 и 5 имеют минимальные значения дисперсии в северо-восточном направлении, зоны 3 и 6 – северо-западное, 2-ая зона – изотропна по значениям изменчивости.

Выявление в результате геостатистического моделирования «нового» структурного направления (северо-западного) (рис. 16) позволило запроектировать золотодобывающей компании в этой зоне продолжение геологоразведочных работ (в рамках доразведки северо-западного фланга месторождения).

Модели на основе случайных функций могут быть использованы для количественного описания изменчивости признака (пространственной переменной) в зависимости от местоположения пунктов наблюдений. В основе модели лежит гипотеза, что значение признака является случайной функцией координат.

$$\varphi(x) = m(x) + \delta(x).$$

Случайная функция состоит из двух частей: закономерной $m(x)$ и случайной $\delta(x)$ составляющих (рис. 17).

Закономерную часть называют математическим ожиданием случайной функции. Значения случайной функции, получаемые в результате эксперимента и заранее неизвестные, называются ее реализацией. Основными характеристиками случайной функции $j(x)$ являются ее математическое ожидание, дисперсия случайной составляющей, автоковариационная и автокорреляционная функции.

Математическое ожидание $m(x)$ представляет собой наиболее вероятное значение случайной функции в точках x. Дисперсия случайной составляющей D выражается формулой:

$$D = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\delta(x_i)$$

Автоковариационная функция $K(h)$ представляет собой среднее произведение соседних отклонений на расстоянии h:

$$K(h) = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}[\delta(x_i + h)\delta(x_i)]^2 ,$$

где n – количество наблюдений; m – количество пар соседних отклонений.

Автокорреляционная функция $r(h)$ представляет собой отношение автоковариационной функции к дисперсии:

$$r(h) = K(h)/D.$$

Сложность применения случайных функций состоит в том, что результаты геологических наблюдений представляют собой, как правило, лишь одну ее реализацию. Характеристики случайной функции можно найти либо тогда, когда она является стационарной и эргодичной, либо при введении дополнительных гипотез.

Стационарной называют случайную функцию, у которой характеристики не меняются при сдвиге сети наблюдений. Она имеет постоянные математическое ожидание и дисперсию, а корреляционная функция ее зависит лишь от расстояния h между соседними пунктами наблюдения, т. е. по существу является функцией одного аргумента. *Эргодичной* именуют стационарную случайную функцию, одна реализация которой на большом интервале эквивалентна большому числу реализаций на малом интервале.

Модель на основе стационарной случайной функции предполагает, что математическое ожидание – величина постоянная, т. е. закономерные изменения признака в пространстве отсутствуют. Тогда математическое ожидание (оценка математического ожидания) равно среднему значению признака: $m(x) = j_{ср}$, а случайные отклонения находят по формуле $d(x) = j(x) – j_{ср}$. Дисперсия, автоковариационная и автокорреляционная функции вычисляются по формулам, приведенным выше.

Из перечисленных характеристик наибольший интерес представляет *автокорреляционная функция* $r(h)$, которая показывает степень связи соседних значений признака в зависимости от шага наблюдений h. При $h = 0$ корреляционная функция $r = 1$; с увеличением шага наблюдений значение r убывает и стремится к нулю. Предельный шаг наблюдений, при котором коэффициент автокорреляции становится неотличимым от нуля, называется радиусом автокорреляции R. Он соответствует максимальному расстоянию, на котором еще обнаруживается взаимосвязь соседних наблюдений (рис. 18).

На практике автокорреляционная функция вычисляется по дискретным данным и изображается ломаной линией. За радиус автокорреляции обычно принимают тот шаг, при котором линия автокорреляции первый раз пересекает линию абсцисс.

Автокорреляционная функция зависит от направлений изучения изменчивости параметров и поэтому дает представление об анизотропии залежей. Чем больше радиус автокорреляции в заданном направлении, тем медленнее меняется значение параметра и меньше его изменчивость. Если значение радиуса автокорреляции одинаково по всем направлениям, то геологический объект является изотропным.

Радиус автокорреляции характеризует средний размер области влияния одного наблюдения, что используется при обосновании плотности разведочной сети. Для надежного установления поведения параметра между пунктами наблюдений необходимо, чтобы расстояние между ними не превышало двух радиусов, т. е. области влияния соседних наблюдений перекрывались.

Отметим, что характеристики стационарной случайной функции отражают достоверную картину лишь при отсутствии периодичности в изменении признаков. Они должны быть согласованы с периодами, сопоставимыми с размерами изучаемого объекта. В противном случае (ритмичность разреза, периодичность появления рудных столбов или разрывных нарушений и т. д.) требуется выявление периодов и амплитуд периодической

изменчивости и вычитание ее из реализации случайной функции, чтобы значения параметра привести к стационарному виду.

Различия между геостатистической моделью и моделями типа случайных функций заключается в том, что предметом изучения геостатистики служит исследование расхождений между оцениваемой величиной Q и ее оценкой q. Сама пространственная переменная рассматривается как детерминированная функция, а вероятностный подход проявляется только при оценке расхождения $\varepsilon = Q - q$.

При использовании моделей типа случайных функций предметом исследования являются природные скопления полезных ископаемых и их свойства в недрах, а в качестве случайных величин рассматриваются не дисперсии оценок, а значения всех наблюдаемых свойств. В строении полезных ископаемых выявляются элементы их неоднородности, а характеристики изменчивости изучаемых свойств оцениваются не в заведомо заданных объемах недр, а на том структурном уровне, который выявляется принятой сетью наблюдений.

Разностные модели изменчивости основаны на изучении приращений значений признака между соседними точками наблюдения и имеют целью исключение влияния закономерной составляющей изменчивости для более правильной характеристики случайной изменчивости.

Модель со вторыми разностями впервые предложена Д. А. Казаковским (Казаковский, 1948) и нашла широкое практическое применение. Метод Д. А. Казаковского разработан для правильных квадратных сетей и позволяет оценивать изменчивость геолого-промышленных параметров, которые могут быть изображены в виде топографических поверхностей, главным образом для изучения изменчивости мощности тел полезных ископаемых. Сначала вычисляют первые разности значений признака по соседним точкам:

$$\Delta'_t = \varphi_{i+1} - \varphi_i$$

а затем находят вторые разности как приращения соседних первых разностей:

$$\Delta'_t = \Delta'_{i+1} - \Delta' = \varphi_{i+1} + \varphi_{i+2} \ .$$

Абсолютной мерой изменчивости является показатель сложности топографической поверхности μ_a, который представляет собой среднее значение абсолютной величины вторых разностей:

$$\mu_a = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} |\Delta_t^m| \ ,$$

где k – количество вторых разностей.

Относительная изменчивость признака оценивается с помощью показателя изменчивости m, который представляет собой выраженное в долях единицы отношение показателя сложности поверхности m к среднему значению изучаемого параметра $j_{ср}$.

Геометро-статистическая модель. Основоположником горно-геометрического моделирования является П. К. Соболевский. В основе созданной им модели лежит представление о функциональных связях наблюдаемых свойств с пространственными координатами. Позже его идеи нашли отражение в геометро-статистической модели, разработанной В. Ф. Мягковым (Мягков и др., 1986).

Частные значения характеристик реального поля в точках пространства неоднородны по своему составу. Они представляют собой алгебраическую сумму двух величин, называемых регулярной и случайной составляющими (компонентами) поля $U_i = f(x_i) + \delta_i$ (одномерный вариант), где *Ui* – значение переменной в *i*-той точке пространства с координатами x_i; $f(x_i)$ – значение регулярной (или закономерной) составляющей; δ_i – значение случайной составляющей (рис. 19).

Регулярной (или закономерной) составляющей поля называется детерминированная компонента, фиксирующая направленность изменения изучаемого свойства в пространстве геологического объекта. Например, закономерность выклинивания линзообразного рудного тела от центра к периферии залежи.

Случайной компонентной поля называется составляющая, обусловливающая флуктуацию ее значений относительно детерминированной переменной. Ее наличие определяется влиянием как геологических, так и технологических факторов. Например, флуктуация мощности относительно генеральной тенденции к выклиниванию линзовидного тела от центра к периферии в случае экзогенного месторождения обусловлена не только неровностями дна бассейна седиментации, но и погрешностями принятого способа измерений.

Количественное описание наблюдаемой изменчивости поля заключается в разделении ее на две составляющие, определении амплитуды каждой из них и уровней изменчивости. Закономерная изменчивость определяется построением аппроксимирующей функции, получаемой аппроксимацией исходных значений параметра, а случайная изменчивость оценивается среднеквадратичным отклонением исходных наблюдений от графика аппроксимирующей функции.

Построение начальной аппроксимирующей поле функции на каждом одномерном сечении осуществляется по данным регуляризации измерений в соответствии с формулой, выведенной при условии четырехкратного последовательного сглаживания по двум точкам (Мягков, 1984):

$$U_j = 0{,}0625\,(U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4\,U_{i+3} + U_{i+4}),$$

где U_j – значение регулярной составляющей поля, U_i – частные значения, полученные в результате измерений или опробования по совокупности пространственно сближенных точек. При этом координаты x_j определяются либо по аналогичной приведенной зависимости (вместо U_i в формулу подставляются значения x_i), либо по упрощенной формуле:

$x_j = x_i + (j + 1) + \Delta x$, если шаг наблюдений принят в качестве постоянной величины ($j = i+2...$).

С помощью геометро-статистической модели можно выразить основные особенности пространственной изменчивости свойств геологических объектов, установить примерные числовые значения изучаемого свойства в любой точке исследуемого объекта, получить представление о его морфологии и внутреннем строении. В то же время геометро-статистические модели не обеспечивают объективную количественную оценку изменчивости изучаемых свойств. Если статистические методы не учитывают влияния

плавных, закономерных изменений, то методы геометризации игнорируют влияние многочисленных случайных отклонений по отдельным пунктам наблюдений.

Контрольные вопросы к теме 2

1. Перечислите и кратко охарактеризуйте факторы, определяющие промышленную значимость месторождений.
2. Как делятся месторождения по масштабу, качеству полезных ископаемых?
3. На что влияют глубина и условия залегания тел полезных ископаемых?
4. Зачем необходимо изучать инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождений?
5. Как можно подразделить месторождения по форме залежей? Как влияет форма рудных тел на разведку и разработку месторождений?
6. Какие факторы положены в основу группировки месторождений для целей разведки?
7. Какие группы месторождений фигурируют в Методических указаниях ГКЗ? Как их учитывают при разведке?
8. Неоднородность строения минерализованных недр. Как она учитывается при разведке?
9. Изменчивость свойств полезных ископаемых, виды ее проявления.
10. Какие геологические способы изучения изменчивости известны?
11. Какие математические способы исследования изменчивости используют в последнее время при разведке месторождений?
12. Какие основные характеристики фигурируют при использовании геостатистической модели изменчивости?

Тема 3
Методологические основы разведки недр

ПРИНЦИПЫ РАЗВЕДКИ НЕДР

Земные недра обычно недоступны для непосредственных наблюдений. Они познаются преимущественно выборочным методом по сети пространственно разобщенных искусственных или естественных обнажений (Каждан, 1984). При этом полнота и достоверность полученных представлений о строении и составе недр зависит от густоты сети наблюдений, характера и степени неоднородности изучаемых объектов, прерывистости изучаемых свойств. Это побудило исследователей (Крейтер В. М., Каждан А. Б., Четвериков Л. И. и др.) сформулировать принципы, определяющие методологические подходы к изучению и оценке недр.

Принцип последовательных приближений предусматривает необходимость соблюдения правила: «от общего к частному». Геологические исследования начинаются с выявления крупных потенциально рудоносных площадей и отбраковки заведомо неперспективных территорий. После этого целесообразно перейти к более детальному изучению потенциально рудоносных площадей с последовательной ее разбраковкой на перспективные и неперспективные участки. В рамках реализации принципа весь геологоразведочный процесс подразделяется на три этапа и пять стадий (см. главу 5). Предложенная стадийность отражает рациональную последовательность проведения геологоразведочных работ, когда изучение недр проводится с возрастающей детальностью. Сначала выделяются общие геологические закономерности, а затем исследуются детали строения. По мере накопления разведочных данных возрастает полнота и надежность оценки объекта. Появляется возможность пространственного обособления внутри ранее выделенных условно однородных элементов геологического строения ещё более мелких структурных элементов. Вследствие ограниченности выборочных данных для суждения о свойствах и степени изученности объекта необходимо привлечение дополнительной информации, которую можно получить по принципу аналогии.

Принцип аналогии основан на положении о том, что геологические структуры и заключенные в них полезные ископаемые формировались в близких условиях. Они обладают чертами сходства условий залегания, строения и состава. Именно это обстоятельство обеспечивает подобие свойств объекта-эталона и изучаемого объекта. Степень подобия минерализованных участков недр зависит от пространственной близости и масштабов сравниваемых объектов: чем меньше их размеры и меньше расстояния между ними, тем больше проявляется сходство.

На стадии разведки можно выделить два подхода при принятии решений по аналогии: а) внутриобъектная; б) межобъектная. *Первый подход* – параметры разведочной сети принимаются близкими к изученным (и даже уже освоенным) участкам недр. Подобный подход возможен при разведке (доразведке) глубоких горизонтов месторождения, его флангов. *Второй подход* – использование данных по другим детально изученным объектам, используется при обосновании параметров разведочной сети на вновь вовлекаемых в разведку месторождениях. Этот принцип, основанный на типизации

месторождений, изложен в «Методических указаниях…», подготовленных ГКЗ при МПР РФ для отдельных типов полезных ископаемых.

Принцип максимальной эффективности является объединяющим ранее сформулированные В. М. Крейтером принципы наименьших трудовых и материальных затрат и полноты исследования (Петруха, 2003). Сущность принципа заключается в том, что в каждый момент выполнения геологоразведочных работ затраты на получение дополнительной информации не должны превышать экономических потерь, вызванных возможными просчетами в работе будущего предприятия. Полнота информации, необходимой и достаточной для строительства горнодобывающего предприятия, определяет подготовленность месторождения для промышленного освоения. Эта информация должна обеспечить достоверную характеристику разведуемого месторождения.

Достижение полноты необходимой информации осложнено крайне ограниченным объемом получаемых геологоразведочных данных по сети редких разведочных пересечений. В то же время собранная информация должна быть достаточной для принятия проектных решений по разработке месторождения и переработке добываемого минерального сырья. Здесь работает известный в математической статистике метод изучения свойств объектов на основе ограниченной по объему выборки. На каждой последовательно сменяющейся стадии изучения объекта выборка становится более представительной. В то же время из-за ограниченности геологических наблюдений, их неполноты любое проектное решение по освоению месторождения сопровождается риском, обусловленным возможными просчетами из-за неполноты собранных данных. Задача разведки – минимизировать эти риски до экономически рациональных размеров. Это возможно за счет выборочной детализации сети наблюдений на отдельных локальных участках.

Принцип выборочной детализации заключается в том, что проведение геологоразведочных работ в пределах всего объекта изучения должно сочетаться с более детальными работами на отдельных его участках (Каждан, 1984). При этом необходимо определиться с позицией эталонного участка, определить оптимальную детальность наблюдений в его пределах. Эталоны-аналоги детализационных работ должны быть представительными по отношению ко всему изучаемому объему недр. Чем типичнее окажутся эти участки, тем полнее будут критерии подобия и меньше погрешности распространения эталонных данных на весь оцениваемый объем. Рассмотрим примеры.

Согласно «Методическим рекомендациям по применению классификации запасов… (2007)» детализационные работы на стадии оценочных работ должны предусматривать обоснование в пределах локальных участков запасов категории C_1. С учетом полученных данных на этих участках следует предусмотреть опытно-промышленную разработку (ОПР) минерального сырья. В условиях действующих горных предприятий в качестве эталонов-аналогов следует использовать уже отработанные участки месторождения.

СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Изучение недр с целью выявления и промышленной оценки месторождений полезных ископаемых осуществляется последовательно по стадиям, по мере отбраковки неперспективных площадей и более детальном исследовании заслуживающих внимания объектов. Стадийность охватывает все виды геологоразведочных работ и отражает рациональный порядок последовательности их проведения (Положение…, 1999). Выделяется три этапа и пять стадий геологоразведочных работ (табл. 1). Составители «Положения…» отмечают, что границы между стадиями условны и определяются масштабами ведущихся работ. Информация, получаемая на каждой стадии, по полноте и достоверности должна быть достаточной для геологического и технико-экономического обоснования геологоразведочных работ последующей стадии, либо освоения и проектирования разработки месторождения. «Положение…» носит рекомендательный характер и устанавливает общие для всех видов полезных ископаемых требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ для отдельных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых

Производится с целью получения комплексной геологической информации, составляющей основу геологического изучения территории и оценки ее минерагенического потенциала. Призвано обеспечить выявление закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых. Основным результатом регионального геологического изучения недр является моделирование и ранжирование по экономической значимости структурно-вещественных и минерагенических комплексов, локальный прогноз и начальная геолого-экономическая оценка потенциальных объектов минерального сырья. Основными видами работ являются площадные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, наземные и аэрогеофизические работы, широкий комплекс специализированных исследований: космоструктурные, геолого-минерагенические, геохимическое картирование и другие виды изучения недр. Площадные картографические работы проводятся в масштабах: 1:15000000 и мельче – сводное и обзорное; 1:1000000 (1:500000) – мелкомасштабное; 1:200000 (1:100000) – среднемасштабное; 1:50000 (1:25000) – крупномасштабное. Для развития минерально-сырьевой базы главное значение имеют средне-крупномасштабные виды картографирования. По результатам выполненных работ выявляются и оконтуриваются прогнозные площади (минерагенические зоны, рудные районы, узлы и поля) с оценкой прогнозных ресурсов по категориям P_3, P_2, (P_1).

Этап II. Поиски и оценка месторождений

Стадия 2. Поисковые работы

Объектами исследований являются рудные районы, узлы и поля или их части, выявленные в процессе предшествующей стадии регионального геологического изучения недр, по которым имеются оцененные прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_3. Работы могут производиться и на ранее опоискованных площадях, если это обусловлено изменением представлений о геологическом строении перспективных площадей, изменением

конъюнктуры минерального сырья, увеличением глубинности исследования недр. Поиски могут проводиться в разных масштабах (обычно в пределах 1:50000-1:10000). Включают комплекс геолого-минерагенических, геофизических, геохимических и других видов и методов исследований с проходкой поисковых скважин и поверхностных горных выработок. Для поисков скрытых и погребенных объектов используется глубокое бурение в сочетании со скважинными геофизическими исследованиями. Рациональный комплекс методов формируется на основе особенностей геологического строения объекта, ландшафтно-геохимических условий проведения работ, накопленного в отрасли опыта. По совокупности полученной информации, ее комплексной интерпретации выделяются перспективные аномалии, участки. Проверка природы аномалий, вскрытие, опробование и изучение проявлений полезных ископаемых осуществляется поверхностными горными выработками и поисковыми скважинами. В отобранных пробах определяются основные и попутные компоненты, а в необходимых случаях – технологические свойства руд. На выявленных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1. На основе полученных данных выполняется геолого-экономическая оценка выявленных объектов по укрупненным показателям. Положительно оцененные проявления включаются в фонд объектов, рекомендуемых к постановке оценочных работ с выдачей соответствующих лицензий.

Стадия 3. Оценочные работы

Оценочные работы проводятся на выявленных и положительно оцененных проявлениях полезных ископаемых. Для оконтуривания площади, изучения геолого-структурных условий локализации оруденения проводится геологическая съемка в масштабе 1:25000-1:10000 и крупнее (для сложных и небольших объектов). Геологическая съемка сопровождается детальными минералого-петрографическими, геофизическими и геохимическими исследованиями, вскрытием и прослеживанием тел полезных ископаемых поверхностными горными выработками (канавы, шурфы, картировочные скважины). Все вскрытые выходы полезной минерализации подвергаются опробованию и анализу на основные и попутные компоненты.

Технологические свойства полезного ископаемого определяются по лабораторным пробам, а в необходимых случаях – по малым и большим технологическим пробам. По этим результатам намечается принципиальная схема переработки руд, обеспечивающая комплексное использование полезного ископаемого.

Во всех разведочных выработках осуществляется комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических исследований, достаточных для обоснования вскрытия и разработки месторождения. Дается характеристика экологических условий производства добычных работ и оценка их влияния на природную среду.

Материалы, полученные при производстве оценочных работ, должны обеспечить оценку промышленного значения месторождения с подсчетом большей части запасов по категории C_2. По менее детально изученной части месторождения количественно оцениваются прогнозные ресурсы категории P_1. Достоверность данных о геологическом строении, условиям залегания и морфологии тел полезных ископаемых подтверждается на участках детализации с подсчетом разведанных запасов категории C_1.

В соответствии с рекомендациями, содержащимися в Методических рекомендациях по применению классификации запасов… (2007), на завершающем этапе оценки целесообразно выполнение на участках детализации отдельных месторождений специализированных работ – «Опытно промышленной разработки» (ОПР) в пределах локального объема минерализованных недр.

Геолого-экономическая оценка объектов осуществляется в процессе проведения работ и по их завершению. В начальный период оценочных работ проводится *оперативная геолого-экономическая оценка* прямым расчетом по укрупненным показателям. По результатам ее принимаются решения о целесообразности продолжения работ или их прекращении. После завершения стадии «Оценочные работы» разрабатываются *временные кондиции* и составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором дается экономически обоснованная предварительная оценка промышленной ценности месторождения, определяющая целесообразность передачи объекта в разведку с последующим его освоением. *Месторождения,* получившие положительную экономическую оценку на оценочной стадии, *называются оцененными*.

Отчет с результатами подсчета запасов, включая обоснование «временных» кондиций и ТЭД, представляются на государственную геологическую, экономическую и экологическую экспертизу. Заключение экспертизы является основанием для постановки запасов на государственный учет.

Этап III. Разведка и освоение месторождения

Стадия 4. Разведка месторождений

Объектом разведки является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр, включающая полностью или частично месторождение полезного ископаемого. Разведочные работы осуществляются с целью получения информации для проектирования строительства горнодобывающего предприятия. В «Положении…(1999)» отмечается, что в *процессе освоения месторождения* с целью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы действующего или реконструированного горного предприятия возможно проведение *доразведки месторождения.* Эти работы предусматривают в каждом отдельном случае решение конкретных геологических задач. Например, дополнительное изучение флангов или глубоких горизонтов месторождения, уточнение технологических свойств полезного ископаемого и т. д.

При разведке завершается изучение строения месторождения с поверхности с составлением геологической карты на инструментальной основе. В зависимости от размеров, сложности геологического строения, изменчивости тел полезных ископаемых съемка проводится в масштабе 1:10000-1:1000 с применением геохимических, геофизических методов, проходкой горных выработок (канавы, шурфы, траншеи), мелких скважин. Все выходы полезных ископаемых прослеживаются, опробуются с детальностью, позволяющей выявить форму, строение, условия залегания, интенсивность и глубину проявления зоны окисления.

Разведка на глубину проводится скважинами до горизонтов, разработка которых экономически целесообразна. Месторождения сложного строения разведываются скважинами в сочетании с подземными горными выработками. Расположение горных

выработок (в случае отработки объекта подземным способом) должно обеспечить максимально возможное их дальнейшее использование при эксплуатации.

Последовательность и объемы разведочных работ, соотношение горных и буровых выработок, форма и плотность разведочной сети, методы и способы отбора проб (рядовых, групповых, технологических) определяются, исходя из геологических особенностей разведуемого месторождения. Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки.

Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические условия изучаются с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения. В процессе разведки дается оценка возможных источников питьевого и технического водоснабжения, проводятся работы по выявлению местных строительных материалов, разрабатываются схемы размещения объектов промышленного и гражданского назначения, обеспечиваются природоохранные мероприятия.

Разведка завершается разработкой технико-экономического обоснования (ТЭО) *постоянных разведочных кондиций*. Производится подсчет запасов основных и попутных компонентов по категориям в соответствии с группой месторождений по сложности строения, дается детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Пространственное размещение запасов, их соотношение по категориям устанавливается недропользователем. По завершению работ *месторождение называется разведанным.*

Материалы подсчета запасов, результаты ТЭО и обоснование постоянных разведочных кондиций подлежат государственной экспертизе (геологической, экономической, экологической).

Стадия 5. Эксплуатационная разведка

Эксплуатационная разведка проводится регулярно на эксплуатируемых месторождениях с целью получения достоверных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования добычи, обеспечения наиболее полного извлечения из недр полезных ископаемых. Объектами изучения и оценки являются эксплуатационные этажи, блоки, уступы. Основными задачами при этом являются: уточнение контуров, вещественного состава, внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества запасов по технологическим типам и сорта руд (с их геометризацией), уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным горизонтам, блокам и т. д. Подсчитываются запасы подготовленных к отработке блоков, запасы готовые к выемке.

Для обеспечения рационального использования недр ведется учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Определяются показатели извлечения количества полезного ископаемого и изменения его качества.

В процессе разработки месторождения при резком отклонении в отдельных его частях геологических, горнотехнических и иных условий разработки, а также при изменении экологической конъюнктуры, недропользователь имеет право разработать ТЭО

эксплуатационных кондиций. Они разрабатываются на ограниченный временной период и должны быть привязаны к конкретным участкам эксплуатации.

На протяжении разведки и эксплуатации месторождения ведется учет движения запасов в результате их прироста, добычи, переработки или списания с баланса горнодобывающего предприятия. Информация по движению запасов, добыче, потерях и обеспеченности предприятия разведанными запасами передается в федеральные и территориальные фонды геологической информации.

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для сравнения запасов месторождений одного и того же ископаемого, учета минеральных ресурсов разной изученности в пределах страны и регионов необходимо располагать стандартизующей системой. Такой системой является *классификация запасов.*

В нашей стране классификация месторождений полезных ископаемых утверждалась многократно (1933, 1941, 1953, 1984, 1997, 2007 гг.). Последняя классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых устанавливает единые для Российской Федерации принципы их обоснования (Классификация…, 2007). Запасы полезных ископаемых подсчитываются по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе из изучения и промышленного освоения. Качество полезных ископаемых изучается с учетом необходимости их комплексного использования, технологии переработки на основе определенных требований к качеству полезных ископаемых и технических условий. При этом определяются содержания основных и попутных ценных, токсичных и вредных компонентов, формы их нахождения и особенности распределения в продуктах обогащения и переработки. Объектом подсчета запасов полезных ископаемых является месторождение (или часть месторождения) твердых полезных ископаемых.

Подсчет и учет запасов по месторождению производится в единицах массы или объема в соответствии с экономически обоснованными параметрами кондиций без учета потерь и разубоживания при добыче и переработке полезных ископаемых.

По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них попутных компонентов подразделяются на две группы: балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические); они подлежат раздельному подсчету и учету.

К *балансовым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам (ТЭР) экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К *забаланцевым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно ТЭР экономически не эффективна (убыточна) из-за низких технико-экономических показаний, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если ТЭР установлена возможность их последующего извлечения или складирования для использования в будущем.

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономического обоснования (ТЭО), подтвержденного государственной экспертизой. В рамках этой оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений, предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований законодательства РФ.

Запасы полезных ископаемых по *степени геологической изученности* подразделяются на категории *A, B,* C_1 и C_2. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых категорий P_1, P_2 и P_3 в настоящем учебном пособии не рассматриваются. Критерии их выделения в пределах минерализованных участков недр разобраны в учебных пособиях (Баранников, 2011, 2013; Коробейников, 2009; Поротов, 2012 и др.).

Запасы категории A выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологического и должны удовлетворять требованиям: установлены размеры, форма и условия залегания тел полезных ископаемых; изучен характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения; выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки; установлено наличие разрывных нарушений; выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлен их состав, свойства, охарактеризовано качество сортов; изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по горным выработкам и скважинам на основе результатов их детального опробования.

Запасы категории B выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности строения и должны удовлетворять следующим требованиям: установлены размеры, основные особенности и изменчивость внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлено их положение и амплитуды смещения; определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественное соотношение промышленных типов и сортов полезного ископаемого; определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок.

Запасы категории C_1 составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности геологического строения. Также эти запасы могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы. Они должны удовлетворять следующим требованиям: выяснены размеры и характерные

формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения; оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, наличие площадей развития мелко амплитудных нарушений; определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных типов и сортов, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с учетом данных геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории C_2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов, вовлекаемых в разработку. Они должны удовлетворять следующим требованиям: размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений с учетом данных геофизических и геохимических исследований, геологических построений.

Учитывая определенную «монотонность» в изложении вопроса категоризации запасов и, в известной степени, повторяемость предъявляемых требований к обоснованию отдельных категорий запасов, отразим этот материал в таблице 2, приведенной в учебном пособии (Шевелев, 2004). В ней наглядно *отражены особенности* требований к запасам разных категорий.

На разрабатываемых месторождениях *вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы* полезных ископаемых, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок, *подсчитываются отдельно* по категориям в соответствии со степенью их геологической изученностью.

При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классифицированного показателя должны (или могут) использоваться количественные и вероятностные оценки *точности и достоверности* определения основных параметров. Однако конкретных количественных показателей для отдельных категорий запасов до сих пор не разработано. Свой подход в решении этого непростого вопроса рассмотрен А. Б. Кажданом (Каждан, 1977, 1984).

Нет сомнения в том (отмечает этот автор), что категория запасов определяется *густотой сети наблюдений.* В то же время *точность подсчета запасов зависит, прежде всего, от количества наблюдений в пределах разведанного участка* и в меньшей степени – от густоты сети наблюдений. При разной густоте сети, но при сопоставимом числе наблюдений в блоках различных размеров, *погрешности вычисления* среднеблочных оценок могут быть *примерно одинаковыми,* в то время как разведанность блоков будет резко различаться.

Понятия разведанность и точность подсчета запасов могли бы рассматриваться как взаимозависимые только при условии последовательной детализации разведочных данных в блоке установленного размера, когда с уменьшением расстояний между смежными точками наблюдений их количество в блоке закономерно возрастает. В практике разведки это условие обычно не выполняется. При детализации разведочных данных подсчетные блоки категории C_1 разделяются на более мелкие блоки категории *B*, а те в свою очередь на еще более мелкие блоки категории *A*. Поэтому связи между числом наблюдений и густотой разведочной сети не возникает.

Таким образом, при *оценке достоверности* результатов геологоразведочных работ необходимо различать степень разведанности запасов и точность их подсчета в заданных объемах недр (Каждан, 1977).

Степень разведанности запасов характеризуется детальностью выявления условий залегания, форм и строения полезного ископаемого, условий пространственного размещения в недрах. Количественно она может быть оценена *погрешностями геометризации* разведанных скоплений полезного ископаемого в недрах для заданной сети наблюдений.

Точность подсчета запасов может быть охарактеризована *погрешностями оценок их качества и количества* в оконтуренных объемах недр.

Из определения сформулированных понятий вытекает вывод, что при переводе запасов из более низких категорий в более высокие повышается не столько точность ранее подсчитанных запасов, сколько выявляются детали их пространственного размещения в пределах более мелких участков и блоков месторождения. Таким образом, точность подсчета запасов оценивается для категорий *A, B* и C_1 примерно одной и той же погрешностью. Но в зависимости от степени детальности наблюдений эта погрешность относится к разным по величине объемам недр.

На невозможность оценки степени изученности в виде цифровых показателей обращает внимание И. Д. Коган (Коган, 1974). Сказанное он мотивирует тем, что при подсчете запасов невозможно обеспечить заранее заданную величину погрешности для отдельных категорий, так как достоверность всех исходных данных остается практически неименной для разных категорий запасов. Категория запасов может быть понижена в силу иных причин. Например, при низком выходе керна, незавершенности технологических исследований, при ошибках геологической интерпретации.

Специального рассмотрения заслуживают классификации запасов твердых полезных ископаемых, применяемые в основных горнодобывающих странах (Австралии, США, Великобритании, Канаде и др.). Сопоставление отечественной квалификации с зарубежными, описание признаков их сходства и различия необходимо при обосновании инвестиционной привлекательности выставляемых на конкурс отечественных месторождений, а также решения ряда иных вопросов.

Обычно в зарубежных классификациях используются не более трех категорий ресурсов (resourses): измеренные (measured), исчисленные (indicated) и предполагаемые (inferred), а для оценки изученности запасов – даже двух: доказанные (proved) и вероятные (probable).

Несколько иной является классификация МАГАТЭ, используемая для отражения сырьевой обеспеченности атомной отрасли. Все учитываемые количества сырья квалифицируются как ресурсы (recourses). Для характеристики их изученности (достоверности) используются две категории: достоверно установленные (Reasonably Assured Resources – RAR) и дополнительные (Inferred Resources). Сумма оценок по этим категориям рассматривается как установленные ресурсы (Identified). Для оценок ресурсов, связанных с ещё не открытыми месторождениями (Indiscovered), используются категории прогнозные (Prognosticated) и умозрительные, рискованные (Speculative).

Разное целевое назначение российских и зарубежных классификаций затрудняет их однозначное сопоставление. Точного сопоставления между отдельными категориями не может быть в принципе. В то же время при задействовании классификации МАГАТЭ условно можно считать, что категория RAR примерно соответствует категории C_1, Inferred – C_2, Prognosticated – P_1, а Speculative – P_2+P_3.

В 90-х годах ООН был разработан специальный документ, получивший название «рамочный» (frame word) классификатор ООН. Подготовленная основа классификации представляет универсальную трехмерную матрицу, являющуюся ключом-дешифратором. Она позволяет осуществлять переход от одной классификационной системы к другой (рис. 3). В представленной классификации запасы и ресурсы оцениваются с трех позиций:

- геологическая изученность, определяемая стадией выполнения работ – детальная разведка (разведка), предварительная разведка (оценка), поиски, рекогносцировочные геологические наблюдения;
- экономико-технологическая изученность, определяемая стадией технико-экономической оценки (ТЭО постоянных и временных кондиций, оценка по аналогии и т. д.).
- экономичность освоения запасов, определяемая как достаточная или низкая рентабельность.

Каждая из ячеек матрицы имеет цифровую кодировку. В системе этих координат запасы, отвечающие той или иной степени изученности, выделяются как трехмерные тела. Например, запасы, выявленные на стадии разведки (A+B+C_1 по отечественной классификации) и имеющие положительную экономическую оценку на уровне ТЭО постоянных кондиций, получают кодировку 1.1.1.

С 90-х годов XX века в промышленных странах разработан еще один путь согласованного подхода к оценке запасов, определяемый сводами правил («кодексами отчетности»). Одним из таких кодексов, принятых в 2006 г, в ЮАР, Канаде и США, является CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards). Согласно стандарту CRIRSCO эксперты в заключениях должны руководствоваться определенной схемой классификации ресурсов (рис. 4). Стрелками на схеме показаны возможные переходы ресурсов в запасы при осуществлении экономической оценки объекта и обратно (например, при снижении цен), а также вероятные (probable) через измеренные, подсчитанные (measured) в доказанных (proven) при доразведке. Ресурсы предполагаемые (inferred) экономического значения не имеют.

Системы стандартов (CRIRSCO, YORK и др.) успешно задействованы за рубежом. Однако при попытках трансформировать оценки ресурсов в таксоны отечественной

классификации следует иметь в виду, что строго формальные соотношения здесь невозможны.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

Обоснование оптимального комплекса технических средств – кардинальный вопрос разведки месторождений. На выбор технических средств разведки оказывают влияние геологические, горнотехнические и географо-экономические факторы. Их совокупным влиянием определяется пространственная ориентировка разведочных разрезов, расположение разведочных пересечений, техника проходки разведочных выработок (Каждан, 1977, 1985).

Геологические факторы отражают условия формирования, состав и строение полезных ископаемых, закономерности их локализации в геологических структурах, уровень эрозионного среза месторождений. Определяющее значение при этом имеют: характер связи полезных ископаемых с элементами геологического строения; условия залегания и морфология скоплений полезных ископаемых, их размеры; строение и состав залежей полезных ископаемых.

При анализе влияния *горнотехнических факторов* на выбор технических средств разведки должны быть учтены: предполагаемые способы вскрытия и разработки месторождения; гидрогеологические условия, горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород.

Геолого-экономические факторы также могут оказывать влияние. В зависимости от уровня экономической освоенности, климата, ландшафтных особенностей рельефа, энергообеспеченности территории, наличия трудовых ресурсов, дорог и т. д. приходится решать вопросы рационального соотношения горноразведочных, буровых работ и геофизических исследований.

Технические средства геологоразведочных работ различаются по своим возможностям, информативности, стоимости (Шевелев, 2004, Петруха, 2003). Они включают: горные разведочные выработки, буровые скважины, геофизические исследования.

А. *Горные выработки* подразделяются на поверхностные и подземные. К поверхностным относятся канавы и траншеи (магистральные и прослеживающие), мелкие шурфы и дудки, расчистки; к подземным – глубокие шурфы, штольни и шахты с комплексом развиваемых из них горизонтальных выработок (квершлаги, штреки, орты, рассечки), а также наклонных и вертикальных (восстающие, гезенки).

Поверхностные горные выработки используются для вскрытия полезного ископаемого и вмещающих пород в коренном залегании, изучения зоны окисления рудных тел. Проведение этих выработок не требует больших затрат и поэтому широко используется на ранних стадиях изучения месторождений. Ведущее значение имеет проходка *канав.* Обычно их проходят на глубину 2-3 м, реже до 6 м уступами с высотой не более 2 м. При малом объеме работ и их рассредоточенности проходка канав осуществляется вручную. В стадию разведки канавы проходят с применением буровзрывных работ (рыхление, на выброс) и экскаваторами, бульдозерами, канавокопателями, скреперными установками. Те же геологические задачи (вскрытие рудных тел, их документация, опробование) решает

проходка *траншей.* От канав они отличаются большим поперечным сечением и глубиной проходки (до 5 м). Используются современные технические средства – бульдозеры, скреперы, роторные установки. При изучении месторождений, представленных жильными зонами (в том числе, камнесамоцветного сырья) и для отбора технологических проб, возможна проходка *разведочных карьеров* (Петруха, 2003). Форма карьеров в плане, их размеры и глубина определяются целевым заданием. Используются карьеры для разведки полезных ископаемых, выходящих на дневную поверхность или находящихся на небольшой глубине. Глубина карьеров может достигать 50 м, а объем – десятков кубических метров. При проходке применяют разные технические средства.

Для прослеживания и оконтуривания залежей по простиранию при мощности рыхлых отложений более 5 м, а также вскрытия предполагаемых под наносами новых тел полезных ископаемых, предусматривается проходка разведочных *шурфов.* Они подразделяются на мелкие (до 10 м) и глубокие (до 40 м). Площадь сечения шурфов 1,25; 1,5; 2,0; 4,0 м^2. Глубокие шурфы проходят для изучения условий залегания рудных тел, отбора проб монолитов. При необходимости из шурфов проходят рассечки сечением 1,8, 2,7 или 3,6 м^2. Многие годы шурфы служили основным техническим средством при разведке россыпей и других приповерхностных месторождений. Неглубокие шурфы круглого сечения называются *дудками.* Шурфы, проходимые в неустойчивых и рыхлых породах, крепят, а глубиной более 10 м вентилируют.

Механизированная проходка шурфов осуществляется с использованием специализированных технических средств, предназначенных только для бурения (КШК-30А, УБСР-25), или комбинированных, используемых для проходки шурфов и скважин (ЛБУ-50, КБУ-15, УКС-22М).

Подземные горные выработки по целевому назначению подразделяются на подходные (вскрывающие) и собственно разведочные (Шевелев, 2004). К подходным относятся шахты, подходные штольни и квершлаги; к основным – штреки, орты, рассечки и восстающие.

Стволы *разведочных шахт* используются как вскрывающие выработки при разведке месторождений. Сечение разведочных стволов колеблется от 6 до 12 м^2, а глубина – до нескольких сотен метров. *Разведочные штольни* служат горизонтальными вскрывающими выработками при разведке месторождений, залегающих в условиях пересеченного рельефа. Поперечное сечение штолен колеблется в пределах от 6 до 9 м^2. *Квершлаг* также является горизонтальной вскрывающей подземной выработкой и проходится из ствола шахты. Разведочным квершлаг является только в той части, где выработка пересекает залежь полезного ископаемого. *Разведочные штреки* представляют горизонтальные горные выработки, пройденные по простиранию залежей. Их целью является прослеживание по простиранию строения рудных тел, сплошности оруденения. Штрек может быть пройден по полезному ископаемому (*рудный штрек*) или по вмещающим породам (*полевой штрек*). Если тела полезных ископаемых обладают значительной мощностью, то от полевого или рудного штрека через определенные интервалы проходят *орты* (рассечки) или *скважины* с выходом во вмещающие породы для вскрытия продуктивных зон на полную мощность. Эти выработки выполняют роль разведочных пересечений. *Разведочные гезенки* проходят из

квершлагов вверх или вниз, пересекая пологопадающие тела полезного ископаемого по их мощности. *Разведочные восстающие* проходят из штреков по восстанию залежей полезного ископаемого. Проходят восстающие с целью прослеживания залежей полезного ископаемого между основными горизонтами горных работ. При этом появляется возможность изучения сплошности оруденения по восстанию, изменчивости мощности и качества минерального сырья по вертикали.

Площади поперечного сечения в проходке квершлагов и штреков колеблется в пределах 3,6-5,8 м^2, ортов – 2,7-3,6 м^2, восстающих и гезенков – до 4 м^2.

При проходке разведочных выработок используются разнообразные технические средства, осуществляющие буровзрывные, погрузочные, откаточные, подъемные и иные виды работ.

Применение горных работ в качестве технического средства рекомендуется осуществлять с учетом следующих требований (Петруха, 2003):

- при заложении дорогостоящих горных выработок необходимо учитывать геологические особенности объекта (условия залегания, размеры, форма залежей), полученные во многих случаях путем разведочного бурения;
- преобладающая часть горных выработок должна приходиться на вскрытое полезное ископаемое с целью его изучения и опробования;
- горные выработки следует проходить с учетом их дальнейшего использования при эксплуатации месторождения; например: использования разведочных шахт в ранге вентиляционных.

Горные выработки позволяют детально изучить изменчивость параметров оцениваемых объектов (по форме, качеству сырья, сплошности оруденения и т. д.), учет которых крайне необходим при разведке месторождений 3-й и 4-й групп по сложности геологического строения. Примеры размещения горных выработок при вскрытии и разведке тел полезных ископаемых отражены на рисунках, приведенных в учебных пособиях (Петруха, 2003; Шевелев, 2004).

Б. *Буровые разведочные скважины* – наиболее широко применяемые технические средства разведки. Для большинства полезных ископаемых они являются главным и даже единственным техническим средством. Следует учитывать, что скважины дают менее полные сведения об оцениваемом полезном ископаемом, но буровые работы нашли широкое применение благодаря мобильности, скорости проходки скважин, относительной легкости оборудования, меньшим расходом средств на метр проходки (Шевелев, 2004). При всех очевидных преимуществах буровые скважины имеют и недостатки: они вскрывают небольшие участки недр; дают менее точные сведения о составе и строении полезного ископаемого по сравнению с горными выработками; повторное контрольное опробование и отбор проб разного назначения ограничен из-за малого количества получаемого каменного материала; при бурении скважин наблюдается их искривление, что усложняет геометризацию разведанных объемов недр; при бурении по рудоносным интервалам возникают осложнения и отмечается недостаточный выход каменного материала с ненарушенной структурой. Но буровые скважины незаменимы при разведке глубоко

залегающих месторождений. Месторождения 1-ой и 2-ой групп по сложности геологического строения в основном разведуются только бурением.

При разведке месторождений твердых полезных ископаемых скважины бурятся с поверхности и из подземных горных выработок. Для поверхностного бурения используются неглубокие ударно-вращательные, вибрационные скважины и более глубокие ударно-канатные, пневмоударные и гидроударные. При оценке глубоких горизонтов задействуют бурение колонковых скважин и бескерновых скважин вращательного бурения. Из подземных горных выработок бурятся колонковые, шарошечные и перфораторные скважины.

Приповерхностные скважины глубиной до нескольких десятков метров используются для геологического изучения рудовмещающих структур, прослеживания, опробования и оконтуривания приповерхностных участков месторождений (Шевелев, 2004). Возможно использование разного типа буровых установок: УПБ-25 и УБР-2, БУУ-2, УКБ 12/25, БУ-20-2УШ и др.

Колонковое бурение глубиной от десятков метров до 150-200 м осуществляется агрегатами, смонтированными на автомашинах (УКБ-2, БСК, КГК-100 и др.). Более глубокие скважины бурятся агрегатами УКБ-3, УКБ-4, УКБ-5 и станками ЗИФ-650, СБА-500, СБА-800, ЗИФ-1200 и др. В последнее время в практике геологоразведочных работ нашли применение станки, разработанные зарубежными фирмами. Наиболее широко применяются буровые установки компаний Boart Longyear, Atlas Copco, Sandvik, SCHRAMM и их аналогов, произведенных, как правило, в КНР. Известные в нашей стране установки алмазного бурения серии Boart Longyear включают станки LM30, LM45, LM55, LM75. Размещенные на них манипуляторы позволяют ориентировать направление бурения скважины в любую заданную сторону.

Создание новой техники направленного бурения позволило проводить разведку по более рациональным схемам при проходке многоствольных скважин и за счет этого – многократного увеличения массы опробуемого рудного материала (без бурения дополнительных скважин). При этом дополнительные стволы могут располагаться как в одной вертикальной плоскости, искривления в одну сторону, так и задаваться в разных азимутальных направлениях (рис. 5).

Скважины подземного бурения могут являться частью разведочной системы или решать частные задачи, возникающие при геологическом изучении месторождения (прослеживание локальных рудоконтролирующих структур, апофиз, поисков смещенных частей рудных тел и т. д.). Бурение колонковых горизонтальных, наклонных и вертикальный скважин до 100 м осуществляется станками БСК-2М-100, а бескерновое – станками НКР-100. Неглубокие подземные скважины могут буриться с помощью колонковых или телескопных перфораторов без отбора керна глубиной 15-20 м.

В. *Геофизические исследования* играют большую роль в изучении земных недр, в том числе, на стадии разведки месторождений. Несмотря на то, что непосредственной геологической информации эти исследования не дают, геофизика как метод во многих случаях позволяет сократить количество необходимых разведочных пересечений, получить дополнительную ценную информацию. При обосновании и своевременном проведении

комплекса геофизических исследований появляется возможность пересмотра рекомендуемых методик и технических средств разведки. Последние могут меняться в зависимости от конкретной геологической обстановки и разрешающей способности геофизических средств разведки (Шевелев, 2003).

Как основные технические средства, геофизические методы могут применяться для исследования недр в промежутке между разведочными сечениями и при задействовании операций геофизического опробования.

Комплекс геофизических методов для решения основных задач разведки выбирается на основе учета совокупности факторов, определяющих возможную эффективность раздельного и совместного их применения. К таким факторам относятся (Комплексная …, 1990):

- степень дифференциации пород и руд по физическим свойствам, определяющая возможность использования данных каротажа для петрографической характеристики объектов;
- размеры, форма, элементы залегания, число рудных тел, текстурно-структурные особенности руд и их вещественный состав;
- присутствие в разрезе пород, близких по физическим свойствам к рудным образованиям;
- методика ведения горных и буровых работ, техническое состояние скважин.

При обосновании методики разведочных работ в рациональный комплекс необходимо включать минимальное и достаточное число геофизических методов, обеспечивающих получение достоверной информации с наименьшими затратами труда и времени. При задействовании нескольких методов следует предусмотреть последовательную их реализацию, скорректированную в зависимости от результатов каждого предыдущего метода.

Представления о возможностях геофизических методах формируются на основе *физико-геологической модели* (ФГМ) *объекта.* ФГМ включает геологическую модель, сведения о физических свойствах структурных элементов геологической модели, ожидаемые геофизические поля и аномалии на площади или по отдельным профилям (Сапожников, 2012).

В комплекс *наземных геофизических работ* при разведке месторождений входит широкий перечень методов: электроразведки, магниторазведки, радиометрии и др. Геофизические съемки в масштабе 1:2000-1:1000 позволяют более надежно оконтурить площади развития рудной минерализации, поля измененных околорудных пород, проследить выходы рудных тел, установить элементы их залегания, определить мощность рыхлых отложений и границу коры выветривания. Рассмотрим лишь ведущие из перечисленных методов.

Электроразведка включает группу методов, основанных на изучении естественных или искусственно возбужденных в земной коре электромагнитных полей. Электромагнитное поле зависит от свойств горных пород (удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости, поляризуемости, электрохимической активности). Это позволяет по изменению параметров поля изучать геологическое строение

площади и выявлять залежи полезных ископаемых. Используются следующие основные группы методов.

Электропрофилирование (ЭП) является одним из самых распространенных методов электроразведки и применяется для изучения крутопадающих слоистых толщ при некоторой постоянной глубинности изучения разреза по профилю (Сапожников, 2012). Геологическими предпосылками для применения метода является присутствие в рудах сульфидов, минералов железа и других, обусловливающих их низкое электросопротивление по сравнению с вмещающими породами. Распространенным является вариант ЭП, получивший название срединный градиент (СГ). В этом варианте токовые электроды разносятся на большое расстояние (1-3 км) и остаются неподвижными в процессе измерения удельного электрического сопротивления ρ_k при перемещении приемной установки *MN* постоянного тока и постоянного размера между электродами *AB*. В горизонтальной однородной среде градиент электрического поля ($\Delta U/MN$) практически постоянен и на его фоне заметны проявления неоднородности разреза в виде локальных тел, крутопадающих пластов с аномальными электрическими свойствами (например, зон окварцевания).

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) – метод электроразведки, применяемый для изучения изменения удельного сопротивления по глубине для некоторой вертикальной трассы. Основан метод на постепенном увеличении размеров установки *AB* с общей центральной точкой (точкой зондирования), при котором увеличивается глубина проникновения тока и, соответственно, глубинность исследований. Метод ВЭЗ используется для изучения пространственного положения, морфологии и элементов залегания рудных тел в вертикальном разрезе. Широко задействуют его при геоморфологических исследованиях, для определения позиции и состава кор выветривания, мощности и строения рыхлого покрова, при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях.

Метод вызванной поляризации (ВП) основан на изучении электрохимических процессов, возникающих на границе пород с ионной проводимостью (электронных проводников) и окружающей их жидкостью (электролитом) под воздействием пропускаемого тока. После выключения тока некоторое время в цепи возникает вторичная ЭДС – гальванический источник тока, создающий нестандартное поле вторичной поляризуемости. Метод ВП широко используется при разведке месторождений сульфидных, магнетитовых, редкометалльных и иных руд, при оценке ореолов с рассеянной рудной минерализацией.

Метод естественного поля (ЕП) основан на изучении естественных электрических полей, обусловленных разными электрохимическими процессами, самопроизвольно протекающими в земной коре. Метод эффективен при разведке рудных тел близповерхностного залегания, являющихся электронными проводниками. Используется при разведке сульфидных, магнетитовых, марганцевых и графитовых месторождений.

Метод переходных процессов (МПП) основан на изучении низкочастотного электромагнитного поля. В МПП изучается неустановившееся поле вихревых токов,

возникающих в породах и рудах при ступенеобразном изменении тока в контуре, который может быть расположен как на наземной поверхности, так и в воздухе (Горбунова, 1982).

Магниторазведка основана на изучении пространственных изменений геомагнитного поля, возникающих вследствие неодинаковой намагниченности горных пород и руд. Магнитное поле измеряют с помощью магнитометров, предназначенных для измерения полного вектора напряженности Т и его вертикальной составляющей. Обычно выполняют относительные измерения, находя приращения значений поля между двумя пунктами наблюдений. Интерпретация магнитных аномалий начинается с анализа карт изолиний магнитного поля, по которым судят о морфологии, размерах и природе возмущающих объектов (Сапожников, 2012). Количественную интерпретацию аномалий осуществляют, используя графики по профилям, проходящим крест простирания геологических объектов. Магнитные съемки с высокой детальностью и точностью 1-2 нТл включаются в разведочный комплекс для решения широкого круга вопросов. В том числе: расчленения пород по литологическому составу; выявления локальных структурных элементов (даек, жил, жерловых построек и т. д.); обоснования зональности размещения разных типов метасоматических пород; выявления магнитных руд черных металлов и слабомагнитных – цветных, благородных, редкометалльных; изучения рудных тел в морфоструктурах месторождения; изучения инженерно-геологических условий и т. д.

Гравитационная разведка основана на изучении пространственного распределения плотности в земной коре с помощью измерения силы тяжести σ (в г/см^3). При интерпретации полей силы тяжести используется характеристика избыточной плотности $\Delta\sigma$, представляющая разность плотностей отдельного геологического тела $\sigma_т$ и вмещающих пород $\sigma_{вм}$. Она может быть положительной или отрицательной. Единицей измерения силы тяжести является Галл (см/с^2). Но обычно пользуются более мелкой единицей – миллигалом (1 мГал =10^{-3} Гала). В разведочной геофизике относительные измерения гравитационного поля g выполняются с помощью гравиметров. Прибор позволяет измерять приращение g от точки к точке, т. е. Δg. На этой основе вычисляются аномальные поля Δg, по которым судят о неоднородностях по плотности в земной коре.

Гравиразведка применяется при структурно-геологическом изучении земной коры, разведке разных полезных ископаемых. Наиболее эффективно гравиметровой съемкой выявляются залежи железорудных и хромитовых месторождений, интенсивность аномалий силы тяжести над которыми может достигать 0,4-0,5 мГал. При увеличении детальности съемки возможно обнаружение рудных тел сульфидных месторождений размером 0,1-0,2 км^2, с интенсивностью аномалий 0,2-0,5 мГал (Шевелев, 2004).

Радиометрические методы основаны на изучении радиоактивности руд и горных пород с целью решения поисково-картировочных и разведочных задач, опробования. Наибольшее применение получила *гамма-съемка*, дающая положительные результаты для обнаружения радиоактивных руд и расчленения горных пород. Съемка проводится в аэро-, пешеходном, автомобильном вариантах. Радиоактивность выражается через мощность дозы излучения за единицу времени в А/кг (в системе СИ) или в микрорентгенах в час (1 мкР/час=10^{-12} А/кг). Изменения выполняют с использованием спектрометрической

аппаратуры, позволяющей выделять урановую и калиевую составляющую радиоактивного поля.

Повышенной радиоактивностью обладают породы, в которых в рассеянном состоянии находятся элементы урана, тория. Также повышенная радиоактивность свойственна породам, содержащим изотоп Калий-40. Он присутствует в кварц-серицитовых сланцах, нередко несущих золоторудную минерализацию, полевошпатовых породах, калийных солях.

Геофизические исследования скважин (ГИС) – это отрасль разведочной геофизики, отличающаяся от других методов только по методике исследований. Основные положения теории физических полей, измеряемых в скважинах, остаются теми же, что и в полевой геофизике (Сковородников, 2009, 2016). Роль и значение ГИС постоянно возрастает. В перспективе ГИС открывает путь к бескерновому изучению скважин. В настоящее время в скважинах регистрируется большое количество разных параметров (около 40). При этом стоимость ГИС составляет незначительную часть от общей стоимости сооружения и оборудования скважины.

В ГИС выделяют три больших раздела: каротаж, операции в скважинах и скважинную геофизику.

Каротаж – это геофизические методы изучения геологического строения разрезов скважин. В каротаже исследуются очень небольшие объемы горных пород, прилегающие к стенкам скважины. Отличительная особенность каротажа – высокая детальность и точность исследований. Результаты фиксируются в виде непрерывных диаграмм по стволу скважины или в виде числовых значений с шагом порядка 10-20 см. Каротаж позволяет выполнять литологическое расчленение разрезов скважин, выделять в них интервалы полезного ископаемого, определять физические свойства горных пород и полезных ископаемых in situ. Именно на основании данных каротажа производится интерпретация полевых геофизических методов: электроразведки – по данным об удельном электрическом сопротивлении (УЭС) пород; магниторазведки – по значениям магнитной восприимчивости пород: гравиразведки – по их плотности. Каротаж дает сведения, необходимые для подсчета запасов месторождения – данные о мощности залежей, содержанию полезного компонента и т. д. Изучение скважин подразделяется по природе изучаемых полей на методы электрического, радиоактивного каротажа и прочие методы (Сковородников, 2009, 2016).

Методы электрического каротажа включают:

а) Группу методов кажущегося сопротивления (КС). В эту группу входят: метод КС – наиболее распространенный; резистометрия – метод определения удельного сопротивления жидкости; метод БКЗ (боковых каротажных зондирований) – скважинный аналог метода ВЭЗ; БК – боковой каротаж и др.

б) Методы токового каротажа: метод скользящих контактов (МСК) – при исследовании рудных скважин; метод бокового токового каротажа (БТК) – для исследования углеразведочных скважин.

в) Группа электромагнитных методов: ИК – индукционный каротаж, использующий поля низких частот; ВМП – высокочастотный волновой метод проводимости и др.

г) Группа методов электрохимической активности: ПС – метод потенциалов самопроизвольной поляризации (аналог метода естественного поля); метод электродных потенциалов (МЭП). Методы ПС и ПК стали применяться совместно, получив название стандартного электрического каротажа.

Методы радиоактивного каротажа (РК) включают: ГК – гамма каротаж – регистрация естественного гамма-излучения горных пород; ГГК – гамма-гамма каротаж, имеющий две разновидности – плотностной (ПГГК) и селективный (СГГК); РРК – рентгенорадиометрический каротаж; НГК – нейтронный гамма-каротаж и другие методы.

Скважинная геофизика – это геофизические методы изучения геологического строения межскважинного, околоскважинного и призабойного пространства. В отличие от каротажа, скважинная геофизика отличается большими объемами исследуемых горных пород. Это позволяет увеличить действующую зону влияния скважин, пройденных по разряженной сети, обеспечить получение дополнительной геологической информации о межскважинном пространстве.

Методы скважинной и полевой геофизики подразделяются по природе исследуемых физических полей. Широкое использование в практике разведочных работ получили методы скважинной разведки. Выделены методы, основанные на использовании тока разной природы.

На постоянном токе: метод ЕП-С (естественного поля, скважинный вариант), МЗТ – метод заряженного тела, МЭК – метод электрической корреляции разрезов, ЧИМ – метод частичного извлечения металла.

На переменном токе: метод радиоволнового просвечивания, ДЭМПС – дипольного электромагнитного профилирования скважин, ННП-С – наземной незаземленной петли, скважинный вариант.

На импульсном токе: СП-С – метод вызванной поляризации, скважинный вариант; МПП-С – метод переходных процессов, скважинный вариант.

Задачи геофизических исследований в *горных выработках* во многом близки к тем, что уже были сформулированы выше. В том числе: корреляция рудных подсечений; оконтуривание и оценка размеров рудных тел; поиски пропущенных при разведке рудных тел в межвыработанном, межскважинном и околоскважинном пространстве; оценка положения выработок относительно рудных тел; внедрение в практику геофизического опробования.

Геофизическое опробование дополняет геологическое и во многих случаях его заменяет. Оно осуществляется в скважинах и шурфах, на стенках горных выработок. Также опробуется отбитая рудная масса в вагонетках и на транспортерах. Особенности геометрии среды измерений и условий их проведения отражаются в специфичности аппаратуры, в конструкции датчиков.

При измерении в горных выработках основными методами электроразведки являются (Рудничная…, 1986): метод ПС, электропрофилирование, метод электрической корреляции (МЭК), методы грави- и магниторазведки. С их помощью решаются горнотехнические задачи: определяется плотность горных пород и руд, выявляются подземные полости и зоны обрушения, форма карстовых полостей, коэффициенты

фильтрации подземных вод и другие вопросы геологического обеспечения добычных работ.

СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Метод локальных геологических наблюдений реализуется в разведке посредством *разведочной сети* (РС). Разведочная сеть – это методическое обоснование разведки месторождений полезных ископаемых. Она непосредственно влияет на получаемую разведочную информацию об оцениваемом объекте. От влияния собранной при разведке информации позднее невозможно избавиться никакой последующей обработкой данных (включая математическое и иное моделирование). Обоснование рациональной РС, отвечающей геологическим особенностям оцениваемого объекта, является кардинальным вопросом разведки месторождений.

Обоснование РС опирается на ряд понятий.

Любая разведочная выработка, пересекающая природное скопление полезного ископаемого, представляет искусственное обнажение и в случае выполнения определенных условий может рассматриваться как *единичное разведочное пересечение.* Совокупность разведочных пересечений, расположенных в одной плоскости, образует *разведочное сечение*, а совокупность разведочных сечений в пространстве – *разведочную систему.* Таким образом, *под разведочной системой понимается совокупность разведочных сечений (разрезов), определенным образом ориентированных в пространстве по отношению к рудному телу, позволяющих решать стоящие перед разведкой задачи* (Каждан, 1977; Рудничная…, 1986; Шевелев, 2004). Прослеживание объектов разведки в заданном направлении осуществляется с помощью разведочных пересечений, в заданной плоскости – с помощью разведочных сечений (разрезов), в заданном объеме – с помощью разведочных систем.

Разведочное пересечение должно удовлетворять ряду требований. Главные из них (Шевелев, 2004):

а) должно быть ориентировано в направлении близком к направлению максимальной изменчивости важнейших свойств полезных ископаемых в недрах (чаще – по линии мощности);

б) вскрывать залежи полезных ископаемых на полную мощность с выходом во вмещающие породы.

Разведочное пересечение может быть выполнено с применением разных технических средств: скважин, шурфов, подземных горных выработок и др. Их выбор зависит от задач разведки, природных особенностей объекта, технико-экономических соображений. Чем сложнее строение полезного ископаемого, тем в большей степени должно быть вскрыто тело оцениваемой залежи. Оптимальным при этом является использование разведочных горных выработок.

Разведочное пересечение должно быть сплошным, что обеспечивает полную информацию по изучаемому направлению. Вычисленные по нему средние значения свойств наиболее близки к действительным. Они расходятся только на величину технических погрешностей экспериментальных наблюдений.

Разведочные сечения (разрезы) могут быть поперечными, продольными или косыми по отношению к телам полезных ископаемых, а также горизонтальными или вертикальными. Разведочные пересечения в пределах разрезов могут располагаться параллельно под разными углами или пересекая друг друга. Если сведения о строении и свойствах полезного ископаемого накапливаются по линиям на основе данных разведочных пересечений, то площади (объемы) между смежными разведочными разрезами остаются неосвещенными. Чтобы иметь сведения о свойствах полезного ископаемого в пределах этих площадей, необходимо располагать характеристикой изменчивости залежи и геологической информацией, которая может быть получена только по принципу аналогии.

Несколько иной смысл вкладывал в понятие разведочной системы основоположник учения о поисках и разведке МПИ В. М. Крейтер (1961). В основе предложенной им систематики предлагалось брать необходимый комплекс технических средств разведки. Под системой разведки он понимал «такое пространственное размещение разведочных средств, которое дает возможность построить намеченные разрезы и произвести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезного ископаемого». Все разведочные системы В. М. Крейтер объединил в три группы, взяв за основу технические средства разведки: группы буровых, горных и горно-буровых систем. Позднее в развитие представлений о разведочных системах уже иными авторами были положены такие базовые понятия как характер изменчивости свойств полезных ископаемых, особенность анизотропии в строении залежей, возможности их изучения на основе комплекса технических средств. Так, А. Б. Каждан (1984) предложил классификацию разведочных систем, разделив их на три класса: системы вертикальных, горизонтальных и продольных разрезов, а также входящих в них ряда групп и видов (табл.).

РАЗВЕДОЧНАЯ СЕТЬ, ЕЁ ТИПЫ, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

Типы разведочных сетей

Обоснованность запланированной в проекте разведочной системы раскрывает выбранная разведочная сеть. Под *разведочной сетью* (РЗС) следует понимать взаиморасположение в объекте разведки локальных наблюдений и измерений разведочных параметров (Шевелев, 2004). Практика показала, что при одной и той же разведочной системе могут быть реализованы разные РЗС и, наоборот, разными разведочными системами могут быть созданы одинаковые разведочные сети.

Разведочную сеть характеризуют ряд показателей.

Анизотропия РЗС – это различие в размещении наблюдений и замеров по разным направлениям пространства. Анизотропия проявляется в форме и ориентировке ее ячеек. Если форма ячеек изометричная (квадратная, треугольная), то сеть изотропна. Если ячейка сети обладает удлиненной формой (прямоугольной, ромбической) с одинаковой ориентировкой, то сеть анизотропна.

Геометрия сети может быть разной. Выделяют правильные, неправильные и линейные сети.

Правильные сети – расположение разведочных пересечений подчиняется строгому геометрическому порядку (квадратная, прямоугольная, ромбическая).

Неправильные сети – отсутствует общая геометрическая упорядоченность в расположении разведочных пересечений.

В *линейных сетях* – разведочные пересечения располагаются в плоскости разведочных сечений и образуют отдельные линии на плоскости проекции; они могут быть параллельными или пересекающимися.

РЗС формирует представление об объекте разведки, соответствие которого в действительности можно проверить только в процессе отработки месторождения. Поэтому следует стремиться к обоснованию и реализации на практике «оптимальной» разведочной сети. По мнению В. В. Шевелева (2004) для этого необходимо выполнение ряда условий.

Первое: при ограниченных ассигнованиях на разведку оптимальная РЗС должна быть обеспечена лимитированным количеством разведочных пересечений, позволяющим выполнить разведку с наибольшей точностью и детальностью.

Второе (дополняющее первое): требования по точности и детальности разведки (категоризации запасов) следует реализовать наименьшим количеством разведочных пересечений.

Третье: у разведочной сети должна быть «оптимальная геометрия», отвечающая структурно-морфологическим особенностям объекта.

На примере четырех ведущих морфологических типов полезных ископаемых ниже рассмотрены условия выбора разведочных сетей (Волков, 2006).

1. Горизонтальные пластовые, пластообразные и линзообразные залежи, имеющие в плане изометричную или близкую к ней форму. Элементы анизотропии свойств не выражены. К этой группе следует отнести месторождения осадочного генезиса и кор выветривания: часть месторождений железных руд, марганца, никеля, бокситов, углей, фосфоритов. Если залежь должна быть изучена с одинаковой точностью по всей площади, то для достижения этой цели наиболее эффективна *квадратная сеть* разведочных пересечений (рис. 20). Она дает возможность получить серии взаимно пересекающихся разрезов. Подобная сеть позволяет на отдельных участках более сложного строения дальнейшее развитие РЗС путем проходки детализационных профилей (рис. 21).

При разведке рассматриваемого типа залежей возможны и другие варианты сетей, отвечающих тем же условиям равномерности расположения точек наблюдений. К ним можно отнести *треугольную сеть,* позволяющую построить равноточные разрезы по трем направлениям. При одинаковом расстоянии между точками пересечения у треугольной сети есть преимущество – расстояние до центра ячейки оказывается меньшим (рис. 22). Но треугольная сеть в практике разведок почти не используется (возможности ее дальнейшего развития отсутствуют).

2. Горизонтальные пластовые и пластообразные залежи, обладающие заметно выраженной в плане протяженностью в одном направлении – более распространенный в природе класс залежей по сравнению с предыдущим, шире охватывающий те же типы осадочных и экзогенных месторождений. Наличие у тел длины и ширины определяет анизотропию их строения. Поперек вытянутости залежей изменчивость выше, вдоль тел – меньше. Условию получения равномерной изученности залежей в данном случае наиболее соответствует *прямоугольная сеть,* стороны которой ориентированы по направлению

длины и ширины тела. Короткая сторона ячейки располагается по ширине, а длинная – вдоль вытянутости объекта (рис. 23). Прямоугольная сеть обладает возможностями ее развития – сгущение на отдельных участках, проходка детализационных профилей.

Примером рассматриваемой группы залежей служат сильно вытянутые извилистые в плане тела лентообразной формы с резко выраженной анизотропией свойств (рис. 24). Геометрически правильная прямоугольная сеть при этом нарушается, и она становится близкой к сети следующего типа.

3. Наклонные залежи с отчетливо выраженными элементами залегания являются наиболее распространенным типом объектов разведки. Их морфология соответствует пластам, пластообразным залежам. Залежи такого типа обладают анизотропией морфологии, условий залегания и внутреннего строения. Разведочная сеть подчинена этим признакам. Применяется система параллельных вертикальных сечений (при выдержанном простирании) или непараллельных (при изменчивом простирании), располагающихся на одинаковом расстоянии друг от друга (рис. 25). Способы развития сети точек наблюдений близки к описанным выше. Например, детализация имеющихся профилей, проходка промежуточных линий и выработок.

4. Для крутопадающих залежей, имеющих облик штоков, характерны сложные виды анизотропии (состава, свойств). В этом случае используется комбинированный способ разведки с применением горных выработок и буровых скважин. В одном из вариантов разведки крутопадающее рудное тело рассекается горными выработками по нескольким горизонтальным сечениям. В каждом сечении проходятся поперечные горные выработки и горизонтальные скважины с целью оконтуривания и изучения залежи (рис. 26).

В учебном пособии (Рудничная…, 1986) приведена более лаконичная систематика разведочных сетей. Выделены две системы разведки – по сетке и параллельным сечениям.

В системе разведки по сетке задействованы правильные разведочные сети – квадратная, прямоугольная, ромбическая. Эти РС применяются для крупных по размерам, простых по морфологии и внутреннему строению рудных тел, залегающих горизонтально или слабо наклонно – пластов, пластообразных тел, штокверков, плащеобразных залежей (рис. 27).

В системе разведки по параллельным сечениям следует выделять: а) горизонтальные сечения для крутопадающих тел сложной формы и строения (трубообразных, линейных оруденелых зон); б) вертикальные сечения для любых по форме тел с переменными углами падения, сложным внутренним строением и глубокозалегающим. Иногда системы горизонтальных и вертикальных сечений могут применяться на одной и той же залежи. Здесь верхняя часть разведуется горизонтальными сечениями (горными выработками в комбинации с подземными скважинами), а глубокие горизонты – скважинами с поверхности и подземным бурением, создающими вертикальные сечения.

Принципиальная схема разведки рудных тел линзообразной формы с использованием горноразведочных работ и буровых скважин отражена на рисунке 28.

Плотность разведочной сети, её обоснование

Обсуждение вопроса о плотности разведочной сети имеет высокую актуальность. С одной стороны, этот вопрос касается детальности изучения объекта, а с другой – связан с

затратами средств и времени. Выбор плотности сети ориентируется на изучение *наиболее изменчивых параметров залежей.* В одних случаях для надежной оценки объема и условий залегания полезных ископаемых используются характеристики изменчивости формы залежей; в других – для оценки качества минерального сырья результаты исследования изменчивости линейных запасов или содержаний.

Разведочная сеть создается в плоскости залежей. Плотность (густота) разведочной сети определяется площадью, приходящей на одно разведочное пересечение. Плотность разведочной сети (R) есть безразмерный показатель – отношение объёма залежи (Q) к объему разведочной ячейки (q), т. е. $R=Q/q$. Однако в практике разведки практически всегда используют параметры, характеризующие расстояние между разведочными пересечениями, как в плоскости разведочных сечений, так и между ними.

Плотность разведочной сети зависит от размеров скоплений полезных ископаемых, сложности их геологического строения, целей разведочных работ, размеров оцениваемых (подсчетных) блоков. Чем гуще РЗС, чем меньше размер ее ячейки, тем большей разрешающей способностью она обладает и тем более глубокий уровень в строении оцениваемых объектов она вскрывает. По мере сгущения РЗС у наблюдаемой изменчивости разведочных параметров меняется соотношение между ее случайной и закономерной составляющими в сторону увеличения последней. Суммарная изменчивость остается постоянной, что выражается в постоянстве величины ее дисперсии при разной густоте РЗС (Шевелев, 2004).

Мерой, определяющей степень сгущения разведочной сети, служит выявляемая доля координированной изменчивости свойств залежей полезных ископаемых. Только при ее наличии правомерна геометризация параметров залежей. Составляющая неслучайной (координированной) изменчивости может быть выявлена и оценена горно-геометрическими и математическими методами.

В практике геологоразведочных работ при оптимизации РЗС задействуют следующие методы (способы):

- аналогии;
- разрежения (сгущения) разведочной сети;
- сравнения данных разведки с данными эксплуатации;
- геометро-статистический;
- совокупность математических методов

и ряд других способов.

Способ аналогии применяется в соответствии с принципом аналогии. Первоначально разведочная сеть принимается по аналогии с другими близкими по геологическому строению объектами. Месторождения должны относиться к одному геолого-промышленному типу. В данном случае задействуется *межобъектная аналогия.* Наибольшее значение способ приобретает на стадии оценочных работ в связи с недостатком сведений о геологическом строении оцениваемого объекта.

Способ базируется на отнесении разведуемого объекта к определенной группе сложности строения и выборе плотности РЗС на основе обобщения данных разведки многочисленных месторождений, приведенных в «Методических указаниях по

применению классификации запасов…», МПР РФ, 2007. Накопленный опыт указывает на определенную условность отнесения объектов к той или иной группе. Индивидуальность объектов является основной причиной ошибок при использовании метода. Чем необычней по строению, составу оцениваемые недра, тем ниже оказывается возможность использования способа аналогии.

В пределах месторождения возможно применение *внутриобъектной аналогии* – использование апробированных разведочных сетей на участках выборочной детализации или в пределах отработанных частей залежей. Способ аналогии является наиболее используемым. Однако в рекомендациях ГКЗ подчеркивается, что он является приближенным и обязательно требует заверки соответствующими экспериментами и расчетами.

Способ разрежения относится к категории экспериментальных. Основан на предположении, что достигнутая на объекте густота сети наблюдений заведомо обеспечивает требуемую точность результатов, что чаще не является бесспорным. Способ сводится к последовательному разрежению исходной разведочной сети в 2, 3, 4 и т. д. раз. По разреженной РС определяются средние параметры разведочного участка, сосредоточенные в них запасы, строятся геологические разрезы. Затем производится их сравнение с «истинными» характеристиками, полученными на основе всех разведочных данных по исходной сети. Обнаруживающиеся различия рассматриваются как погрешности, к которым приводит конкретное разрежение сети. Задавая допустимый уровень погрешности, можно установить минимальную густоту сети, при которой во всех вариантах пространственного расположения точек наблюдений погрешности оценки параметра не превысят допустимого значения. Изменение наблюдаемого облика залежи полезного ископаемого при последовательном разрежении сети точек наблюдений отражено на рисунке 29. В тоже время следует отметить, что способ разрежения, как метод сравнения, следует применять в качестве общетеоретического исследования, а не оперативного средства для оценки сети разведуемого объекта (Шевелев, 2004).

Способ сгущения разведочной сети – экспериментальный способ, имеющий конкретную прикладную направленность. Он применяется в тех случаях, когда имеющаяся сеть точек наблюдений признана недостаточно густой или необходим контроль правильности представлений о геологической модели объекта. При последовательном сгущении сети следует постоянно анализировать изменение представлений о морфологии рудных тел, условиях их залегания и иных геологоразведочных параметров. Одним из показателей достаточности РЗС является однозначная увязка геологических элементов и рудных тел на планах и разрезах.

Следует учитывать, что при каждом сгущении сети имеется только один вариант пространственного положения начального пункта сети. Для этого варианта определяется среднее значение исследуемого параметра и вероятная погрешность его оценки. Достаточной признается такая густота сети, которая обеспечивает погрешности ниже допустимой, а увязка данных по соседним разведочным выработкам становится однозначной.

Способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации заключается в сравнении разведочной модели недр с наиболее достоверной, основанной на наиболее детальном изучении недр в процессе эксплуатационных работ. Различие, которое при этом фиксируется, рассматривается как показатель, оценивающий правильность и точность разведки (Комплексная ГЭО…, 1990; Сборник нормативно-методических документов…, 1998, Шевелев, 2004). Данные разведки и отработки сопоставляются в контурах запасов, ранее прошедших экспертизу в ГКЗ РФ, с учетом отработки запасов за пределами этих контуров

Сравнению подлежат запасы полезного ископаемого и их компонентов, все подсчетные параметры (мощность тел полезных ископаемых, содержание полезных и вредных компонентов, объемная масса, площадь тела полезного ископаемого, коэффициент рудоносности и т. д.).

При сопоставлении должны анализироваться не только параметры и общие цифры запасов, но и выявленные изменения в представлениях об особенностях геологического строения месторождения; анализируется их влияние на количество и качество запасов полезного ископаемого. Должны вскрываться причины расхождений сопоставляемых данных разведки и отработки. Должна быть доказана достоверность данных эксплуатационной разведки, эксплуатационного опробования очистных выработок, геолого-маркшейдерского и фабричного учета, достоверность учета потерь и разубоживания (рис. 2, 30, 31).

Необходимо отметить, что результаты эксплуатации месторождения нельзя рассматривать как безошибочные. При разработке месторождения не всегда полностью учитываются потери и разубоживание минерального сырья, а это искажает представление о морфологии и качестве тел полезных ископаемых. Подготовительные и очистные работы часто не проводятся в тектонически сложных зонах, на участках размыва залежей, их расщепления или выклинивания, что снижает достоверность собранных сведений. Поэтому на практике применение способа чаще ведется путем сравнения не с данными добычи, а с результатами эксплуатационного опробования.

В результате сопоставления данных разведки и разработки даются рекомендации, направленные на повышение достоверности исходных разведочных данных, методики разведки, оконтуривания и подсчета запасов.

Геометро-статистический способ имеет достаточно надежный и относительно простой математический аппарат, широкий диапазон применения. Возможности использования метода для решения комплекса горно-геологических задач рассмотрены ранее (см. раздел 11.3). Здесь приведена методика решения лишь одной задачи – определения рациональной плотности разведочной сети.

Для решения прикладных геологоразведочных задач обычно используют данные эксплуатационной разведки. Подбор данных проводится на профилях, ориентированных по простиранию и падению рудных тел. Размеры между точками наблюдений соответствуют расстояниям между точками отбора проб в горных выработках или скважинах. Длина профилей соответствует параметрам рудных тел по исследуемым направлениям. Обработка материалов заключается в построении одномерных графиков изменчивости геологических

параметров в системе координат: содержание полезного компонента (мощность залежи) – расстояние. Затем проводится выравнивание (сглаживание) исходных данных, оценка уровненного строения, частотных и амплитудных характеристик изучаемых полей (геохимических, морфометрических).

Для обоснования плотности и геометрии разведочной сети применяется *способ геометрической автокорреляции,* соответствующий геометро-статистической модели (Рудничная…, 1986; Петруха, 2003). Способ позволяет вычислять значение радиуса геометрической автокорреляции (R_q, м) после выравнивания исходных данных по формуле: $R_q=L(1+2K_q)^{-1}$, *где* L – длина участка аппроксимации (исследуемого профиля), м; K_q – количество экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на профиле; q – структурный уровень. Оптимальный шаг разведки принимается равным среднему значению радиуса геометрической автокорреляции, вычисленному по сечениям рудного тела (по простиранию и падению).

Геометро-статистическая модель используется для установления связи между уровнями частотной изменчивости параметра (R_q) и категориями разведанных запасов. Применение модели оправдано при преобладании закономерной составляющей изменчивости признака над случайной составляющей или при их равных соотношениях.

Обоснование оптимальной плотности разведочной сети для медноколчеданных месторождений Урала, выполненное Л. М. Петрухой (1991), позволило установить, что распределение меди, цинка, серы в рудных телах месторождений в основном изометричное. Оценка анизотропии (A) изменчивости геологоразведочных параметров, определенной как соотношение значений (R_q) по простиранию и падению рудных тел ($A=R_{q1} / R_{q2}$), показала, что среднее значение A=1,1, т. е. близко к единице. В связи с этим разведочная сеть на медноколчеданных месторождениях должна быть квадратной, а не прямоугольной (как это отражено в Методических рекомендациях ГКЗ).

Обоснование плотности разведочной сети с использованием аппарата стационарной случайной функции и геостатистической модели рассмотрены ранее (см. раздел 11.3).

Контрольные вопросы к теме 3

1. Принципы разведки. Для чего они разработаны?
2. В чем заключается принцип последовательных приближений?
3. Как реализуется принцип аналогии?
4. В чем заключается принцип максимальной эффективности?
5. На какие этапы и стадии подразделяется процесс геологического изучения недр?
6. На какой стадии геологоразведочных работ рудопроявление переходит в разряд месторождений?
7. Что такое – месторождение оценённое, месторождение разведанное?
8. Какой документ подготавливается по результатам разведки месторождения? Каково его содержание?
9. Какие виды горных выработок применяются при разведке? Охарактеризуйте условия их применения.
10. Перечислите преимущества и недостатки применения при разведке буровых скважин.

11. Какие геофизические методы применяются при изучении поверхности месторождений?
12. Какие задачи при разведке позволяет решать каротаж скважин?
13. Какие данные позволяют получить применение геофизических методов при изучении межскважинного пространства?
14. Что такое система разведки?
15. Типы разведочных сетей.
16. Плотность разведочной сети; какие факторы определяют ее обоснование?
17. В чем сущность способов аналогии и разрежения при обосновании плотности разведочной сети?
18. Как осуществляется сопоставление данных разведки и эксплуатации при обосновании плотности сети наблюдений?
19. Что лежит в основе математических методов обоснования плотности разведочной сети (статистического, геометро-статистического, геостатистического и др.)?

Тема 4
Подсчет запасов полезных ископаемых

КОНДИЦИИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающим наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения (Методические рекомендации…, 2007; Временное руководство…, 1997). Кондиции – это основной инструмент геолого-экономической оценки месторождений. Они разрабатываются и уточняются в процессе геолого-экономической оценки месторождений по материалам их разведки и эксплуатации на основе специального технико-экономического обоснования (ТЭО).

Для подсчета запасов рудных месторождений, а также отдельных видов нерудного сырья (горно-химического, плавикового шпата, барита, графита, талька, асбеста, слюды), кондиции могут включать следующие параметры:

- бортовое содержание компонента в пробе или условия оконтуривания рудных тел в геологических границах;
- минимальное содержание компонента в краевой выработке;
- минимальное промышленное содержание компонента в подсчетном блоке, запасы которого относятся к балансовым;
- коэффициенты приведения содержания попутных компонентов к основному в комплексных рудах и минимальное их содержание, учитываемое при приведении;
- максимально допустимое содержание вредных примесей в краевой пробе, оконтуривающей выработке и по месторождению;
- минимальная мощность тел полезного ископаемого или минимальный метропроцент (метрограмм);
- максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;
- минимальный коэффициент рудоносности для месторождений с прерывистым и гнездовым распределением полезных компонентов;
- минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым.

По остальным типам месторождений полезных ископаемых (карбонатные породы, магнезиты, дуниты, цементное сырье и другие) кондиции для подсчета запасов включают:

- требования к качеству полезного ископаемого (или получаемой из него продукции) в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями или обусловленными результатами технологических испытаний;
- условия подсчета запасов по сортам (классам, маркам) конечной продукции;
- минимальную мощность тела полезного ископаемого;
- максимально допустимую мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;

- минимальный выход конечной продукции.

Для каждого месторождения, в зависимости от геологического строения, горно-технических условий разработки и требований промышленности к качеству минерального сырья, учитывают только те их перечисленных параметров, которые необходимы для геолого-экономической оценки его промышленного назначения.

Рассмотрим важнейшие кондиционные показатели.

Бортовое содержание – это наименьшее содержание полезных компонентов в пробах, включенных в подсчет запасов, при оконтуривании по мощности тела полезного ископаемого в случае отсутствия четких геологических границ. Оно должно отвечать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. В комплексных месторождениях бортовое содержание выражается суммой содержаний полезных компонентов, имеющих промышленное значение. Эта сумма должна быть приведена к содержанию условного основного компонента, имеющего максимальную извлекаемую стоимость. Примеры оконтуривания месторождений при различных вариантах бортового содержания приведены на рисунках (рис. 32, 33).

Бортовое содержание определяется на основе повариантных подсчетов запасов. В качестве исходного варианта целесообразно применять бортовое содержание месторождения, аналогичного оцениваемому (по типу оруденения, размерам, морфологии рудных тел, вещественному составу руд, условиям разработки). Варианты с более высокими или низкими бортовыми содержаниями следует подбирать таким образом, чтобы разница в запасах руды, подсчитываемых при снижении (повышении) бортовых содержаний, составляла, как правило, не менее 10 % от общих запасов ближайшего варианта. Количество вариантов обычно не превышает 5 и чаще всего ограничивается значением 3. В случаях, когда сведения о бортовом содержании на аналогичном месторождении отсутствуют, первоначальную ориентировочную величину этого параметра в качестве исходного варианта определяют аналитическим путем, исходя из цены полезного компонента, коэффициента сквозного извлечения, разубоживания при добыче, удельных затрат на добычу и переработку. Последние определяются, исходя из укрупненных показателей намеченных систем добычи и переработки полезных ископаемых и предполагаемого масштаба месторождения. Для аналитического выражения бортового содержания применяются следующие формулы:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$С_{борт} = [(З_д + З_о) / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%,$$

где $З_д$ и $З_о$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.; $Ц_к$ – цена 1 т полезного компонента в концентрате без налога на добавленную стоимость (НДС), руб.; $И_о$ – коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.; р – разубоживание при добыче, доли ед.;

б) при ценах на товарные концентраты ($Ц_к$) с установленным в них содержанием ($С_к$) полезного компонента:

$$С_{борт} = [((З_д + З_о) \cdot С_к) / (Ц_к \cdot И_о \text{ x } (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Оконтуривание рудных тел в соответствии с вычисленной величиной бортового содержания и подсчет запасов позволяют установить, какова будет экономическая

эффективность разработки месторождения, а также наметить величину прочих вариантов бортового содержания. При этом верхний предел бортового содержания не должен быть выше минимального промышленного содержания, подсчитанного с учетом налогов, платежей и отчислений; нижний предел бортового содержания не должен быть ниже уровня содержаний, при которых полезный компонент не извлекается в товарную продукцию.

Минимальное содержание компонента в краевой выработке устанавливается в тех случаях, когда выявлено закономерное снижение содержаний полезных компонентов в краевых частях рудного тела. Оконтуривание рудных тел в соответствии с минимальным содержанием в краевых выработках должно соответствовать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. Это минимальное содержание определяется вариантным способом.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке – это содержание, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат и получение минимальной установленной прибыли.

Минимальное промышленное содержание без учета налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$С_{мин} = [(З_у + К_у \cdot Е) / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%,$$

где $З_у$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.; $К_у$ – удельные капитальные вложения в строительство горнопромышленного предприятия, руб.; Е – учетная ставка банка, доли ед.; при отсутствии инфляции принимается 5-6 %;

б) при ценах на товарные концентраты:

$$С_{мин} = [(З_у + К_у \cdot Е) \cdot С_к] / [(Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Минимальное промышленное содержание с учетом налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент

$$С_{мин.\ н} = [(З_{ун} + К_у \cdot Е + Н_у) / (Ц_к \cdot И_о \times (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%\ ,$$

где $З_{ун}$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды с учетом налогов, которые входят в структуру эксплуатационных затрат; $Н_у$ – налоги, платежи, отчисления на прибыль в расчете на 1 т годовой добычи руды;

б) при ценах на товарные концентраты

$$С_{мин.\ н} = [(З_{ун} + К_у \cdot Е + Н_у) \cdot С_к / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Приведенное содержание полезных компонентов комплексных руд к содержанию условного компонента осуществляется с использованием переводных коэффициентов. Эти коэффициенты определяются исходя из соотношения цен полезных компонентов и коэффициентов извлечения при обогащении руд. Минимальное содержание, учитываемое при приведении к содержанию условного компонента, принимается равным содержанию, при котором минеральное образование не извлекается при принятой технологии обогащения:

$$К_{пр} = (Ц_п \cdot И_п) / (Ц_о \cdot И_о),$$

где $Ц_о$ и $Ц_п$ – цена 1 т основного и попутного компонента в концентрате, руб.; $И_о$ и $И_п$ – соответственно их коэффициенты извлечения, доли ед.

Максимальные допустимые содержания вредных примесей у полезных ископаемых, используемых без обогащения, устанавливаются в пробе или в интервале разведочной выработки в соответствии с требованиями промышленности. Если при отработке месторождения предусматривается усреднение добытого минерального сырья, максимально допустимое содержание вредных примесей может быть установлено для подсчетного блока. При обогащении полезного ископаемого, когда вредные примеси полностью или частично переходят в концентрат и не извлекаются из него в дальнейшем, соответствующие ограничения вводятся для подсчетного блока. В случае, когда для удаления вредных примесей из концентрата требуется дополнительная переработка, их содержание в подсчетном блоке учитывается через величину минимального промышленного содержания полезного компонента.

Минимальная мощность полезного ископаемого и *максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых* устанавливается исходя из принятого способа и системы разработки месторождения. Целесообразность отработки рудных тел меньшей мощности, но с повышенным содержанием полезных компонентов, определяется по *метропроценту* (*метрограмму*) исходя из установленной минимальной мощности тела полезного ископаемого и бортового содержания.

В случае сложного строения рудных тел, когда рудные интервалы чередуются с безрудными, для уточнения величины максимально допустимой мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд проводится подсчет запасов при разной мощности этих слоев по каждому из оцениваемых вариантов бортового содержания. Оценка влияния прослоев на размеры и форму рудных тел и последующую эффективность добычи и переработки полезного ископаемого позволяет установить оптимальную величину этого параметра кондиций.

Коэффициент рудоносности применяется в случае невозможности выделить и оконтурить в процессе геологоразведочных работ отдельные рудные тела. Минимальная величина коэффициента рудоносности устанавливается для подсчетного блока, исходя из минимально приемлемой рентабельности разработки месторождения, при определении которой наряду с общепринятыми затратами учитываются дополнительные, связанные с доразведкой и оконтуриванием рудных тел и их селективной выемкой.

Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым ($Q_{мин}$), устанавливаются исходя из дополнительных расходов, связанных с их вскрытием и отработкой, по формуле:

$$Q_{мин} = [К_д \cdot (1\text{-}р)] / [(Ц_{из} – З_{ун} – Н_у – К_д \cdot Е) \cdot (1\text{-}п)],$$

где $К_д$ – капитальные вложения, необходимые на проходку дополнительных вскрышных выработок, руб.; $Ц_{из}$ – извлекаемая в концентрат ценность полезных компонентов из 1 т руды, руб.; п – потери при добыче, доли ед.

ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАПАСОВ

Оконтуривание является одной из самых ответственных операций при подсчете запасов. Оно заключается в ограничении рудных тел или их разведанных участков на площади и в разрезе.

Оконтуривание запасов ведется по промышленным кондициям. Запасы оконтуриваются по трем направлениям: *мощности, простиранию и падению* рудной залежи. Исходными материалами для оконтуривания служат данные геологической документации и результаты опробования.

Контур может представлять собой: 1) естественные границы рудных тел; 2) линию с бортовым содержанием; 3) линию с нулевым содержанием полезного компонента; 4) линию с минимальной промышленной мощностью рудного тела; 5) линии разных типов и сортов руд; 6) линии, разграничивающие запасы разных категорий; 7) линии участков с разными условиями вскрытия и разработки; 8) линии предельного содержания вредных примесей. Некоторые типы контуров приведены на рисунках 34, 35.

Если тело не имеет естественных природных границ, его оконтуривают чаще всего по бортовому содержанию или по минимальной промышленной мощности.

При оконтуривании запасов различают внутренний и внешний контуры. *Внутренний контур* – линия, соединяющая крайние точки с кондиционными содержанием и мощностью; *внешний контур* – линия, проведенная за пределами этих точек по более низким (некондиционным) показателям. Площадь между внутренним и внешним контурами принято называть *межконтурной полосой* (рис. 36).

Оконтуривание начинается с определения *опорных точек,* через которые затем проводится линия контура. Положение опорных точек устанавливают методами интерполяции и экстраполяции. *Метод интерполяции* заключается в определении мощности или содержания между смежными выработками. *Метод экстраполяции* состоит в определении мощности или содержания за пределами выработок. Различают *ограниченную экстраполяцию,* когда внешняя контурная линия проводится между рудной и безрудной точками, и *неограниченную экстраполяцию*, когда эта линия проводится за пределами контура выработок, где данные о параметрах рудного тела отсутствуют.

Положение опорной точки между двумя пробами определяется с помощью интерполяции, если содержание полезного компонента изменяется закономерно, то есть переход между рудой и вмещающими породами постепенный. При незакономерном изменении содержания промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами с кондиционным и некондиционным содержанием или даже через крайнюю кондиционную пробу. Положение опорной точки при экстраполяции принимается на половине, трети или четверти расстояния между выработками или определяется по естественным формам выклинивания рудных тел.

Для полого залегающих плоских изометричных тел площадь оконтуривается в плане, для крутопадающих плоских тел – на продольных разрезах и вертикальных проекциях. Для крутопадающих тел с выдержанными углами падения оконтуривание площади иногда проводят на проекции, параллельной плоскости падения.

Как во внутренних, так и во внешних контурах, производится блокировка запасов по категориям, типам и сортам руд, условиям залегания, вскрытия, разработки и т. д.

Вначале оконтуривание выполняется по отдельным выработкам, затем по отдельным разведочным сечениям (вертикальным или горизонтальным) и только потом в целом по рудному телу.

*Оконтуривание рудных тел в пределах отдельных разведочных выработок з*ависит от их ориентировки относительно рудного тела. В *секущих* выработках при наличии четких геологических контактов с вмещающими породами границы тела определяются по данным непосредственных наблюдений в забое горных выработок или по керну буровых скважин. При отсутствии четких геологических контактов границы тела полезного ископаемого определяются по результатам опробования и проводятся между породами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента. При этом возможны 2 случая: а) если опробование выполнено сплошной бороздой, контур тела проводится по границе последней пробы, показавшей кондиционное содержание; б) если опробование проводится с интервалом между пробами, то границы промышленной части тела проводят между пробами способом интерполяции.

При незакономерном изменении содержания полезного компонента промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента (рис. 37).

В *прослеживающих* выработках кроме распределения полезного компонента необходимо учитывать и характер выклинивания рудного тела. При резком выклинивании контур проводится по данным непосредственных наблюдений. При постепенном выклинивании учитывается характер изменения содержания и мощности.

Если содержание полезного компонента снижается постепенно, а мощность остается постоянной, то оконтуривание производится по содержанию. Здесь существуют те же два варианта, что и для секущих выработок: при опробовании сплошной бороздой контур проводят через границу последней кондиционной пробы, а при поинтервальном опробовании – методом интерполяции по приведенной выше формуле.

Если наблюдается постепенное уменьшение мощности тела, а содержание остается постоянным, то контур проводится либо по мощности, либо по метропроценту (метрограмму). Граница промышленной части тела определяется по следующим формулам:

$$X=L(M_{мин}-M_B)/(M_A-M_B),$$

где X – расстояние от точки B с некондиционной пробой пробы до контура тела; L – расстояние между кондиционной (A) и некондиционной (B) пробами; M_A и M_B –мощности тела соответственно в точках A и B; $M_{мин}$ – минимальная мощность, установленная кондициями;

$$X=L(M\%_{мин} - M\%_B)/(M\%_A - M\%_B),$$

где $M\%_{мин}$ – минимальный метропроцент, установленный кондициями; $M\%_A$ и $M\%_B$ – значение метропроцента соответственно в точках A и B.

Положение контура тела может быть намечено также по данным непосредственных замеров мощности в выработках.

Наконец, при одновременном уменьшении мощности тела и содержания полезного компонента оконтуривание производится по минимальному метропроценту (метрограмму).

Положение контура тела между двумя точками можно определять также графическим способом или специальной палеткой (транспарантом).

Учитывая, что расстояния между пробами обычно небольшие, особенно для руд цветных, редких металлов и золота, нередко поступают проще: проводят контур посередине между кондиционной и некондиционной пробами.

Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок производится на планах, разрезах или проекциях. При этом различают 3 случая проведения контура: 1) по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках; 2) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными; 3) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – отсутствием полезного ископаемого.

Проведение контура по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках, выполняется двумя путями. При наличии четких геологических границ рудных тел опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках (рис. 38). При отсутствии четких границ опорные точки определяются в пределах каждой выработки по данным химических анализов описанными выше способами. Оконтуривание состоит в соединении опорных точек.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными, производится в зависимости от характера распределения полезного компонента. При равномерном распределении и постепенном изменении содержания полезного компонента опорные точки определяются рассмотренным выше способом интерполяции с использованием приведенных формул, графически или с помощью палетки. При неравномерном распределении полезного компонента или неравномерном изменении мощности контур обычно проводят через середину расстояния между выработкой с кондиционными и выработкой с некондиционными показателями. На месторождениях с крайне неравномерным распределением полезного компонента контур рудного тела часто проводят через крайние кондиционные выработки.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие тела полезного ископаемого, осуществляется в зависимости от характера выклинивания тела. При резком выклинивании промышленный контур проводят через середину расстояния между выработками, то есть способом ограниченной экстраполяции. Кондиционная мощность тела, вскрытая выработкой, распространяется до середины расстояния между выработками. При закономерном, постепенном выклинивании рудного тела нулевой контур также проводят через середину расстояния между выработками, а положение подсчетного контура определяется способом интерполяции между выработкой с промышленной концентрацией полезного ископаемого и принятым нулевым контуром (рис. 39).

Описанные приемы оконтуривания тел обычно применяются для определения положения контура не только между разведочными выработками (рис. 40), но и между разведочными разрезами (линиями).

Определение контуров тел полезных ископаемых за пределами разведочных выработок, или неограниченная экстраполяция, практикуется для запасов низких категорий C_1 и C_2, подлежащих дальнейшей разведке. При оконтуривании используются разнообразные геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические приемы.

ПАРАМЕТРЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Подсчет запасов полезных ископаемых в общем случае осуществляется по следующей схеме:

1) определяется объем залежи V как произведение площади S на среднюю мощность M: $V = S \cdot M$;

2) определяется запас руды Q как произведение объема V на объемную массу D: $Q = V \cdot D$, при этом обязательно учитывается естественная влажность руд;

3) определяется запас металла P как произведение запаса руды Q на среднее содержание металла C: $P = Q \cdot C \cdot 10^{-2}$, если содержание выражено в %, или $P = Q \cdot C \cdot 10^{-6}$, если в г/т.

Для одних полезных ископаемых (многие виды строительных материалов, природный газ, а в западных странах и нефть) подсчет запасов останавливается на вычислении объема. Количество некоторых иных видов сырья (железные руды, хромиты и др.) подсчитываются в виде запасов руды. Для большинства рудных элементов требуется расчет запасов металла.

Из приведенной схемы видно, что основными параметрами, необходимыми для подсчета запасов, являются площадь, средняя мощность, объемная масса руды и среднее содержание в ней полезных компонентов. Кроме того, могут использоваться разные поправочные коэффициенты.

Площадь устанавливается в результате оконтуривания рудных тел на планах и проекциях. Простые по конфигурации площади измеряются как геометрические фигуры, сложные – с помощью палетки, планиметра или курвиметра. В современных условиях площадь определяется с помощью компьютерных программ.

При наклонном залегании тела полезного ископаемого необходимо привести полученный замер площади к истинному значению, для чего вводят поправку на угол падения залежи β для замеров на плане по формуле:

$$S_{ист.} = S_{изм.} / \cos\beta,$$

для замеров на вертикальной проекции по формуле:

$$S_{ист.} = S_{изм.} / \sin\beta.$$

Мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчета запасов определяется по данным горных и буровых работ, а также каротажа скважин. Если рудные тела имеют четкие геологические границы с вмещающими породами, их мощность устанавливается непосредственно с помощью замеров. Если четких геологических контуров нет, мощность рассчитывают по результатам секционного опробования по бортовому или минимальному промышленному содержанию полезного компонента.

В горных выработках мощность определяют замером расстояния от кровли до подошвы залежи при их документации и опробовании. Мощность рудных тел по данным бурения устанавливают прямыми или косвенными способами. Прямой способ – это расчет

мощности по керну при колонковом бурении и по данным опробования шлама при ударном бурении, косвенные – по данным каротажа скважин или по наблюдениям в процессе бурения за изменением скорости углубки скважин, за цветом или составом шлама.

Разведочные выработки часто пересекают тело полезного ископаемого не по истинной мощности, а под некоторым углом. При пологом залегании замеряется вертикальная мощность $M_в$, при крутом падении – горизонтальная $M_г$. По керну или геофизическим данным мощность определяется длиной рудного интервала $M_{скв}$. Эти так называемые наблюдаемые мощности отличаются от истинной мощности $M_{ист}$ и приводятся к ней по геометрическим формулам (рис. 41):

$$M_{ист.} = M_г \cdot \mathrm{Sin}\alpha,$$

$$M_{ист.} = M_в \cdot \mathrm{Cos}\alpha;$$

$$M_{ист.} = M_{скв.} \cdot \mathrm{Cos}(\alpha\text{-}\beta) \cdot \mathrm{Cos}\gamma,$$

где α – угол падения залежи, β – зенитный угол наклона скважины в месте пересечения залежи; γ – угол между азимутальным направлением скважины и азимутом падения залежи.

Среднее значение мощности определяется среднеарифметическим или средневзвешенным способом. Метод среднего арифметического применяют при более или менее равномерном распределении пунктов замера мощностей. В этом случае средняя мощность M определяется по формуле:

$$M = \sum m / n,$$

где n – количество замеров мощности.

Способ средневзвешенного применяется при резко неравномерном распределении точек замера и установленном направлении закономерностей изменчивости мощности. Средневзвешенная мощность рассчитывается по формуле:

$$M=\sum m \cdot l / \Sigma l,$$

где l – расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

Объемная масса руды должна быть установлена с учетом естественной пористости, трещиноватости и кавернозности полезного ископаемого. Она определяется лабораторным или полевым способами. При применении лабораторного способа объемная масса определяется путем взвешивания образцов, покрытых пленкой парафина, в воздухе и в воде или взвешиванием и определением их объема в мерном сосуде. При полевом способе проходится горная выработка и вся добытая горная масса взвешивается, а пройденное пространство замеряется. Соотношение массы полезного ископаемого и объема даст объемную массу. Считается, что для определения объемной массы этим способом достаточно 10 м^3 полезного ископаемого. Этот способ более точный.

Объемная масса должна определяться для каждого сорта и типа полезного ископаемого, запасы которых учитываются самостоятельно. Количество определений объемной массы должно быть достаточным для надежного обоснования средних величин. Считается, что для однообразных по сложению полезных ископаемых достаточно 10-20, а для более сложных 20-30 определений объемной массы типичного материала для каждого сорта полезного ископаемого.

При этом обязательно учитывается *естественная влажность руды*, которая может достигать у отдельных полезных ископаемых 30-40 % и более. Учет естественной влажности необходим в связи с тем, что анализы проводятся с сухими навесками после просушивания проб при 105-110 ºС, а содержание полезных компонентов определяется для воздушно-сухой массы. Поэтому необходима поправка в содержание на влажность руды по формуле:

$$C_{вл.} = C_{сух.} \cdot (100 - B) / 100,$$

где $C_{вл.}$ – содержание полезного компонента по влажной руды, % или г/т; $C_{сух.}$ – то же в сухой руде; В – влажность, при которой определена объемная масса, %.

Чаще пересчитывают не содержание на сырую руду, а объемную массу сырой руды $D_{вл.}$ на сухую $D_{сух.}$ по формуле:

$$D_{сух.} = D_{вл.} \cdot (100 - B) / 100.$$

Естественная влажность определяется как отношение потери массы штуфа в результате высушивания к массе влажного образца и вычисляется путем сравнения массы проб влажного минерального сырья $Q_{вл.}$ с массой тех же проб, просушенных до постоянной массы при 105-110 ºС, $Q_{сух.}$, по формуле:

$$B = 100 \cdot (1 - Q_{сух.} / Q_{вл.}).$$

Необходимо учитывать, что влажность не является величиной постоянной и изменяется в зависимости от глубины залегания полезного ископаемого, времени года, уровня грунтовых вод и др.

Среднее содержание определяется как среднеарифметическое или средневзвешенное по скважине, выработке, горизонту, блоку, участку и месторождению в целом. Чаще всего применяют среднее содержание, взвешенное на длину проб, то есть на их мощность.

Поправочные коэффициенты вводятся для *уменьшения запасов* при прерывистом (дискретном) оруденении, разобщенности рудных тел, наличии безрудных даек, участков пустых пород, валунов и т. п. Коэффициенты для *увеличения запасов* применяются при избирательном выкрашивании рудных компонентов из керна, при намыве ценных компонентов при разработке россыпей. Могут вводиться поправочные коэффициенты на систематические погрешности химанализов, замеров мощностей в скважинах и др.

МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Существует довольно много разных методов подсчета запасов. Все они основаны на определении объема подсчетных контуров, которые сравниваются с равновеликими геометрическими фигурами. Запасы подсчитываются по простейшим формулам:

$$V = S \cdot m,\ Q = V \cdot d,\ P = Q \cdot C / 100,$$

где V – объем тела полезных ископаемых, S – площадь тела на проекции, m – средняя мощность, Q – запасы руды, d – объемная масса руды, C – среднее содержание полезного компонента в %.

Наибольшим распространением пользуются методы геологических и эксплуатационных блоков, разрезов и статистический.

Метод геологических блоков является универсальным для подсчета запасов плоских тел. При этом методе выделяют блоки разной величины, отличающиеся по степени разведанности, мощности, содержанию полезных компонентов, типам и сортам руд, технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям (рис. 42).

Частным случаем этого метода является *метод среднего арифметического,* когда все тело рассматривается как один подсчетный блок.

Метод эксплуатационных блоков применяется также для подсчета запасов плоских тел, разделенных горными выработками и буровыми скважинами на эксплуатационные блоки. Оконтуривание и подсчет запасов по каждому блоку аналогично методу геологических блоков (рис. 43).

Метод разрезов применяют для подсчета запасов изометричных, трудообразных и сложных по форме тел (рис. 44, 45). Разрезы могут быть *вертикальными* или *горизонтальными*. Заключенная между смежными разрезами часть рудного тела рассматривается как призма, если площади смежных сечений близки, или как пирамида, если эти сечения существенно различаются по площади. Объем части рудного тела между двумя разрезами определяется соответственно по формуле для призмы или пирамиды. Объем крайних блоков, каждый из которых опирается на один разрез, определяется по формуле клина. При непараллельных разрезах вносятся соответствующие поправки к подсчету объемов. Среднее содержание определяют вначале для каждого разреза. В блоке, ограниченном двумя разрезами, оно вычисляется как среднеарифметическое или средневзвешенное на площадь сечения.

При крайне дискретном оруденении подсчет запасов проводят *статистическими методами*. Это относится в основном к месторождениям IV группы, когда совмещаются разведка и эксплуатация. По результатам этих работ оценивается средняя продуктивность исследуемого участка и распространяется на менее изученную потенциально рудоносную часть месторождения.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ СОПУТСТВУЮЩИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

К попутным полезным ископаемым относятся минеральные комплексы (горные породы, руды, подземные воды, рассолы), добыча которых при разработке основного полезного ископаемого экономически целесообразна. К *попутным компонентам* относятся заключенные в полезных ископаемых минералы, металлы и другие химические элементы в их соединениях, которые не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождения, но при переработке полезных ископаемых могут быть рентабельно извлечены и реализованы на внутреннем или международном рынке.

Попутные полезные ископаемые и компоненты в зависимости от форм нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и компонентами и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к условиям их разработки (извлечения), разделяются на три группы (Шевелев, 2004). *К первой группе* относятся попутные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные рудные тела:

- железные руды на марганцевых месторождениях;

- серный колчедан, барит-полиметаллические руды, золотосодержащие кварциты на медноколчеданных месторождениях;
- свинцовые и медно-свинцовые руды на месторождениях медистых песчаников;
- огнеупорные глины, каолины на месторождениях бокситов и угля и др.

К этой же группе относятся вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов или для других целей, а также торф и в некоторых случаях почвенно-растительный слой и породы, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

К жидким попутным полезным ископаемым относятся подземные воды, участвующие в обводнении подземных горных выработок, если они пригодны для водоснабжения, извлечения из них ценных компонентов или бальнеологических целей.

Ко второй группе относятся попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые при обогащении могут быть выделены в самостоятельные концентраты или промпродукты, а в отдельных случаях накапливающиеся в продуктах обогащения основных компонентов в количестве, допускающем их последующее извлечение на экономически рациональной основе.

В эту группу могут быть объединены:
- титановые, медные и ванадийсодержащие минералы, золото- и кобальтсодержащий пирит, иногда апатит, гатчеттолит, бадделеит в железных рудах;
- сера (пирит и другие сульфиды), минералы свинца, цинка, серебра, самородное золото, кобальтсодержащий пирит в медноколчеданных рудах;
- молибденит в меднопорфировых месторождениях в гранитоидах, ванадийсодержащие минералы, апатит, титаномагнетит – в габброидах;
- минералы кобальта и серебра в медно-никелевых месторождениях;
- минералы меди, висмута, серебра, барит, флюорит в полиметаллических рудах и др.

К третьей группе относятся разного рода примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические, микровключения собственных минералов и др.), а также органические, металлические или металлоорганические соединения в углях и углистых породах. Преобладающую часть попутных компонентов третьей группы составляют рассеянные элементы, широко распространенных в разных твердых полезных ископаемых при весьма низком содержании. К этой же группе относятся примеси в рудных минералах золота, серебра, платиноидов, тантала, молибдена и др.

При обогащении полезных ископаемых эти компоненты накапливаются в концентратах основных компонентов, а при переработке концентратов или непосредственном использовании полезных ископаемых в металлургическом, химическом, энергетическом и других производствах концентрируются в товарных продуктах или отходах.

К этой же группе относятся попутные компоненты, присутствующие в нефти и газе и выделяемые лишь при их переработке, а также заключенные в подземных минерализованных водах или рассолах. Состав попутных компонентов третьей группы зависит от вида полезного ископаемого и типа руд.

В полиметаллических рудах присутствует сурьма, кадмий, теллур, таллий, галлий, иногда германий.

Медноколчеданные руды обычно содержат селен, кадмий, теллур, реже таллий, индий, иногда кобальт, висмут, галлий и германий. В медистых песчаниках присутствует рений, реже германий, селен и таллий. В медно-никелевых рудах содержатся платиноиды, кобальт, сера, селен, теллур, таллий, галлий, германий.

Для медно-молибденовых руд характерно присутствие рения, селена, теллура, в меньшей степени индия, германия и галлия. Высокими концентрациями рения и низкими селена, теллура, германия и галлия характеризуются молибденовые руды.

Сульфидно-касситеритовым рудам обычно свойственны повышенные концентрации индия, кварц-касситеритовым и вольфрамитовым – скандия, иногда тантала. В кварц-золоторудных месторождениях нередко присутствует теллур, а в золотосульфидных – индий, кадмий, селен, теллур и платина.

Бокситы содержат галлий, ванадий, скандий, алуниты и нефелины – галлий и ванадий. Иногда в алюминиевом сырье в небольшом количестве содержится германий. В месторождениях калийных солей присутствует бром и рубидий, иногда цезий, в некоторых месторождениях каменной соли – литий.

В апатит-нефелиновых рудах содержится титан, галлий, стронций, редкие земли.

Угли и углистые породы могут содержать повышенное содержание германия, урана, галлия, реже – ванадия и рения. В подземных водах наряду с йодом и бромом присутствуют соединения магния, калия, бора, иногда лития, рубидия, цезия, стронция, германия и другие компоненты.

Изучение и геолого-экономическая оценка попутных полезных ископаемых и компонентов производится на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе освоения месторождения.

Запасы попутных полезных ископаемых (компонентов руд) должны подсчитываться способом, отвечающим характеру их залегания в месторождении или распределения в рудах, также учитывающим особенности промышленного использования запасов, которые определяют уровень и показатели их оценки.

При подсчете запасов попутных полезных ископаемых первой группы, образующих самостоятельные рудные и нерудные залежи во вскрыше месторождений, используются способы, применяемые при подсчете запасов аналогичных видов сырья в самостоятельных месторождениях.

Подсчет запасов попутных компонентов второй группы осуществляется в контурах запасов основного полезного ископаемого в соответствии с существующими для них требованиями. Для их изучения и оценки проводятся специальные минералого-геохимические исследования руд и отбираются групповые пробы.

Запасы попутных компонентов третьей группы подсчитываются и учитываются в месторождениях, целесообразность промышленного освоения которых обеспечивается экономикой извлечения основного компонента. При этом подсчет запасов попутных компонентов данной группы выполняется исключительно в пределах контура подсчета балансовых и забалансовых запасов основного компонента.

Комплексное изучение полезных ископаемых должно сопровождаться статистической обработкой результатов опробования на основные и попутные компоненты для обоснования возможности подсчета попутных компонентов корреляционно-регрессионным способом. Статистической обработке должно предшествовать выявление по данным минералогических исследований геохимической связи между отдельными попутными и основными компонентами, выражающейся в преобладании приуроченности того или иного попутного компонента к минералам одного из основных компонентов.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны содержать:

- для каждого технологического типа полезного ископаемого – перечень попутных компонентов, запасы которых подлежат подсчету как балансовые;
- минимальное содержание попутных компонентов, учитываемые при приведении к условному содержанию основного компонента; переводные коэффициенты;
- минимальные содержания попутных компонентов в подсчетных блоках и отдельных рудных телах (залежах, пластах), если раздельная выемка и переработка полезных ископаемых с целью извлечения этих компонентов технически возможна и экономически целесообразна;
- дополнительные условия подсчета валовых и извлекаемых запасов попутных компонентов: по содержанию в рядовых или групповых пробах, по содержанию в минералах или концентратах, в целом по месторождению, по отдельным рудным телам или в подсчетных блоках.

ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Сопоставление данных разведки и эксплуатации показывает, что расхождения в определении контуров рудных тел, подсчетных параметров, количественных и качественных показателей неизбежны. Причины этого в том, что разведка осуществляется по прерывистой сети наблюдений, а за пределами разведочных выработок параметры оруденения определяются путем интерполяции и экстраполяции. С другой стороны, при эксплуатации имеют место потери и разубоживание руд, которые при проектировании эксплуатации учитываются приближенно, что тоже вносит свой вклад в расхождение данных разведки и эксплуатации.

Небольшие отклонения рассматриваются как погрешности подсчета запасов. Если ошибки значительны, то говорят о неподтверждении запасов или качества минерального сырья.

Погрешности, возникающие при подсчете, подразделяются на три основные группы: геологические, технические и методические.

Геологические погрешности, или ошибки аналогии, возникают в результате распространения фактических данных, полученных при разведке по отдельным выработкам и скважинам, на соседние участки. Эти погрешности подвержены резким колебаниям, величина их зависит от степени изменчивости параметров оруденения, а также от плотности и равномерности разведочной сети. Геологические погрешности приводят к наиболее крупным ошибкам подсчета запасов, достигающим для категорий А и В до 10-15 %, а в отдельных случаях и выше.

Наиболее типичными геологическими ошибками являются объединение разрозненных мелких рудных тел в крупные, включение в один блок разных по качеству, технологии переработки или условиям залегания руд.

Технические погрешности связаны с техникой замеров и определения исходных параметров для подсчета запасов. Эта группа включает точность замеров мощности, химических анализов, определения объемной массы, естественной влажности и т. д.

Технические ошибки могут быть случайными и систематическими. Неизбежные случайные погрешности обычно не оказывают существенного влияния на точность определения запасов, поскольку, обладая переменным знаком, они взаимно компенсируются.

Систематические погрешности значительно более опасны, так как искажают результаты подсчета запасов, регулярно завышая или занижая их. Если имеются данные о систематических погрешностях, то категории запасов должны быть снижены. Систематические погрешности и их величина устанавливаются специальными контрольными методами, которые позволяют определить соответствующие поправочные коэффициенты и откорректировать результаты подсчета. К ним относятся коэффициент рудоносности, поправочный коэффициент к результатам химических анализов, к объемной массе и др. Систематические погрешности считаются недопустимыми и требуют устранения, хотя это не всегда удается.

Методические погрешности связаны с применением разных методов подсчета запасов. В целом, применение того или иного метода не оказывает существенного влияния на результаты подсчета. Различия обычно составляют 1-5 %, что находится в пределах точности технических операций подсчета. Снизить методические погрешности до минимума позволяет выбор метода подсчета запасов, который наиболее полно соответствует методике разведки и особенностям геологического строения месторождения, дает возможность учитывать распределение качественных показателей (типов и сортов руд) и в то же время сократить затраты времени и средств на разведку.

Оценка погрешностей подсчета запасов в процессе разведки является довольно сложной операцией. В действующих нормативных документах рекомендуется осуществлять подсчет запасов несколькими методами (Шевелев, 2004; Авдонин 2007).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

В последнее время при подсчете запасов все в большей степени используют компьютерные технологии. В том числе, применяют приемы блочного моделирования, реализуемые на основе геоинформационных систем (Micromine, Surpak, Datamine и др.).

При обосновании методики моделирования необходимо учитывать особенности геологического строения месторождения, степень его изученности и последовательность проведения разведочных работ. Общая схема компьютерного моделирования и подсчета запасов включает:

- импорт базы геологоразведочных данных;
- проверку базы данных, ввод дополнительной информации;

- статистический анализ данных опробования и определение природных (естественных) бортовых содержаний компонентов;
- оконтуривание рудных тел с использованием кондиций и естественного бортового содержания;
- геометризацию месторождения – каркасное моделирование рудных тел, тектонических нарушений и т. д. (рис. 46);
- геостатистический анализ исследуемых компонентов;
- определение параметров интерполяции;
- блочное моделирование (рис.47);
- интерполяцию содержаний в блочную модель, используя альтернативные методы (обычный кригинг, индикаторный кригинг, метод обратных расстояний и др.);
- оценку запасов и их сравнение с более ранними оценками;
- классификацию запасов/ресурсов.

Схема построения блочной модели (БМ) показана на рисунке 48 (Рекомендации…, 2014).

Блочное моделирование основывается на разделении пространства месторождения на элементарные блоки (ячейки), в которых значения свойств объекта (в частности содержания полезного компонента) интерполируются из исходных данных опробования с учетом рассчитанных весовых коэффициентов. Для этого используются разные методы интерполяции, среди которых чаще применяются метод обратных расстояний (детерминистический способ) и кригинг (геостатистический метод).

Наиболее перспективным является *кригинг*, в основе которого лежат геостатистические исследования данных опробования. Геостатистика на сегодня является наиболее мощным инструментом для получения достоверной информации о запасах полезных ископаемых в недрах, оптимального планирования их отработки и проведения геологоразведочных работ. Геостатистический метод решает *две основные задачи*: нахождение наиболее вероятной оценки запасов руды и определение точности этой оценки.

Предварительной стадией геостатистического исследования является статистический анализ: расчет гистограммы распределений значений содержаний компонентов полезных ископаемых по классам, построение графика накопленных частот, подбор законов распределения данных и определение основных статистических параметров. Вид гистограммы позволяет фиксировать явные погрешности в исходных данных геологического опробования. Следующий этап – вариограммный анализ (вариография). Используется экспериментальная вариограмма, которая строится по результатам опробования (выборочным данным) и учитывает все пары проб, удаленных на некоторое расстояние. Вариограммный анализ начинается без учета направления вектора расстояния. Полученная функция отражает такие свойства случайной величины как: стационарность, наличие эффекта самородков, значение порога и зону влияния. Эти характеристики подбираются в интерактивном режиме с помощью моделирования теоретической функцией, аппроксимирующей дискретную экспериментальную вариограмму. Для дальнейшего исследования необходимо изучить характер корреляционных связей между пробами в различных направлениях, для чего следует

построить вариограммы по направлениям. Для каждого направления определяется зона влияния (см. раздел «11.3. Математические способы…). Это необходимый шаг для выявления анизотропии залежи и взаимного влияния значений случайных величин.

Следующей стадией после вариограммного анализа залежи является ее моделирование и оценка запасов. Размеры блоков блочной модели выбираются с таким расчетом, чтобы получить наиболее детальную оценку запасов по всему объему месторождения. Заключительный этап анализа – кригинг (геостатистическая оценка содержаний полезных ископаемых).

Кригинг. Предпосылкой развития геостатистических методов послужило расхождение между содержаниями многих металлов в разведочных пробах и в реально извлекаемых объемах руд. Точность оценки зависит от ряда факторов: количества проб и их значений, расположения проб (здесь важна равномерность их размещения), расстояния между пробами и точкой в середине оцениваемого блока, наличие пространственной непрерывности рассматриваемой переменной. Кригинг – метод интерполяции, который учитывает все эти факторы, был придуман южноафриканским горным инженером Д. Криге и потом усовершенствован Ж. Матероном.

В большинстве методов интерполяции сначала задается диаметр поискового круга (или эллипса). Все точки, попавшие в поисковый круг, используются для расчета взвешенного среднего, которое будет приписано середине элементарного блока. Веса, с которыми будут учитываться исходные точки, зависят (в той или иной мере) от расстояния от узла до этой точки. Разные методы интерполяции – это разные способы взвешивания исходных данных в зависимости от расстояния. В кригинге, как методе интерполяции, взвешивание производится сложнее, чем в других методах. Допустим, что в поисковый круг попали несколько проб. Расстояния между пробами и расстояния между серединой оцениваемого блока или его границами используется для снятия вариограмных значений с модельной вариограммы. Затем вариограмные значения заносятся в матрицы системы линейных уравнений; рассчитываются коэффициенты уравнений, которые и являются весами значений компонента в пробах. После рассчитывается оценка элементарного блока модели рудной залежи.

При решении способом, выбранным Ж. Матероном, появляется небольшое по величине число μ – множитель Лагранжа. Чем множитель меньше, тем более надежно решена система линейных уравнений.

Кригинговая оценка рассчитывается по формуле:

$$Z_k = \sum_{i=1}^{n} a_i Z_i,$$

где Z_k – кригинговая интерполяционная оценка изучаемой переменной; Z_i – значения переменной в n точках, попавших в круг поиска; a_i – веса. Обычно на практике в поисковый круг попадает несколько десятков или также сотен окружающих проб. Соответственно и матричное уравнение расширяется до сотен строк и столбцов. Считается, что кригинг – это интерполяционная процедура, дающая оценки с наименьшей дисперсией.

Другие методы интерполяции основаны на наличии заданной аналитической зависимости между значениями в пространстве, выраженной формулой. Наиболее часто используются линейные интерполяторы. К ним относится *метод обратных расстояний*

(IDW).При его использовании учитываются расстояния ячейки от близлежащих разведочных выработок. Чем дальше находится разведочная выработка от ячейки, тем слабее ее влияние. Значение параметра *z* в ячейке находят по формуле средневзвешенного:

$$z = \sum_{i=1}^{n}(z_i p_i / \sum p_i),$$

где z_i – значения параметра в разведочных выработках; p_i – весовые коэффициенты, зависящие от расстояния *r* ячейки от разведочных выработок; *n* – количество близлежащих разведочных выработок. Весовые коэффициенты определяют по формуле $p_i = 1/r_i^2$. В расчет параметра *z* включают разведочные выработки, расположенные не далее некоторого заранее заданного расстояния от ячейки. Если центр ячейки совпадает с какой-либо разведочной выработкой, значение *z* принимается таким же, как в разведочной выработке (Поротов, 2004).

В ГКЗ за последние два десятилетия накоплен достаточно большой опыт применения блочного моделирования при подготовке ТЭО и подсчете запасов. Примерами объектов, где блочное моделирование использовалось для решения сформулированных задач, являются золоторудные месторождения (Наталкинское, Тасеевское, Куранах, Дегдекан, Чертово Корыто, Верненское, участок Перевальный, Попутненское, Штурмовское и др.), урановорудные (Орловское, Березовское, Горное), медно-порфировые (Михеевское, Песчанка, Молмыж, Томинское и др.), редкометалльные (Зашихинское), а также ряд других. Запасы золоторудного месторождения Кючус утверждены ГКЗ по данным блочного моделирования (Рекомендации…, 2014).

Удовлетворительная сопоставимость результатов подсчета запасовдля разных вариантов кондиций отмечается для месторождений с зональным типом пространственного размещения оруденения, например, на медно-порфировых объектах (Песчанка, Томинское, Михеевское, Молмыж). Для корректной геометризации запасов в них может быть применена методика локального анизотропного кригинга (ЛАК). Она позволяет определить ориентировку осей анизотропии в локальных участках объекта на основе минимизации дисперсии по пробам, попадающим в границы эллипсоида при разных вариантах его положения. Эта процедура наиболее эффективна при достаточно плотной сети наблюдений.

На месторождениях сложного строения с высокой изменчивостью геологоразведочных параметров расхождения в оценке запасов отмечаются наиболее часто. Дополнительными факторами, осложняющими применение блочного моделирования, являются недостаточная плотность сети по отдельным участкам месторождения и высокие значения эффекта самородков. К объектам этого типа можно отнести жильные зоны, штокверки и штокверкоподобные золоторудные месторождения.

Основным приемом, позволяющим добиться удовлетворительной сопоставимости результатов для разных способов подсчета запасов, является построение каркасов, опирающихся на рудные интервалы, выделенных по соответствующим кондиционным показателям. Этот прием требует построения отдельных «жестких» каркасов для каждого варианта бортового содержания, но считается достаточно трудоемким.

Таким образом, информационные технологии являются т*ехническим*, а геостатистическое и блочное моделирование месторождений твердых полезных ископаемых – *методическим средством* подсчета запасов и технико-экономического

обоснования кондиций, удовлетворяющим требованиям международного аудита. Учет их необходим для рационального недропользования в Российской Федерации, а также привлечения иностранных инвестиций.

Контрольные вопросы по теме 4

1. Содержание и назначение промышленных кондиций
2. Основные кондиционные показатели
3. Применение и определение бортового содержания
4. Применение и определение минимального промышленного содержания
5. Виды контуров запасов полезных ископаемых
6. Последовательность оконтуривания запасов
7. Методические приемы оконтуривания запасов
8. Определение параметров подсчета запасов
9. Характеристика ведущих методов подсчета запасов
10. Особенности подсчета запасов попутных полезных ископаемых

Тема 5
Геолого-экономическая оценка месторождений

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЭО

Геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождений заключается в определении количества и качества запасов полезного ископаемого в недрах, выявлении условий залегания и добычи, обосновании технико-экономических показателей разработки. ГЭО – важнейшая составная часть геологоразведочного процесса. Она призвана определить промышленную значимость объекта в наиболее эффективном варианте его возможного промышленного освоения.

Основными задачами ГЭО являются (Временное…, 1998):

- определение количества и качества балансовых и забалансовых запасов, а также обоснование кондиций для их подсчета;
- расчет технико-экономических показателей промышленной ценности месторождения;
- обоснование оптимального варианта освоения месторождения;
- расчет размера регулярных платежей за право пользования недрами и др.

ГЭО промышленного значения месторождений производится на всех без исключения стадиях геологоразведочных работ и разработки (см. раздел 5 «Стадийность ГРР»). Однако содержание этого вида исследования во многом зависит от фактического материала, позволяющего дать объективную оценку качества и количества выявленных запасов или прогнозных ресурсов. Только на стадии разведки, в меньшей степени на стадии оценочных работ, могут быть получены достаточно полные сведения о геологическом строении объекта, позволяющие объективно охарактеризовать качество и количество запасов полезного ископаемого, технологические свойства минерального сырья, горнотехнические, гидрогеологические, экологические условия отработки. На стадиях регионального геологического изучения недр и поисковых работ оцениваются лишь прогнозные ресурсы. Практическая значимость прогнозных ресурсов определяется по результатам их ГЭО, когда устанавливается вероятное промышленное значение прогнозируемых месторождений.

Геологическое обоснование прогнозных ресурсов осуществляется в соответствии с Методическим руководством (Методическое руководство по оценке…, Богданов и др., 1986) и с учетом современных представлений по геолого-промышленных типам месторождений (на основе принципиальных геолого-генетических моделей процессов рудообразования).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЭО

Географо-экономическая характеристика района

Приводится географическое и административное положение месторождения, его удаленность от ближайшей железнодорожной станции, автомобильных дорог, населенных пунктов и возможного потребителя сырья; природно-климатические условия; освоенность района, население, его занятость, возможные источники энергоснабжения, обеспеченность стройматериалами.

Геологическое строение района

Приводятся краткие сведения об изученности и геологическом строении района, о закономерностях размещения месторождений всех видов минерального сырья.

Геологическое строение месторождения

Особенности геологического строения; структурные, литологические и иные факторы, определяющие условия залегания, морфологию рудных тел, вещественный состав руд, распределение основных и попутных компонентов, а также вредных примесей; наличие обогащенных участков и закономерности их размещения; сведения об изменчивости основных параметров рудных тел по простиранию и падению. Наличие промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, подлежащих раздельной добыче и переработке; характеристика их качества. Наличие и закономерности распределения безрудных прослоев, характеристика слагающих их пород.

Для россыпных месторождений – характеристика особенностей формы, размеров и состава продуктивного «пласта», состава и мощности «торфов», строение плотика; содержание ценных компонентов; размер, форма и прочие особенности зерен полезных минералов, пробность золота.

Группа сложности месторождения в соответствии с классификацией запасов и прогнозных ресурсов.

Методика геологоразведочных работ

Сведения о проведенной топографической съемке, системе координат и привязке разведочных выработок.

Изученность поверхности месторождения – геологическая съемка, геохимические и геофизические исследования, проходка шурфов и канав.

Изученность глубоких горизонтов месторождения – система разведки; плотность разведочной сети; обоснование участка, разведанного по более высокой категории; сводная таблица видов и объемов геологоразведочных работ; объем выработок, участвующих в подсчете запасов.

Глубина, диаметры и конструкция разведочных скважин, способ и технология бурения, результаты замеров зенитных и азимутальных искривлений скважин. Выход керна линейный, по массе или объемный; интервалы с низким выходом керна, избирательное истирание керна, поправочные коэффициенты, выход шлама по массе или объемный при шарошечном или ударном бурении.

Методика и техника геофизических работ – основные результаты, случайные и систематические погрешности геофизических измерений.

Методика опробования буровых скважин и горных выработок, качество опробования, оценка достоверности результатов, наличие систематических погрешностей, поправочные коэффициенты, схема обработки проб. Групповые пробы, методика их составления.

Аналитические работы: объемы, методы проведения основных, контрольных и арбитражных анализов, соответствие их действующим стандартам или другим нормативным документам. Результаты обработки данных контроля, качество анализов,

оценка влияния низкого качества анализов на результаты подсчета запасов (определение мощности, площади рудных тел, содержания и т. п.). Обоснованность предполагаемых поправочных коэффициентов.

Методы и число определений объемной массы для разных типов и сортов полезных ископаемых. Обоснование значений объемной массы, принятых для подсчета запасов.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Основные водоносные горизонты, наиболее обводненные участки и зоны, их взаимосвязь с поверхностными водотоками, химический состав и бактериологическое состояние поверхностных и подземных вод; величина ожидаемых, а также максимально возможных водопритоков в горные выработки. Для россыпных месторождений, предназначенных для дражной отработки – возможность устройства плотин с целью подъема воды.

Источники питьевого и технического водоснабжения горного предприятия, оценка дальнейшего использования подземных вод месторождения для целей водоснабжения или извлечения ценных компонентов, а также их очистки при сбросе в поверхностные водотоки.

Инженерно-геологические особенности пород месторождения – состав, трещиноватость, тектоническая нарушенность, способность полезных ископаемых к самовозгоранию, радиационная характеристика полезного ископаемого и вмещающих горных пород, возможность возникновения оползней, селевых потоков и т. д. При наличии многолетней мерзлоты необходимо выявить глубины распространения и температурный режим.

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

Способ разработки месторождения

Выбор способа разработки месторождения зависит от глубины и условий залегания тел полезных ископаемых и производится с учетом экономико-географических и горно-технологических факторов. Оценке подлежат следующие варианты освоения месторождения:

- открытый способ,
- подземный,
- открытый и подземный (комбинированный),
- геотехнологический.

Применение открытого способа разработки устанавливается с помощью предельного коэффициента вскрыши ($К_в^п$), вычисляемого по формуле:

$$К_в^п = (С_п – С_о) / С_в,$$

где $С_п$ – себестоимость добычи 1 т руды при подземном способе разработки, руб.; $С_о$ – то же при открытых работах без учета затрат на выемку пустых пород; $С_в$ – себестоимость 1 т вскрыши, руб.

При комбинированном способе границу освоения месторождения открытым способом устанавливают исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого открытым и подземным способами.

Система разработки

Выбор системы разработки и ее основных элементов производится исходя из анализа геологических и горнотехнических условий месторождения.

Потери и разубоживание

Их величину следует устанавливают в значениях, характерных для принятой системы разработки с учетом горно-геологических условий месторождения.

Величина потерь обычно составляет:

- 3-7 % при системах отработки с креплением и закладкой очистного пространства;
- 8-20 % с открытым выработанным пространством и магазинированием руды;
- 15-20 % с массовым обрушением;
- 4-6 % при открытом способе разработки.

Величины разубоживания:

- 5-10 % при системах с магазинированием, креплением и закладкой выработанного пространства;
- 15-20 % при системах с массовым обрушением;
- 5-10 % при открытом способе разработки.

Производительность предприятия и продолжительность периода разработки являются важнейшими оценочными показателями, определяющими себестоимость добычи, капитальные вложения в промышленное строительство и сроки строительства предприятия. Устанавливаются в зависимости от запасов месторождения, особенностей геологического строения, горно-технических условий эксплуатации. Если существуют ограничения потребности в данном сырье, особые природоохранные и другие факторы, регламентирующие добычу, то ограничивается и производительность предприятия.

В зависимости от величины эксплуатационных запасов, горно-геологических особенностей месторождения и способа отработки, годовую производительность можно определить, руководствуясь горно-техническими условиями. Порядок ее расчета установлен в нормах технологического проектирования и осуществляется при оценке объекта по результатам разведки в базовых вариантах оконтуривания.

Для расчета годовой производительности по добыче руды при оценке по результатам поисковых и оценочных работ можно использовать метод аналогии или рекомендовать упрощенные методы, отражающие статистическую зависимость между величиной эксплуатационных запасов и средней продолжительностью работы рудника. В этих целях используются табличные материалы, подготовленные ВИЭМС и представленные в методических разработках для практических занятий.

Для расчета эксплуатационных запасов руд ($З_э$) используется следующая формула:

$$З_э = З \cdot (1 - п) / (1 - р),$$

где З – запасы полезного ископаемого в недрах, тыс. т; п – потери при добыче, доли ед., р – разубоживание при добыче, доли ед.

Коэффициент изменения качества руды при добыче (Р) можно рассчитать, допуская отсутствие полезного компонента в засоряющих породах, по формуле:

$$Р = 1 – р.$$

Этот упрощенный метод, предложенный Тэйлором (Хилл, 1999), позволяет рассчитывать годовую производительность как частное от деления эксплуатационных запасов на срок эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что рассчитанная тем или иным способом годовая производительность предприятия является проектной и ее достижение требует определенного срока. Применительно к оценочным расчетам в условиях рыночных отношений неучет фактора времени достижения проектной производительности приводит к существенному искажению результатов экономической эффективности освоения месторождения независимо от того, проводится ли оценка по результатам поисковых, оценочных или разведочных работ.

Нужно учитывать также опыт рационального обеспечения запасами горнорудных предприятий:

- на 20-25 лет обычно обеспечиваются запасами рудники и карьеры черной металлургии, а крупные горнодобывающие комбинаты – не менее чем на 40 лет;
- на 30-40 лет – крупные горнорудные предприятия алюминиевой, медной, свинцово-цинковой и никелевой промышленности;
- на 20-30 лет – крупные предприятия по добыче вольфрама, молибдена, олова и др.;
- на 15-20 лет – золоторудные предприятия;
- на 5-10 лет – небольшие предприятия, эксплуатирующие богатые месторождения цветных металлов, золота и ценных видов неметаллического сырья, а также россыпные месторождения благородных и редких металлов, горнодобывающие предприятия химической промышленности и промышленности строительных материалов.

При определении фактического коэффициента вскрыши отстраивают схему освоения месторождения открытым способом. Верхний контур карьера откладывают соответственно результирующему углу наклона бортов карьера. Эти углы зависят от крепости пород (по М. М. Протодьяконову) и глубины карьера. Рекомендуемые значения также приводятся в специальных таблицах, представленных в методических разработках для практических занятий.

Для выполнения расчетов следует:

- вынести на план контуры верхнего и нижнего оснований карьера, а при необходимости и промежуточного контура (на уровне рыхлых отложений);
- определить объем карьера ($V_к$) по формулам:

$$V_к = [(S_в + S_н) / 2] \cdot H \text{ или } V_к = [(S_в + S_н + \sqrt{S_B \cdot S_H}) / 3] \cdot H,$$

где $S_в$ и $S_н$ – площади верхнего и нижнего оснований карьера, м^2; H – глубина карьера, м. Вторая формула применяется, если $S_в > S_н$ на 40 %;

- вычислить объемный коэффициент вскрыши ($K_в$):

$$K_в = (V_к – V_р) / V_р,$$

где $V_к$ – объем карьера, м^3; $V_р$ – объем руды, м^3;

- рассчитать (при необходимости) предельный коэффициент вскрыши ($K_в^п$):

$$K_в^п = (З_п – З_о) / З_в,$$

где $З_п$ – затраты (себестоимость) на добычу 1 т руды при подземном способе разработки, руб.; $З_о$ – то же при открытых работах; $З_в$ – затраты на выемку 1 т вскрышных пород при открытом способе, руб.

Если фактически коэффициент вскрыши меньше предельного ($К_в<К_в^п$), то целесообразен открытый способ разработки месторождения; если отмечена обратная зависимость ($К_в>К_в^п$), то подземный.

Расчет годовой производительности горнодобывающего предприятия во многом определяется горнотехническими условиями отработки и зависит, в первую очередь, от величины эксплуатационных запасов. Таблицы для упрощенного определения годовой производительности также приводятся в методических разработках для лабораторных занятий (Угрюмов, Дворник, 2004; Баранников, Макарова, 2002).

Годовая производительность по руде ($А_р$) может быть также определена по формуле:

$$А_р = З / Т,$$

где $Т$ – срок существования рудника, лет.

Производительность горнодобывающего предприятия по горной массе ($А_{гм}$) определяется по формуле:

$$А_{гм} = А_р \cdot (1+К_в).$$

Для расчета производительности по горной массе также можно воспользоваться эмпирической зависимостью:

$$А_{гм} = 42S – 10^5 \cdot S^2,$$

где S – средняя по глубине горизонтальная площадь проектного карьера.

Расчет годовой производительности по нормам технологического проектирования осуществляется, как правило, в базовых вариантах оконтуривания. В промежуточных вариантах годовую производительность по руде ($А_р$) рассчитывают по формуле:

$$А_р = \sqrt[a+b]{З_э},$$

где $З_э$ – эксплуатационные запасы руды, тыс. т; a, b – числовые коэффициенты, определяемые путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} А_{р1} = \sqrt[a+b]{З_{э2}} \\ А_{р2} = \sqrt[a+b]{З_{э1}} \end{cases}$$

В соответствии с принятой системой разработки и выбранной производительностью в горнотехнической части также рассматриваются: условия воздухо- и водоснабжения, вентиляции, откатки и подъема полезного ископаемого при подземной разработке, транспортировки вскрыши в отвал, а полезного ископаемого на фабрику. С учетом этого выбирается основное оборудование, режим работы предприятия, определяются укрупнено объемы работ по электро-, тепло- и водоснабжению.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

Обоснование технологии переработки минерального сырья. Базируется на данных изучения его вещественного состава, структурно-текстурных особенностей, физико-механических и других свойств, на результатах технологических испытаний, а также передового опыта переработки (обогащения) аналогичных видов минерального сырья. При

наличии на месторождении нескольких технологических типов руд, подлежащих раздельной переработке, технология переработки обосновывается для каждого из них.

Объемы и виды технологических исследований. Должны быть достаточны для выбора технологической схемы переработки минерального сырья и обоснования ее основных показателей. К ним относятся качество получаемой товарной продукции, ее выход от исходного минерального сырья, а для рудных месторождений – извлечение основных и попутных компонентов в товарную продукцию в процентах.

В соответствии с выбранной схемой обогащения составляется материальный баланс, согласно которому количество металла, поступившего на обогащение, равно количеству металла, просуммированного по продуктам обогащения. Связь основных показателей обогащения выражается в виде следующей формулы:

$$И_{об} = (В_к \cdot М_к) / М_р,$$

где $И_{об}$ – извлечение при обогащении, %; $В_к$ – выход концентрата, %; $М_к$ и $М_р$ – содержание металла в концентрате и добытой руде, соответственно, %.

При упрощенных расчетах, когда широко используются технико-экономические показатели предприятий-аналогов, коэффициент извлечения металла в концентрат иногда принимают по аналогии. В этом случае может оказаться необходимым обосновать уже другой показатель – выход концентрата (Вк) в тоннах по формуле:

$$В_к = [И_{об} \cdot М_р \cdot (1 - р)] / М_к,$$

где р – показатель разубоживания, доли ед.

При этом расход руды на получение 1 т концентрата (q):

$$q = 1 / В_к.$$

Добытое полезное ископаемое может перерабатываться на вновь построенной на месторождении обогатительной фабрике или на действующих в регионе предприятиях, имеющих свободные мощности или требующих увеличения мощностей по переработке сырья. Выбор местонахождения обогатительной фабрики обосновывается экономическими расчетами.

Производительность обогатительной фабрики по руде в конкретных условиях зависит от масштаба производства снабжающих ее рудников. Как правило, при оценке месторождений она принимается равной годовой производительности предприятия по добыче руды.

При оценке рудных месторождений конечной товарной продукцией обычно является сам металл. Поэтому процесс переработки минерального сырья следует оценивать, включая металлургический передел. Для этого необходимы сведения о технологической схеме переработки концентратов, извлечении полезных компонентов в конечную товарную продукцию, а также перечень выпускаемой конечной товарной продукции по маркам. Эти показатели принимаются по фактическим данным металлургических предприятий, на которых предусматривается переработка концентратов и промпродуктов из руд оцениваемого месторождения.

Сквозное извлечение металла в конечный товарный продукт (И) с учетом металлургического передела:

$$И = И_{об} \cdot И_м,$$

где $И_м$ – извлечение при металлургическом переделе, доли ед.

Изучение поведения попутных компонентов в процессе переработки. Изучается содержание попутных компонентов в продуктах обогащения, баланс распределения каждого попутного компонента по минералам и продуктам.

Определение состава и свойств отходов. Исследуется состав и свойства отходов, возможность их промышленного использования, целесообразность учета количества отдельных видов отходов или утверждение их запасов.

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Изучение и прогнозирование воздействия результатов геологоразведочных работ, а также разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду, является обязательной составной частью ГЭО (Временное…, 1998). Полученные при этом данные должны способствовать ликвидации их негативных последствий, получению исходных данных, необходимых для комплексного промышленного освоения, а также разработке рационального комплекса природоохранных мероприятий, определению их стоимости на разных стадиях изучения и геолого-экономической оценке месторождений. Результаты отмеченных исследований проходят экологическую экспертизу.

Влияние геологоразведочных работ и промышленного освоения месторождений на окружающую среду многоаспектно. Оно может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель и других негативных воздействиях. Характер и степень этого влияния в значительной мере обусловлены способом ведения геологоразведочных работ и отработки месторождения, а также составом добываемых и перерабатываемых полезных ископаемых, технологией их обогащения, металлургического и химического передела, степенью очистки отходящих газов и сточных вод.

Предотвращение или нейтрализация отрицательного воздействия освоения месторождения на природную среду возможны только при наличии максимально полной информации о характере объекта и условиях его эксплуатации. Она должна быть получена в процессе разведочных работ и использована для выработки соответствующих проектных решений и природоохранных мероприятий.

Все эти вопросы, разобранные с той или иной степенью достоверности (в зависимости от собранного материала), находят отражение в разрабатываемых ТЭД и ТЭО.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

В данном разделе приводится обоснование величины инвестиций (капитальных вложений и оборотных средств) в освоение месторождения, а также эксплуатационных затрат, связанных с добычей и обогащением полезного ископаемого. Рассчитываются показатели эффективности освоения месторождений, выбирается оптимальный вариант их освоения.

В практике оценки месторождений полезных ископаемых существует два основных метода определения капитальных затрат и производственных (эксплуатационных)

расходов: 1 – прямой расчет и 2 – метод аналогии. *Прямые расчеты* более точны и надежны. Они позволяют учесть все специфические особенности проекта. Однако на ранних стадиях изучения объекта данных для прямого расчета недостаточно, и тогда для предварительной оценки необходимых вложений используется *метод аналогии*, который может применяться в двух модификациях. В первом случае выбирается непосредственный объект-аналог – месторождение того же геолого-промышленного типа, расположенное в том же регионе, близкое по геологическим, горнотехническим и горно-технологическим условиям. Технико-экономические показатели объекта-аналога принимаются за основу для проведения расчетов. Вторая модификация предусматривает оценку необходимых затрат с помощью укрупненных показателей – удельных капиталовложений на разные виды работ. Удельные капвложения – это затраты, отнесенные на единицу объема работ – на 1 т руды, на 1 км строительства дороги, на 1 км проведения ЛЭП и т. д. Удельные показатели определяются отраслевыми институтами – ВИЭМС в Москве, ИГД в Екатеринбурге и др. на основе анализа деятельности профильных предприятий, и позиционируются как соответствующие нормативы.

Обоснование инвестиций в освоение месторождений

Инвестиции включают в себя капитальные вложения на фонды промышленного и непромышленного назначения, а также инвестиции в оборотный капитал.

К *фондам промышленного назначения* относятся рудник с комплексом горно-капитальных выработок, зданий, сооружений и оборудования; обогатительная фабрика с объектами хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения; участок автомобильных дорог и железнодорожных путей от месторождения до существующих путей сообщения; службы энерго-, водо- и теплоснабжения, канализации и т. д. *Непромышленные фонды* – это объекты социального, жилищного и бытового назначения.

1. Капитальные вложения в строительство рудника.

Определяются в соответствии с намеченным способом разработки, исходя из годовой производительности и капитальных удельных вложений на горно-капитальные работы, оборудование, здания и сооружения в соответствии с глубиной разработки и с учетом территориального поправочного коэффициента. Учитываются также затраты на получение лицензий: права на пользование землей и недрами, на определенные виды деятельности; организационные расходы, включая регистрацию предприятия; затраты по компенсации потерь от изъятия земель и другие расходы, связанные со строительством объектов.

Капитальные вложения в строительство карьера, рудника могут быть определены по формуле:

$$K_{\text{р}} = K_{\text{ур}} \cdot A_{\text{р}},$$

где $K_{\text{ур}}$ – удельные капитальные затраты на 1 т годовой производительности по руде или горной массе, руб.; $A_{\text{р}}$ – производительность рудника по руде или горной массе, т/год. Удельные показатели принимаются в соответствии с действующими нормативами, приведенными в методических разработках к лабораторным занятиям.

2. Капитальные вложения в строительство обогатительной фабрики.

Определяются с учетом ее производительности и удельных затрат на 1 т производственных мощностей по переработке минерального сырья, а также территориального поправочного коэффициента.

Для определения капитальных вложений в строительство обогатительной фабрики на основе удельных показателей используется формула:

$$K_{ф} = K_{уд} \cdot A_{ф},$$

где $K_{уд}$ – удельные капвложения на 1 т годовой производительности, руб.; $A_{ф}$ – годовая производительность фабрики.

3. Капитальные вложения в строительство автомобильных и железных дорог, линий электропередач, водоснабжение и прочее также определяются в соответствии с нормативами удельных капитальных вложений на 1 км сооружений, их протяженностью и поправочными коэффициентами, учитывающими район строительства и рельеф местности.

4. Капитальные вложения на предстоящие геологоразведочные работы учитываются, исходя из запасов месторождения, а также из удельных затрат на разведку 1 т руды запасов категорий $A+B+C_1$, и относятся к первому году строительства горнорудного предприятия. Они определяются по данным объектов-аналогов или методом прямого расчета путем составления сметы на проведение геологоразведочных работ.

5. Прочие капитальные вложения в строительство объектов жилищного, коммунального и культурно-бытового назначения определяются исходя из числа трудящихся на горном предприятии и удельных затрат на одного человека при строительстве этих объектов.

6. Общие капитальные затраты ($K_{общ}$) определяются как сумма затрат на строительство рудника (карьера), обогатительной фабрики, затрат на транспорт, строительство линий электропередач, затрат на геологоразведочные работы и прочих.

Прочие капитальные вложения ориентировочно можно принять в размере 10-15 % для малых и средних объектов и 20-25 % для крупных от суммы капитальных затрат на строительство рудника (карьера) и обогатительной фабрики.

Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты, связанные с добычей и обогащением полезного ископаемого, состоят из цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов. Они определяют себестоимость продукции горно-обогатительного предприятия. Эксплуатационные затраты также устанавливаются прямым расчетом или с использованием показателей существующих предприятий, разрабатывающих аналогичные месторождения в сходных географо-экономических условиях.

1. Цеховые эксплуатационные затраты

При подземной добыче полезного ископаемого цеховые эксплуатационные затраты определяются с помощью укрупненных нормативных показателей себестоимости добычи руды в зависимости от годовой производительности рудника, глубины разработки, варианта вскрытия и системы добычи.

При открытой добыче цеховые затраты рассчитываются с помощью укрупненных нормативов в зависимости от годовой производительности, типов и размеров основного оборудования, транспортных средств, глубины карьера и коэффициента вскрыши.

Затраты на рекультивацию нарушенных земель, которые входят в цеховые эксплуатационные затраты, определяются исходя из площади нарушенных земель и удельных затрат на рекультивацию 1 га.

Затраты по обогащению полезного ископаемого определяются с помощью укрупненных нормативных показателей цеховой себестоимости в соответствии с намеченной производительностью фабрики, способом обогащения и составом руд.

2. Общекомбинатские расходы зависят от цеховой себестоимости добычи, обогащения и составляют обычно 8-10 % от цеховых расходов.

3. *Внепроизводственные расходы* складываются из цеховых погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки концентрата до линии железной дороги общего пользования. Укрупненно они могут быть приняты в размере 3-5 % от цеховой себестоимости.

Затраты по охране окружающей среды зависят от характера производственной деятельности и местных условий, рассчитываются отдельно и включаются в эксплуатационные затраты.

Общая величина эксплуатационных затрат определяется как сумма цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов, а также затрат по охране среды.

Показатели эффективности освоения месторождения

При оценке эффективности освоения месторождения соизмерение разновременных затрат и показателей осуществляется путем приведения (дисконтирования) их к базисному моменту времени – началу строительства горнодобывающего предприятия. Это реализуется их умножением на коэффициент дисконтирования:

$$K_{\text{д}} = \frac{1}{(1+\text{E})^{t}},$$

где t – номер расчетного года, начиная от начала строительства горнодобывающего предприятия; E – норма дисконтирования, которая принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода или прибыли на капитал (процентная ставка). Эта норма устанавливается на таком уровне, который позволил бы инвестору не только компенсировать риск, но и получить требуемую прибыль. Обычно эта норма при постоянных ценах в горной промышленности колеблется в следующих пределах:

- от 10-12 % при разработке месторождений строительных материалов;
- 15-18 % при разработке месторождений черных и цветных металлов;
- до 20-25 % при разработке месторождений золота.

Кроме того, для учета фактора времени в экономических расчетах применяется коэффициент ежегодной ренты (аннуитета), который определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{а}} = \frac{(1+\text{E})^{\text{Тэ}} - 1}{(1+\text{E})^{\text{Тэ}} \text{ x E}}$$

Коэффициенты дисконтирования и аннуитета, рассчитанные для разных значений E и t, приводятся в виде справочных таблиц в методических разработках по практике ГЭО.

Основными показателями экономической эффективности освоения месторождения являются:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости капитальных вложений (То);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам (Рф);
- рентабельность предприятия по отношению к эксплуатационным затратам (Рэ).

Чистый дисконтированный доход определяется как сумма чистых доходов за весь расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - \text{З}_t)\cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^t}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^t}\right),$$

где t = 1, 2, 3…T – количество лет от начала строительства до ликвидации предприятия; Ц_t – стоимость продукции (выручка) в t-м году, руб.; З_t – эксплуатационные затраты, произведенные в том же году без учета амортизационных отчислений, руб.; K_t – капитальные вложения (инвестиции) в t-м году, руб.; Е – норма дисконтирования.

С использованием соответствующего коэффициента дисконтирования формула несколько упрощается:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - \text{З}_t)\cdot K_{\text{д}}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot K_{\text{д}}\right).$$

Если ЧДД положителен, освоение месторождения эффективно; при отрицательном ЧДД освоение окажется неэффективным как не отвечающее установленной норме дохода.

На начальных стадиях изучения месторождения не представляется возможным определить величину выручки, эксплуатационных затрат и капитальных вложений по отдельным годам. Поэтому величины выручки и затрат принимаются постоянными за все время разработки, а величину капитальных вложений – постоянной за все время строительства. Средняя величина дохода определяется по формуле:

$$\text{Д}_\text{г} = \text{Ц}_\text{г} - \text{З}_\text{г},$$

где $\text{Д}_\text{г}$ – среднегодовой доход; $\text{Ц}_\text{г}$ – среднегодовая стоимость продукции (выручка) за год; $\text{З}_\text{г}$ – среднегодовые эксплуатационные затраты, включая амортизационные отчисления.

Среднегодовой доход с амортизационными отчислениями ($\text{Д}^1_\text{г}$) будет:

$$\text{Д}^1_\text{г} = \text{Д}_\text{г} + \text{А}_\text{о},$$

где $\text{А}_\text{о}$ – амортизационные отчисления.

В этом случае ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \text{Д}^1_\text{г}\cdot\frac{(1+\text{Е})^{T_\text{э}}-1}{(1+\text{Е})^{T_\text{э}}\text{ x Е}} - K_\text{г}\cdot\frac{(1+\text{Е})^{T_\text{с}}-1}{(1+\text{Е})^{T_\text{с}}\text{ x Е}},$$

где $K_\text{г}$ – среднегодовая величина капитальных вложений; $T_\text{э}$ – срок эксплуатации месторождения; $T_\text{с}$ – срок строительства предприятия.

Подставляя коэффициенты дисконтирования и аннуитета, формулу можно значительно упростить:

$$\text{ЧДД} = \text{Д}^1_\text{г}\cdot K_{\text{аэ}}\cdot K_{\text{дс}} - K_\text{г}\cdot K_{\text{ас}},$$

где $K_{\text{аэ}}$ – коэффициент аннуитета на срок эксплуатации, $K_{\text{дс}}$ – коэффициент дисконтирования на срок строительства, $K_{\text{ас}}$ – коэффициент аннуитета на срок строительства.

Индекс доходности (ИД) показывает, во сколько раз приведенные доходы превышают приведенные капитальные вложения:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - 3_t)\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right]}{\sum_{t=1}^{T}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right)}$$

Или на начальных этапах изучения месторождения:

$$\text{ИД} = \frac{Д_г^1\cdot\frac{(1+\text{E})^{T_э}-1}{(1+\text{E})^{T_э}\cdot\text{E}}\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^{T_c}}}{\text{Кг}\cdot\frac{(1+\text{E})^{T_c}-1}{(1+\text{E})^{T_c}\text{ x E}}}.$$

Или с использованием коэффициентов:

$$\text{ИД} = (Д^1_г \cdot К_{аэ} \cdot К_{дс}) / (К_г \cdot К_{ас}).$$

Разработка месторождения эффективна, если индекс доходности больше 1.

Срок окупаемости капитальных вложений ($T_о$) – временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы уравнивают приведенные капитальные вложения. Срок окупаемости определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{To}\left[(\text{Ц}_t - 3_e)\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right] = \sum_{t=1}^{To}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right)$$

или на начальных стадиях изучения месторождений

$$T_о = -\frac{\log\left\{1-\frac{K_г}{Д_г^1}[(1+\text{E})^{tc}-1]\right\}}{\log(1+E)}.$$

Логарифмирование производится по любому основанию, так что можно применять как натуральные логарифмы, так и десятичные.

Возможно определение $T_о$ и графическим способом (рис. 49).

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина приведенных доходов уравнивает приведенные капитальные вложения. ВНД определяется из условия (в неявной форме):

$$\sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - 3_e)\cdot\frac{1}{(1+\text{ВНД})^t}\right] = \sum_{t=1}^{T}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{ВНД})^t}\right)$$

На начальных стадиях изучения месторождения ВНД определяется из условия:

$$Д^1_г\cdot\frac{(1+\text{ВНД})^{T_э}-1}{(1+\text{ВНД})^{T_э}\cdot\text{ВНД}} = К_г\cdot\frac{(1+\text{ВНД})^{T_c}-1}{(1+\text{ВНД})^{T_c}\cdot\text{ВНД}}$$

Ориентировочная величина ВНД определяется соотношением: ВНД = 75 / $T_о$, %.

На практике часто применяется простой графический способ определения ВНД. Для этого рассчитывается 3 значения ЧДД при разной величине Е и строится график, на котором в выбранном масштабе по вертикальной оси откладываются ЧДД, а по горизонтальной – Е. По трем точкам проводится прямая, которая пересечет горизонтальную ось в точке, соответствующей значению ВНД (рис. 50).

Рентабельность разработки месторождения по отношению к основным производственным фондам ($Р_ф$) вычисляется по формуле:

$$Р_ф = П_ч / Ф \cdot 100\ \%, \text{ или } Р_ф = Д_г / К \cdot 100\ \%,$$

где $П_ч$ – среднегодовая прибыль после уплаты налогов; Ф – стоимость производственных фондов предприятия (основных и оборотных средств); $Д_г$ – среднегодовой доход; $К$ – капитальные вложения в освоение месторождения.

Рентабельность предприятия по отношению к годовым эксплуатационным затратам ($Р_з$) может быть определена по формулам:

$$Р_з = П_ч / З_г \cdot 100\ \% \text{ или } Р_з = Д_г / З_г \cdot 100\ \%,$$

где $З_г$ – годовые затраты, руб.

С учетом, платежей, налогов и отчислений расчет показателей ГЭО осуществляется в следующем порядке.

Величина годовой прибыли ($П_г$) определяется по формуле:

$$П_г = Ц_г – (З_г + Н_э),$$

где $Ц_г$ – среднегодовая стоимость продукции без налога на добавленную стоимость (выручка); $З_г$ – среднегодовые эксплуатационные затраты с учетом амортизационных отчислений; $Н_э$ – величина налогов, платежей, отчислений, учитываемая в структуре эксплуатационных затрат. К ним относятся, в первую очередь, налог на добычу и дорожный налог.

Величина чистой годовой прибыли ($П_ч$) определяется по формуле:

$$П_ч = П_г – Н_п,$$

где $Н_п$ – величина налогов, платежей, отчислений, изымаемая из прибыли. Основную их часть составляют налоги на прибыль и на имущество.

Величина чистой годовой прибыли с амортизационными отчислениями ($П^1_ч$) определяется по формуле:

$$П^1_ч = П_ч + А_о,$$

где $А_о$ – амортизационные отчисления, определяемые в соответствии с действующими нормами амортизации.

При расчетах показателей эффективности используется чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями ($П^1_ч$) за исключением расчета рентабельности ($Р_ф$, $Р_з$), где используется чистая годовая прибыль $П_ч$.

Вычисление показателей экономической эффективности освоения месторождения с учетом существующих налогов, платежей и отчислений осуществляется по формулам:

$$ЧДП = \sum_{t=1}^{T}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right),$$

$$ИП = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right]}{\sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right)}$$

$T_о$ определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{To}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right] = \sum_{t=1}^{To}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right)$$

ВНП определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{T}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+ВНД)^t}\right] = \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+ВНД)^t}\right)$$

На начальных стадиях изучения используются соответственно следующие формулы:

$$ЧДП = П_ч \cdot \frac{(1+Е)^{Tэ}-1}{(1+Е)^{Tэ} \cdot Е} - K_г \cdot \frac{(1+Е)^{Tс}-1}{(1+Е)^{Tс} \cdot Е} \text{ или}$$

$$ЧДД = П_ч \cdot К_{аэ} – K_г \cdot K_{ас},$$

$$ИП = \frac{П^1_ч \cdot \frac{(1+Е)^{T_э}-1}{(1+Е)^{T_э} \cdot Е} \cdot \frac{1}{(1+Е)^{T_с}}}{Кг \cdot \frac{(1+Е)^{T_с}-1}{(1+Е)^{T_с} \cdot Е}}, \text{ или } ИП = П_ч \cdot К_{аэ} / К_г \cdot К_{ас},$$

$$T_о = - \frac{\log\left\{1 - \frac{K_г}{П^1_ч}[(1+Е)^{T_с}-1]\right\}}{\log(1+E)},$$

ВНП определяется из условия:

$$П^1_ч \cdot \frac{(1+ВНД)^{T_э}-1}{(1+ВНД)^{T_э} \cdot ВНД} = К_г \cdot \frac{(1+ВНД)^{T_с}-1}{(1+ВНД)^{T_с} \cdot ВНД},$$

$$Р_ф = П_ц / Ф \cdot 100\ \%,$$

$$Р_з = П_ц / З_г \cdot 100\ \%.$$

Денежный поток при разработке месторождения является дополнительным показателем эффективности освоения. Его составляющими являются приток и отток средств по годам с начала деятельности горного предприятия. Источниками притока средств являются выручка от реализации производственной продукции и реализации остаточных производственных фондов при ликвидации предприятия, сокращение величины оборотных средств. Основными составляющими оттока средств являются эксплуатационные расходы, налоговые выплаты, платежи и отчисления, которые не входят в структуру эксплуатационных затрат, увеличение оборотных средств, отчисления в развитие геологоразведочных работ и т. д. Суммарная разность между притоком и оттоком средств за весь период существования предприятия называется *чистым денежным потоком*. Если величины этого потока приводят к началу разработки месторождения, то суммарная величина этих значения является дисконтированным чистым денежным потоком. При определении денежного потока при разработке месторождения конкретным частным предприятием при оттоке средств, кроме того, учитывается погашение взятого кредита банка на строительство горного предприятия и выплата процентов по этому кредиту.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обоснование оптимального варианта освоения месторождения осуществляется на основе сопоставления его технико-экономических показателей при разных значениях бортового содержания, а именно: величины запасов полезных компонентов, размера капитальных вложений, эксплуатационных затрат, чистого дисконтированного дохода и т. д. Полный перечень этих показателей, а также пример повариантных технико-экономических расчетов для полиметаллического месторождения приводится в методических разработках для лабораторных занятий по дисциплине «Разведка и ГЭО МПИ».

Ни один из показателей не является достаточным для окончательного вывода о предпочтении того или иного варианта оконтуривания или подсчета запасов. Однако каждый из них должен отвечать заранее обусловленным требованиям инвестора: чистый дисконтированный доход и внутренняя норма доходности должны быть не меньше заранее установленной величины; срок окупаемости капитальных вложений – не более намеченного времени и т. п.

В целом, промышленное значение месторождения определяется экономической эффективностью его разработки. Наряду с этим необходимо учитывать потребность промышленности в данном виде минерального сырья, наличие трудовых ресурсов, а также социальное положение населения в районе расположения объекта, экологическую ситуацию и т. п. Неполное удовлетворение потребности конкретного района в минеральном сырье может служить основанием для предложения о снижении налогов и предоставлении льгот при разработке месторождения.

Контрольные вопросы к теме 5

1. Цели и задачи ГЭО МПИ
2. Геологические показатели ГЭО
3. Горнотехнические показатели ГЭО
4. Технологические показатели ГЭО
5. Обоснование инвестиций в освоение месторождения
6. Определение эксплуатационных затрат при разработке
7. Назначение и применение коэффициента дисконтирования, ставки дисконта, коэффициента аннуитета
8. Основные показатели эффективности освоения месторождения
9. Определение чистого дисконтированного дохода
10. Определение индекса доходности
11. Определение срока окупаемости инвестиций
12. Определение внутренней нормы доходности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Становление учения о разведке недр прошло длинный исторический путь, постепенно накапливая опыт и знания при изучении и оценке различных типов месторождений полезных ископаемых. К настоящему времени *разведка* представляет *самостоятельную научную дисциплину,* имеющую объекты изучения, методологические подходы, геолого-экономическую основу оценки полученных результатов.

Накопленный опыт разведки и геолого-экономической оценки месторождений получил отражение в многочисленных литературных источниках: монографиях, учебниках и учебных пособиях, научных статьях, методических разработках и рекомендациях. Направления совершенствования геологоразведочных работ, обоснованные еще в 80-90-е годы XX столетия, во-многом актуальными и в настоящее время. К числу сформулированных при этом задач следует отнести (Комплексная…, 1990):

- повышение достоверности утверждаемых по результатам разведки запасов;
- обоснование комплексного использования минерального сырья на основе совершенствования рациональной технологии переработки полезных ископаемых;
- совершенствование методов опробования и способов обработки проб;
- повышение уровня изученности вещественного состава и технологических свойств полезного ископаемого;
- повышение роли геофизических и геохимических исследований при оконтуривании залежей полезных ископаемых, изучении их внутреннего строения;
- совершенствование методики разведки и геолого-экономической оценки месторождений на основе обобщения передового отечественного и зарубежного опыта.

В то же время нельзя оперировать только накопленным опытом. С течением времени меняются экономические условия хозяйствования, совершенствуются подходы к оценке промышленной значимости месторождений. В современных условиях необходимо внедрение в геологоразведочный процесс геоинформационных технологий. При этом возможны следующие направления сбора информации и её обобщения:

- перевод накапливаемой геологической информации по месторождениям с бумажных носителей на цифровые;
- создание банка цифровых данных по всем разведанным пересечениям, включающим результаты опробования, аналитических, инженерно-геологических и иных исследований;
- разработка цифровых моделей месторождений, позволяющих на базе 3D моделирования анализировать форму и условия залегания тел полезных ископаемых, пространственное распределение качественных показателей в объеме рудных тел, оценивать роль и значение рудоконтролирующих факторов на прилегающих к месторождению территориях (в пределах рудных районов и узлов);
- производить подсчет запасов и ГЭО, обосновывать кондиции на минеральное сырье, укреплять и стабилизировать добычу минерального сырья требуемого качества на горнорудных предприятиях и т. д.

Все изложенное определяет высокую актуальность подготовки квалифицированных кадров в рамках высшей школы, владеющих не только глубокими геологическими

знаниями, но и современными приемами сбора и обработки накопленной информации с использованием IT-технологий.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____ В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

МЕТОДИКА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ

Специальность
21.05.03 Технология геологической разведки

Автор: Козьмин В.С, доцент, к.г.-м.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1.	ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2.	СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ	6
3.	СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
	3.1. Введение	7
	3.2. Общие сведения о районе работ	8
	3.2.1. Географо-экономическая характеристика	8
	3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ	8
	3.3. Геологическое строение района	9
	3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)	9
	3.5. Методика и объемы проектируемых работ	10
	3.5.1. Целевое геологическое задание	10
	3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ	11
	3.5.3. Прочие виды работ	12
	3.5.4. Опробование и аналитические работы	12
	3.5.5. Подсчет прогнозных ресурсов и запасов и их геолого-экономическая оценка	13
	3.6. Заключение	15
	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа	18
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец оформления штампа на листах графики	19

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта по дисциплине «Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых» является формирование у будущих специалистов системы знаний, раскрывающих методологию решения геологоразведочных задач и принципы геолого-экономической оценки месторождений.

Проектирование является сложным и ответственным видом работ. От качества проекта на производство геологоразведочных работ во многом зависит их конечный результат. Во время обучения в вузе основное внимание уделяется ознакомлению с новой информацией, большей частью теоретического характера. Молодой специалист, оказавшись на производстве, остро ощущает недостаток практического опыта. В первую очередь это касается необходимости принимать самостоятельные инженерные решения, направленные на выполнение геологического (технического) задания. Составляя курсовую работу, студенты приобретают определенные навыки в проектировании геологоразведочных работ, необходимые в дальнейшем для разработки выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) и будущей профессиональной деятельности.

Курсовая работа выполняется студентами 5-го курса на базе материалов, собранных при прохождении преддипломной производственной практики. При отсутствии необходимых данных, требуемых для составления работы, сведения предоставляет кафедра. В том случае, если студент располагает достаточно представительным материалом, позволяющим произвести его углубленную обработку с использованием современных компьютерных технологий и на этой основе рассмотреть те или иные вопросы, составление проекта может быть заменено решением той или иной методической задачи геологоразведочной направленности.

Для подготовки курсовой работы студенты во время прохождения производственной практики должны собрать необходимые графические и текстовые материалы. Графические материалы включают: 1) геологическую

карту района работ в масштабе 1:50 000, 1:100 000 или 1:200 000 с разрезами, стратиграфической колонкой и условными обозначениями (легендой); 2) геологическую карту (план) месторождения (рудного поля) масштаба 1:25 000, 1:10 000 или крупнее; 3) геологические разрезы по месторождению или его части; 4) план подсчета запасов (продольная проекция). Графика сопровождается описанием геологии района и месторождения (участка), методики геологоразведочных работ, данными по подсчету запасов с результатами геолого-экономической оценки.

Для курсового проекта допускается отсутствие геологической карты района, однако для дипломного проекта она необходима. Исключение составляют проекты по нефтяным и газовым объектам, для которых вместо геологической карты района представляется, как правило, мелко-среднемасштабная тектоническая схема с указанием важнейших нефте-газоносных структур.

Главной задачей курсового проекта является обоснование методики геологоразведочных работ, отвечающих определенной стадии. В соответствии с Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (1999) темой курсового проекта оценочные работы, разведка, или эксплуатационная разведка, например:

- оценочные работы на проявлении Ныpдвоменшорское на медноколчеданное оруденение (Полярный Урал);

- разведка Главной рудной зоны Сусанского месторождения золота (Свердловская область);

- разведка глубоких горизонтов Астафьевского месторождения бокситов (Южный Урал);

- разведка северного фланга Мансуровского месторождения гранитов (Южный Урал);

- эксплуатационная разведка южной части нижнего рудного уровня Узельгинского месторождения (Челябинская область).

Независимо от выбранной стадии при выполнении курсового проекта студент должен решить следующие инженерные задачи:

- осветить степень геологической изученности рассматриваемой площади;

- определить главные задачи проектируемых работ;

- сформулировать целевое геологическое задание;

- выбрать и обосновать комплекс методов для выполнения целевого задания, определить виды и объемы запроектированных работ;

- произвести проектный подсчет запасов по объекту изучения с их геолого-экономической оценкой.

Задание на составление курсового проекта оформляется на специальном бланке, которое выдается преподавателем. На бланке указывается тема (название) проекта и сроки его выполнения. Преподаватель помогает студенту составить план проекта, рекомендует необходимую литературу, оказывает индивидуальные консультации.

На выполненный проект преподавателем пишется рецензия. Окончательная оценка выставляется после публичной защиты.

При подготовке методических рекомендаций использованы учебно-методические разработки кафедры ГПР МПИ к составлению курсовых проектов по дисциплинам «Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых» (А. Г. Баранников, 2013) и «Разведка и геолого-экономическая оценка МПИ» (Балахонов В. С., 2005), с которыми студенты могут подробнее ознакомиться на кафедре.

2. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

Курсовой проект состоит из текстовой части и графических приложений. Текст работы не должен превышать по объему 25-35 страниц машинописного текста и включает следующие разделы (в скобках указан ориентировочный объем):

- титульный лист;

- оглавление;

- введение (1 стр.);
- общие сведения о районе работ (1-2 стр.);
- геологическое строение района (2-5 стр.);
- геологическая характеристика объекта (4-6 стр.);
- методика и объемы проектируемых работ (12-14 стр.);
- подсчет запасов, их геолого-экономическая оценка (2-3 стр.);
- заключение (1 стр.);
- список использованной литературы.

Текст работы представляется в распечатанном виде. Допускается также рукописный вариант. Страницы текста должны соответствовать формату А4 (297х210 мм). Поля по всему периметру – 20 мм. Перед текстовой частью помещается титульный лист (приложение 1), индивидуальное задание и оглавление.

Текст иллюстрируется схемами, фотографиями, зарисовками. Они должны иметь наименования, условные обозначения, масштаб и обозначаются как рисунок под соответствующим номером.

Графические приложения представляются на двух или трех листах. В правом нижнем углу помещается штамп установленного образца (приложение 2). Первым листом является геологическая карта района со стратиграфической колонкой, легендой, разрезом. Как отмечалось выше, в курсовой проект карта района может не включаться, но для дипломного проекта она необходима. На втором листе помещается геологическая карта месторождения или участка работ. Этот лист является основным и имеет методическое значение. На него наносятся известные месторождения, проявления и пункты минерализации, геохимические и геофизические аномалии, шлиховые ореолы. Здесь же указываются направления геологических маршрутов, проектные геофизические и геохимические профиля, пройденные и проектные геологоразведочные выработки. Второй лист может представлять собой план подсчета запасов по месторождению, участку месторождения, эксплуатируемому этажу или уступу. Карта участка (месторождения) сопровождается одним или двумя типичными

разрезами, в том числе проектным, которые могут быть помещены на отдельном листе. При необходимости в графические приложения включается вертикальная продольная проекция рудного тела с блокировкой запасов и указанием пройденных и проектных выработок.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Введение

Во введении обосновывается актуальность проекта и характеризуются исходные материалы, положенные в его основу. Оценивается потребность промышленности в данном виде минерального сырья, его конъюнктура на мировом и российском рынках. Рассматривается необходимость развития минерально-сырьевой базы региона в целом и данного вида полезных ископаемых в частности.

Указывается место и сроки прохождения производственной практики, организация, должность, выполнявшиеся работы. Приводятся основные фондовые и литературные источники, использованные при написании работы.

3.2. Общие сведения о районе работ

3.2.1. Географо-экономическая характеристика района

Указывается административное положение района работ, ближайшие населенные пункты, пути сообщения, возможности использования разных видов транспорта, ведущие промышленные объекты, источники энергообеспечения, наличие стройматериалов, возможности найма рабочих на месте. Описывается орогидрография: характер рельефа, абсолютные и относительные превышения, климат, гидрографическая сеть, режимы рек, источники питьевого и технического водоснабжения, наличие карстовых явлений, многолетней мерзлоты. Характеризуется растительный и животный мир, распространение покровных образований, кор выветривания, их мощности. Особо отмечается обнаженность пород, дешифрируемость аэро-космоснимков.

Перечисленные данные позволяют произвести анализ природных условий ведения геологоразведочных работ, учитываются при геолого-экономической оценке рудных объектов.

Для иллюстрации раздела приводится мелкомасштабная обзорная карта (схема) района с указанием местоположения участка работ.

3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ

Кратко освещаются основные результаты ранее выполненных на площади геологических, геофизических, геохимических и других видов работ. Обзор проводится в хронологическом порядке. Текст может сопровождаться схемами изученности.

Оценивается достоверность ранее выполненных исследований и обосновывается выбор участка проектируемых работ, обсуждается степень его разведанности, изученность вещественного состава с точки зрения комплексного использования полезных ископаемых, а также возможные перспективы продолжения оруденения на глубину или фланги месторождения, обнаружения слепых рудных тел.

3.3. Геологическое строение района

Приводятся данные о геолого-структурной позиции участка работ. Последовательно излагаются сведения по стратиграфии и литологии, магматизму, тектонике, гидрогеологии и полезным ископаемым. Для районов, перспективных на россыпное оруденение, дается геоморфологическая характеристика.

При описании полезных ископаемых кратко описываются все известные месторождения и рудопроявления, включая сведения о размерах залежей, их форме, минеральном составе, принадлежности к определенному рудно-формационному промышленному типу.

В дипломном проекте текст сопровождается геологической картой района со стратиграфической колонкой, условными обозначениями (легендой) и

разрезами. При подготовке раздела следует обратить внимание на совпадение текстовых и графических материалов. В тексте должны быть охарактеризованы свиты и комплексы, представленные на графике. Соответственно, геологическая карта, колонка, легенда и разрезы должны содержать одни и те же стратиграфические и интрузивные образования.

3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)

В зависимости от проектируемой стадии ГРР объектом работ является перспективный район, участок, рудопроявление или месторождение.

В данной главе уточняются и детализируются сведения, представленные в предшествующем разделе. Рассматриваются структурно-вещественные комплексы, образующие геолого-структурную позицию участка или месторождения. К ним относятся вмещающие горные породы, магматические тела, разломы, складки, вулканические структуры, геологические контакты.

В целом, описание участка или месторождения обычно включает следующие позиции:

- горные породы, участвующие в его строении;

- структурный контроль в размещении оруденения или структура рудного поля;

- характеристика выявленной минерализации. Для поздних стадий ГРР обязательно описывается форма, размеры, условия залегания рудных тел, вещественный состав руд, их текстурно-структурные особенности, первичная и вторичная зональность, генезис месторождения, а также характеризуются горно-геологические, инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождения.

Раздел иллюстрируется крупномасштабной геологической картой месторождения, детальными геологическими разрезами, в том числе обязательно проектным. При необходимости представляется продольная проекция, построенная в плоскости падения, или вертикальная, на которой показано размещение запасов разных категорий.

3.5. Методика и объемы проектируемых работ

3.5.1. Целевое геологическое задание

С учетом представленного выше обоснования формулируется геологическое задание, которое должно отвечать определенной стадии геологоразведочного процесса:

- оценочные работы;
- разведка участка месторождения, флангов, глубоких горизонтов;
- эксплуатационная разведка.

При формулировке задания важно отметить, какой промышленный тип оруденения ожидается, оговорить границы участка проектируемых работ и их масштаб.

3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ

При проектировании оценочных и разведочных работ методические вопросы решаются на основе анализа особенностей структуры участка, формы, размеров и условий залегания тел полезных ископаемых, изменчивости выявленных параметров оруденения (мощности, содержания полезных компонентов).

В соответствии с инструктивными материалами ГКЗ МПР РФ, определяется группа сложности месторождения, перечень основных видов работ, необходимых для решения задач данной стадии, плотность сети наблюдения для разных категорий запасов. Обосновывается система разведки и технические средства, расположение и порядок проходки технических средств.

Описание каждого вида работ завершается расчетом проектных объемов.

3.5.3. Прочие виды работ

Обязательным элементом геологоразведочных работ являются топо-геодезические или маркшейдерские исследования. Рассмотрение этого вопроса начинается с анализа имеющейся топоосновы. Предусматривается инструментальная привязка опорной сети геофизических наблюдений, буровых скважин и горных выработок, базисных линий на участках детализационных работ.

На стадии разведки обязательно должна быть описана методика гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений с определением объемов этих работ.

Обязательным элементом разрабатываемого проекта является рассмотрение экологических вопросов. Необходима оценка влияния геологоразведочных работ на окружающую среду. Это влияние может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, исключении из хозяйственного оборота плодородных земель и т.д. В проекте должны быть предусмотрены мероприятия, предотвращающие или уменьшающие вредное воздействие ГРР на экологию.

3.5.4. Опробование и аналитические работы

С учетом типа оруденения, особенностей вещественного состава, формы, предполагаемой мощности рудных залежей, а также планируемых объемов горноразведочных и буровых работ, предусматриваются необходимые виды опробования – химическое, минералогическое, техническое, технологическое. Обосновываются способы отбора проб, необходимые для решения поставленных задач (штуфное, бороздовое, точечное, керновое и т.д.). Обсуждаются возможности использования геофизических методов опробования. Дается схема обработки проб на отдельно вычерченном листе в текстовой части проекта.

Перечисляются планируемые виды лабораторных работ, определяются их объемы с учетом внутреннего и внешнего контроля (3-5% от общего объема проб). Аналитические исследования в зависимости от типа полезного ископаемого и целевого назначения проекта могут включать следующие виды испытаний проб: химический, минералогический, спектральный, пробирный, атомно-абсорбционный, рентгено-спектральный, рентгено-структурный и др. Для каждого вида аналитических исследований определяются цели и решаемые задачи.

3.5.5. Подсчет проектных запасов и их геолого-экономическая оценка

На стадиях оценочных и разведочных работ одним из завершающих этапов проектирования является оконтуривание тел полезных ископаемых на месторождении, его флангах, глубоких горизонтах с переводом прогнозных ресурсов и запасов в более высокие категории. Для этого необходимо дать характеристику как уже оцененных, так и ожидаемых ресурсов и запасов.

Указываются кондиции, принятые для оконтуривания залежей и выделения подсчетных блоков. Излагается методика подсчета запасов по результатам проектируемых работ. Выбирается и обосновывается способ подсчета запасов в зависимости от особенностей геологического строения месторождения (формы, состава, условий залегания). Излагаются принципы выделения категорий запасов по степени разведанности (плотности разведочной сети) и изученности (выхода керна, вещественного состава руд, технологических, горнотехнических и гидрогеологических условий) для месторождений разных групп по сложности геологического строения. Раскрываются принципы выделения подсчетных блоков и проведение их границ на выходах, флангах и по падению. Характеризуются параметры подсчета запасов, методика их обоснования (площади подсчетных блоков, мощности, среднее содержание, объемная масса). Приводится сводный формуляр подсчета общих ожидаемых запасов по категориям. Контуры категорий запасов, выделенных на основании проектируемых работ, рекомендуется закрасить следующими цветами: категория А – розовый, В – зеленый, C_1 – голубой, C_2 – желтый.

Методика геолого-экономической оценки на разных стадиях геологоразведочного процесса не одинакова.

Основной инструмент геолого-экономической оценки – обоснование кондиций. По материалам завершенных геологоразведочных работ (разведка, доразведка) для определения целесообразности и экономической эффективности освоения месторождения составляют постоянные кондиции.

ГЭО осуществляется поэтапно. На стадии оценочных работ – по укрупненным показателям, без учета налогов, отчислений и платежей, а позднее по результатам разведки – с их учетом.

В условиях рыночных отношений оценку эффективности освоения месторождений, а также сравнение различных инвестиционных проектов и выбор лучшего из них, производят с использованием следующих показателей.

1. Чистый дисконтированный доход, или чистая дисконтированная стоимость, интегральный стоимостной эффект (ЧДД) – это превышение интегральных денежных результатов над соответствующими интегральными затратами или сумму всех доходов от эксплуатации месторождения за весь расчетный период. Освоение месторождения считается эффективным при положительном значении величины чистого дисконтированного дохода. При отрицательном значении ЧДД рассматриваемый вариант инвестиционного проекта должен быть признан убыточным.

2. Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных доходов к величине приведенных инвестиций. В экономически эффективных проектах величина индекса доходности должна быть больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД), или внутренняя норма прибыли, рентабельность возврата инвестиций. ВНД означает норму дисконта, при которой величина приведенных доходов равна приведенным инвестициям, а чистый дисконтированный доход становится равным нулю. Освоение месторождения считается эффективным и приемлемым, если ВНД>Е, где Е – принятая в расчете норма дисконтирования прибыли.

4. Срок окупаемости капитальных вложений ($Т_о$) с учетом дисконтирования стоимостных показателей определяет временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы равны приведенным инвестициям. Приемлемым считается срок окупаемости инвестиций, равный 5-7 годам. Предельное значение $Т_о$ составляет 10 лет.

Процесс геолого-экономической оценки месторождения завершают выбором оптимального варианта освоения объекта, для которого определены кондиции и показатели экономической эффективности его освоения.

При геолого-экономических расчетах необходимо использовать рекомендуемые учебные пособия кафедры.

3.6. Заключение

В заключение работы приводятся краткие выводы по каждой главе и проекту в целом.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Баранников А. Г., Никулина И. А., Хасанова Г. Г. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / А. Г. Баранников, И. А. Никулина, Г. Г. Хасанова; Урал. Гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Тзд-во УГГУ, 2018ю – 184 с.

Баранников А. Г., Макарова С. В. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 95 с.

Дворник Г. П., Угрюмов А. Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 220 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки). М.: Недра, 1984. – 285 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Производство геологоразведочных работ). М.: Недра, 1985. – 288 с.

Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом МПР РФ от 07.03.1997. – 9 с.

Петруха Л. М. Разведка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 247 с.

Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1999. – 28 с.

Рудничная геология / В. Ф. Мягков, А. М. Быбочкин, И. И. Бугаев и др. М.: Недра, 1986. – 199 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Образец выполнения титульного листа

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
Уральский государственный горный университет
Факультет геологии и геофизики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему:

РАЗВЕДКА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ОГАНЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА (КАМЧАТКА)

Руководитель
доц. Никулина И. А.

Студент
Попов С. М.

Группа
РМ-15

Екатеринбург – 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Образец заполнения штампа к чертежам

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">Министерство образования и науки РФ
Уральский государственный
горный университет</td><td>20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">Исполнитель:
студент
гр. РМ-15
С. М. Попов</td><td colspan="3">Геологический план
Оганчинского месторождения</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">Руководитель:
доцент
И. А. Никулина</td><td colspan="3">К курсовому проекту на тему:
«Разведка глубоких горизонтов
Оганчинского месторождения золота
(Камчатка)»</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>Масштаб
1:1000</td><td>Дата</td><td>Приложение
№ 2</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td>50</td><td>30</td><td>35</td><td>35</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">150</td><td></td></tr>
</table>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу ____________ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

МЕТОДИКА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

Автор: Козьмин В.С, доцент, к.г.-м.н.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Тема	Название	Стр.
	Введение	3
1	Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения	5
2	Геологические основы разведки	15
3	Методические основы разведки	40
4	Подсчет запасов полезных ископаемых	69
5	Геолого-экономическая оценка месторождений	88
	Заключение	104

Введение

Геологоразведочные работы являются важнейшим фактором устойчивого развития экономики страны. Сырьевую базу в настоящее время составляют *более ста видов твердых полезных ископаемых.* Усилиями многих поколений российских геологов найдены и введены в промышленное освоение тысячи месторождений полезных ископаемых. На этой основе создана уникальная минерально-сырьевая база страны.

Россия занимает места в *первой пятерке стран мира* по запасам и добыче железных и медных руд, золота, серебра, платиноидов, вольфрама, молибдена, кобальта, никеля. За счет этих руд государство обеспечивает внутренний рынок, эксплуатирует значительные объемы сырья и продукции его переработки. Бюджет государства во многом формируется за счет освоения минерально-сырьевых ресурсов. Экспорт продукции (по данным Федерального агентства по недропользованию РФ) составляет 50-70 % от объема добычи (по вольфраму, кобальту, никелю, меди, золоту, платиноидам. Существенна роль России как мирового производителя и экспортера алмазов, апатита, калийных солей, хризотил-асбеста, бора.

В то же время далеко не благополучным является состояние минерально-сырьевой базы по таким полезным ископаемым, как цинк, свинец, олово, сурьма, барий, графит и др. Внутреннее потребление этих видов сырья определяет необходимость их ввоза из-за рубежа. Многие районы с горнопромышленной направленностью испытывают в настоящее время острый недостаток в добываемом сырье (по железу, меди, свинцу, цинку, золоту). К остродефицитным полезным ископаемым также относятся бокситы, титан, цирконий, бентониты, каолины и др.

Итак, минерально-сырьевой комплекс был и остается *гарантом дальнейшего развития страны* на длительную перспективу, источником получения средств на реконструкцию и техническое перевооружение промышленности. Поэтому подготовка высококвалифицированных кадров в области «разведочного дела» в рамках специализации «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых» (направления 25.05.02 «Прикладная геология») остается актуальной и востребованной задачей.

Содержание Учебного пособия во многом базируется на обобщении научного и учебно-методического материала, содержащего в учебниках, учебных пособиях, методических рекомендациях, подготовленных в разные годы. В первую очередь, необходимо упомянуть работу В. М. Крейтера (1940) по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых, а также труды тех, кто продолжал развивать и углублять сформулированные В. М. Крейтером научные проблемы и направления (работы А. Б. Каждана, Е. О. Погребицкого, В. И. Тернового, Г. С. Поротова, Л. И. Четверикова, П. П. Ясковского, В. В. Шелелева, в том числе сотрудников кафедры поисков и разведки МПИ – В. Ф. Мягкова, А. С. Вершинина, И. И. Бугаева, Л. М. Петрухи, Ю. К. Панова и др.). Из публикаций этих авторов в Учебном пособии заимствована большая часть приведенных в пособии таблиц и иллюстраций.

Современная геологическая наука не может ограничиваться изучением лишь качественных сторон явлений и процессов. Она «должна выявлять их количественные

характеристики, обеспечив тем самым более высокий научный уровень исследования земных недр» (Каждан, Гуськов, 1990). Необходимость внедрения математических методов при решении геологоразведочных задач признается в настоящее время всеми геологами. Их применение обеспечивает возможность перехода от словесных, часто субъективных определений изучаемых объектов, к их более объективным количественным оценкам. Накопленный на кафедре опыт математической обработки собранной геологической информации отражен в 11, 13 и 15 главах пособия. Более подробно вопросы количественной обработки накопленной геологической информации рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

Студент должен:

А. знать:

- задачи, принципы, технические средства и системы разведки; классификацию запасов полезных ископаемых; требования промышленности к качеству минерального сырья на стадии разведки;
- методики комплексной оценки минерального сырья;
- подходы к сбору и обработке количественной геологической информации с использованием компьютерных технологий.

Б. уметь:

- составлять проекты на геологоразведочные работы, обосновывать рациональную разведочную сеть;
- оконтуривать запасы разных категорий, выполнять подсчет запасов разными методами;
- выполнять оценку географо-экономических, горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья.

В. владеть:

- методикой обоснования видов и объемов проектируемых работ;
- приемами определения параметров при подсчете запасов полезных ископаемых;
- методикой определения величины инвестиций, показателей эффективности освоения месторождения в базовом и коммерческом вариантах.

Тема 1
Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения

РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ЕЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Разведка месторождений – это комплекс работ и связанных с ними исследований, направленных на выявление, оконтуривание и геолого-экономическую оценку запасов минерального сырья в недрах. Разведочные работы вносят определяющий вклад в геологическое изучение минерализованных участков недр на предпроектной стадии промышленного освоения объекта. По завершению разведки и получению положительных результатов геолого-экономической оценки изучаемое проявление полезного ископаемого приобретает *статус месторождения.*

Разведка начинается с момента составления проекта на производство геологоразведочных работ. Обычно эти работы включают: геологическое картирование площади рудного поля и месторождения; выявление и оценку выходов рудных тел; проходку горных выработок и скважин, их документацию и опробование; проведение комплекса геофизических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических исследований; геодезическую съёмку. По результатам геологоразведочных работ составляют геологические разрезы, планы, проекции. Они отражают размеры, условия залегания и строение тел полезных ископаемых. Дается характеристика полезного ископаемого, подсчитываются его запасы. На основе полученных данных проводится геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождения, обосновываются выводы о его промышленном значении. Все сказанное позволяет отметить, что разведка как прикладная геологическая наука находится на стыке областей знаний, включающих: накопленные сведения о геологическом строении месторождения, его сопоставление с определенным геолого-промышленным типом; вопросы горного дела (в связи с обоснованием способа разработки месторождения); определение потенциальной ценности объекта, рентабельности его разработки; обоснованность задействованных технических средств разведки, влияющих на надежность получаемых результатов; обработку полученных результатов с использованных современных компьютерных технологий (рис. 1).

Основной *целью* выполняемых геологоразведочных работ является *получение информации,* необходимой и достаточной для: проектирования предприятия по добыче полезного ископаемого и переработке минерального сырья, реконструкции действующего рудника, определения путей его дальнейшего развития, оценки перспектив выявления новых тел полезных ископаемых на площади рудного поля. Собранная и качественно обработанная информация должна обеспечить *решение основной задачи* разведочных работ – подготовку месторождения к промышленному освоению.

Успешному решению сформированных задач должно способствовать: построение цифровых моделей месторождений с использований IT технологий; реализация разведочных систем, соответствующих природным особенностям объекта и обеспечивающим надежное локальное прогнозирование геолого-промышленных параметров.

Сущность разведки сводится к оконтуриванию, прослеживанию промышленно ценных участков природных скоплений полезного ископаемого путем выборочного пересечения минерализованного объема недр разведочными выработками (скважинами, горными выработками) с последующим геологическим и геофизическим их изучением (документацией) и опробованием. Таким образом, информацию, необходимую для принятия проектных решений по разработке и переработке добываемого минерального сырья, получают на весьма скудном материале. Разведка обычно не позволяет раскрыть все детали строения минерализованных пород. Отчасти эти задачи решаются при использовании геофизических методов (в том числе, зондирования межскважинного пространства), а также на стадии эксплуатационной разведки. Материалы разведки позволяют сконструировать *модель месторождения,* которая по своим параметрам должна быть максимально приближена к истинному объекту (рис. 2). Возможность разработки технических проектов на основе обобщения ограниченной разведочной информации подтверждена практикой разведки и освоения месторождений. Здесь работает известный в математической статистике выборочный метод исследования оцениваемых свойств (в разведке – геолого-промышленных параметров) на основе обобщения данных лишь части свойств, вошедших в изучаемую выборку (Петруха, 2003). На каждой последующей стадии геологоразведочных работ формируемая выборка свойств становится более представительной. На современном этапе изучения недр все недропользователи обязаны выполнить необходимые расчеты по геолого-экономической оценке (ГЭО) обосновываемых запасов и прогнозных ресурсов. Оценка является исследовательским процессом, связанным с выявлением возможных конкурентоспособных вариантов оконтуривания и промышленного освоения запасов месторождения и выбором среди них рационального с позиций максимальной доходности предприятия. Наиболее полная ГЭО осуществляется по результатам разведки месторождения. Оценка по результатам поисков базируется на тех же единых методологических принципах, но из-за ограниченности имеющихся материалов является малодостоверной (Шевелев, 2004).

При проведения ГЭО учитываются следующие положения:

1. Обоснование рационального и комплексного использования недр, включающее основные и попутные компоненты, отходы добычи и переработки сырья.
2. Определение показателей эффективности освоения месторождения (ЧДД – чистый дисконтированный доход, ИД – индекс доходности, ВНД – внутренняя норма доходности, Р – рентабельность разработки, Т – срок окупаемости капвложений).
3. Учет обязательных платежей и налогов, плата за кредит (необходимый для организации работ по разработке месторождения).
4. Учет фактора времени и риска при оценке месторождения.
5. Оценка экологических и социальных последствий разработки месторождения.
6. Выбор оптимального варианта освоения месторождения.
7. Обоснование кондиций на минеральное сырье.

Важнейшие результирующие показатели ГЭО, установленные параметры кондиций, подсчитанные с их использованием балансовые и забалансовые запасы вносятся в Государственный кадастр месторождений полезных ископаемых. При этом необходимо

отражать в кадастре два подхода к оценке объекта – базовый и коммерческий, чтобы при необходимости оперативно осуществлять переоценку месторождения.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ УЧЕНИЯ О РАЗВЕДКЕ НЕДР

Учение о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых пришло из потребностей горного дела. Долгие годы работы по поиску и добыче руд велись на основе опыта многих поколений рудознатцев. Разработки в этой области знаний методического и организационного характера появились значительно позже. Первые труды принадлежат Г. Агриколе (1530), И. А. Шлаттеру (1760), М. В. Ломоносову (1763). Целая эпоха в развитии горного промысла и геологии связана с именем Петра I. Им был организован «Приказ рудокопных дел», реорганизованный в 1719 г. в Берг-коллегию. Коллегия взяла на себя руководство горнозаводской промышленностью Российской империи.

В XIX веке разведка месторождений не проводилась. Открытые месторождения сразу же вовлекались в разработку. Разведочные методы начинают развиваться и совершенствоваться в конце XIX века и позднее. Первыми в этом направлении были работы проф. Войслова (1899), проф. Корзухина (1908), В. С. Реутовского, Б. И. Бокия (1914).

Методологические основы разведки складывались и совершенствовались по мере расширения сырьевой базы страны, развития горнорудной промышленности. Однако в начале XX века разведочное дело ещё не имело самостоятельного развития и рассматривалось как один из разделов учения о полезных ископаемых. Первая работа по экспертизе и оценке рудных месторождений была опубликована Н. И. Трушковым в 1922 г. В 1924 г. в Петроградском горном институте К. П. Марковым прочитан курс разведочного дела. Начиная с 1927 г. этот курс читал И. С. Васильев, впервые изложивший важнейшие методические положения разведки.

Основоположником учения о поисках и разведке полезных ископаемых по праву считается В. М. Крейтер. Им были организованы кафедры поисков и разведки МПИ в Московском геологоразведочном институте и Институте цветных металлов и золота. Его фундаментальный труд «Поиски и разведка полезных ископаемых», изданный в 1940 г., несколько раз переиздавался и стал настольной книгой геологов-разведчиков нескольких поколений.

В 1922 г. кафедра поисков и разведки МПИ была организована в Уральском (Свердловском) горном институте. Её первым заведующим был назначен руководитель геологической службы Урала Б. В. Дидковский. В последующие годы кафедру возглавляли А. П. Смолин, В. П. Любимов, П. И. Кутюхин, М. Н. Альбов, И. И. Бугаев, В. Ф. Мягков, А. Г. Баранников. В 1999 г. произошло объединение ряда кафедр геологического факультета. Объединенную кафедру геологии, поисков и разведки МПИ возглавил проф. В. А. Душин.

Большой вклад в развитие теории и практики разведочного дела, опробования и подсчета запасов полезных ископаемых внесли исследования М. Н. Альбова, Н. В. Барышева, И. Д. Когана, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, Е. О. Погребицкого, Г. С. Поротова и др. Научные основы геометризации недр заложены исследованиями П. К. Соболевского (1926-1932). Он рассматривал тела полезных ископаемых как совокупность

взаимно связанных геохимических полей и на этой основе сформулировал принципы геометрического моделирования.

В середине XX века во все отрасли геологии, включая вопросы оценки месторождений, проникли математические методы обработки информации. Этому способствовало появление и развитие электронно-вычислительной техники, а позднее – IT технологий. Кроме теории вероятности и математической статистики случайных величин, в теорию и практику исследований стали проникать методы многомерного статистического анализа, теории случайных функций и гармонического анализа, теории множеств, линейной алгебры, распознавания образов и других разделов математики.

При рассмотрении теоретических вопросов методики разведки месторождений и опробования акцент был сделан на изучении изменчивости свойств полезных ископаемых. А. С. Власов, Д. А. Казаковский и др. исследователи предложили использовать первые и вторые последовательные разности значений исследуемых показателей изменчивости по смежным точкам. При обобщении результатов статистической обработки данных П. Л. Каллистов (1956) обратил внимание на то, что любой статистический показатель отражает лишь средний уровень изменчивости изучаемого свойства и не учитывает влияния пространственного расположения точек наблюдений. Им было предложено учитывать случайные и закономерные изменения наблюдаемых признаков. При этом дисперсию случайных отклонений следовало определять не от генеральной средней, а с учетом рассчитанной кривой регрессии, отстраиваемой с использованием процедуры сглаживания совокупности прилегающих к конкретной точке проб. Дальнейшее развитие этот подход при изучении изменчивости свойств залежей получил в работах В. Ф. Мягкова (1984). Он предложил исследовать закономерности распределения компонентов в рудных полях с использованием *геометро-статистической модели*. При отстройке одномерных графиков изменчивости геологических параметров по разным направлениям рудных залежей с использованием интерполяционного полинома удается выявлять уровненное строение геологических полей и на этой основе решать целый ряд практических вопросов разведки: оптимальный шаг опробования; зональность строения залежей, их анизотропию и др.

Начиная с шестидесятых годов XX века, появилось много публикаций по исследованию изменчивости оруденения с использованием *методов теории случайных функций* и *гармонического анализа* (работы А. Б. Каждана, З. Д. Низгурецкого, А. М. Марголина и др.). Изменчивость изучаемых признаков рассматривается как функция расстояния между смежными пунктами наблюдений. При этом необходим учет влияния формы и размера проб, отражающих неоднородность строения недр. В это же время при изучении изменчивости и оценке запасов руд зарубежными геологами (Ж. Матерон, М. Давид, Э. Карлье, Д. Криге и др.) было предложено задействовать *геостатистические модели.* В основе данной модели лежит предположение, что получаемые результаты зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдения результаты измерений меняются, и поэтому их следует рассматривать как случайные величины. Рассчитанный средний квадрат разности измеренных значений при этом зависит от расстояния между пунктами. Важной характеристикой геостатистических

моделей служит вариограмма, отражающая функцию среднего квадрата разности от расстояния между пунктами наблюдений. Для отдельных объектов установлено присутствие нескольких типов вариограмм: с регулярной пространственной переменной, с эффектом самородков, сферической и др. На отстроенных вариограммах возможно определение порогового значения, отражающего зону влияния между соседними пробами.

На современном этапе при обобщении результатов геологоразведочных работ все чаще задействуют геостатистические методы с использованием IT технологий (программы “Micromine”, “Datamine”, “Surpac” и др.).

ОСНОВЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ О НЕДРАХ

Основным законом, регламентирующим недропользование в РФ, является Федеральный закон «О недрах», принятый в 1992 г. Закон неоднократно дополнялся и редактировался, его последняя редакция принята в 2015 г. (Закон РФ «О недрах»).

Согласно тексту закона недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже поверхности Земли и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубины, доступной для геологического изучения и освоения.

Основные положения горного права

К основным положениям Горного права относятся:

- право собственности на недра как один из элементов природной среды;
- право собственности на извлеченные из недр полезные ископаемые и используемые полезные свойства недр;
- право собственности на имущество и геологическую информацию, создаваемые в процессе пользования недрами.

Право собственности на недра в России действующими правовыми актами определяется следующим образом:

- недра находятся в государственной собственности;
- владение, пользование и распоряжение недрами в пределах государственной границы находится в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов (так называемое «правило двух ключей»), а за пределами границы (в морской экономической зоне и на континентальном шельфе) – в исключительном ведении Российской Федерации;
- владение, пользование и распоряжение недрами осуществляется в интересах всех народов, проживающих на соответствующей территории, и всех народов Российской Федерации.

Недра предоставляются в пользование субъектам предпринимательской деятельности для изучения, добычи полезных ископаемых, строительства подземных сооружений, организации особо охраняемых геологических объектов или сбора минералогических коллекций на определенный срок или без ограничения срока.

Участки недр с находящимися в них минеральными ресурсами не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждения в иной форме. Права пользования недрами могут отчуждаться или переходить от одного лица к другому в той мере, в какой их оборот допускается федеральными законами.

Право собственности на минеральное сырье, добытое из недр, появляется в процессе добычи полезных ископаемых. Добытые из недр полезные ископаемые могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной, частной и иных формах собственности. Вопрос о форме собственности на добытое полезное ископаемое определяется условиями лицензионного соглашения.

Право собственности на горное имущество и геологическую информацию определяется принципом: объект является собственностью того, кто оплатил его создание или приобретение. Однако, геологическая информация, являющаяся собственностью пользователя, должна представляться им по установленной форме в федеральный и территориальный фонды геологической информации (ВГФ, ТГФ). Собственник может лишь оговорить условия конфиденциальности пользования этой информацией в фондах, с учетом собственных интересов.

Система пользования недрами

Недра Российской Федерации могут быть использованы недропользователями для следующих целей.

1. Регионального геологического изучения и иных общих геологических работ без нарушения целостности недр.

2. Геологического изучения, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, а также оценки пригодности недр для строительства подземных сооружений.

3. Разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе отходов горных предприятий.

4. Строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

5. Образования особо охраняемых геологических объектов.

6. Сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекций. Недра могут предоставляться в пользование одновременно для геологического изучения (поиски, разведка) и добычи полезных ископаемых. В этом случае добыча может производиться как в процессе изучения, так и после его завершения.

Пользование недрами в Российской Федерации, за исключением работ по региональному геологическому изучению и созданию особо охраняемых объектов, является платным.

Недра предоставляются в пользование на определенный срок или без ограничения срока.

Порядок пользования недрами включает три самостоятельных подсистемы:

- предоставление участков недр в пользование;
- пользование недрами в соответствии с установленным видом пользования;
- контроль и надзор за соблюдением установленных требований и ограничений при пользовании недрами.

Предоставление недр в пользование осуществляется на основе лицензирования. Государство, осуществляющее суверенное право на недра, определяет программу освоения недр, участки недр, которые предполагаются предоставить в пользование, и выбор конкретного недропользователя.

Государство определяет условия, на которых предполагается передача недр в пользование. Недропользователь может вести переговоры об изменении этих условий. При достижении согласования, недропользователю оформляется лицензия на право пользования недрами. Лицензия предоставляется совместно органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации и Федеральным органом управления фондом недр.

Работы по *региональному геологическому изучению недр*, выполняемые за счет средств госбюджета, осуществляются без оформления лицензий, но с обязательной регистрацией в территориальных геологических организациях Министерства природных ресурсов. Лицензия на *поиски и оценку* месторождений полезных ископаемых удостоверяет право проведения таких работ только на вид сырья, указанный в лицензии. Лицензия на *добычу* полезного ископаемого может выдаваться на всё месторождение или его часть. Допускается также одновременное предоставление одному пользователю нескольких лицензий на право добычи по группе близко расположенных месторождений, если экономически рентабельной является только совместная их разработка. Лицензия на *разведку* месторождения отдельно не предоставляется и право разведки предусматривается в лицензии на добычу.

Законодательством устанавливается два статуса участков недр, на которые выдается лицензия: геологический отвод и горный отвод. Статус *геологического отвода* предоставляется участкам, предоставляемым для геологического изучения недр без существенного нарушения их целостности. В пределах одного геологического отвода могут быть выданы несколько лицензий на разные виды деятельности, включая, например, поиски и оценку разных полезных ископаемых. В границах геологического отвода могут одновременно проводить работы несколько пользователей недр.

В пределах одного *горного отвода* может быть выдана только одна лицензия одному пользователю, получающему по ней исключительное право деятельности в этих пределах в соответствии с лицензией.

Предоставление недр в пользование осуществляется по результатам конкурсов или аукционов, либо в специальных случаях на основе согласованных решений федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Федерации на бесконкурсной основе. Определение порядка проведения и условий конкурсов и аукционов по каждому объекту или группе объектов осуществляется органами, предоставляющими лицензии. Наименования объектов, выставляемых на конкурсы или аукционы, и их условия публикуются в печати.

Предприниматель, желающий принять участие в конкурсе, подает по установленной форме соответствующую заявку. После официального принятия заявки и уплаты соответствующих взносов заявитель может получить пакет геологической и технико-экономической информации по интересующему его участку недр. Проанализировав эту информацию, заявитель прежде всего решает для себя вопрос о продолжении участия в конкурсе (аукционе) и, при положительном решении, представляет приемлемый для него вариант технико-экономических показателей (ТЭП) ведения работ по намечаемому виду пользования недрами. Указанные ТЭП представляют собой комплекс материалов, обосновывающих принципиальные решения и ожидаемые технико-экономические

показатели по всем вопросам. После приобретения лицензии ее владелец имеет право получения в фондах полного объема геологической информации по предоставленному ему согласно лицензии участку недр (геологическому или горному отводу).

Условия ***пользования недрами*** определяются соглашением собственника недр (государства) в лице его уполномоченных органов и недропользователя. В практике недропользования известны три типа договорных отношений:

- недропользователь вносит плану за пользование недрами и уплачивает другие установленные налоги, но полностью распоряжается всей произведенной продукцией;
- недропользователь и собственник недр заключают соглашение о разделе производимой продукции;
- недропользователь заключает с собственником контракт на предоставление определенных услуг (субподрядные работы).

В первом случае недропользователь осуществляет все работы по реализации предоставленных лицензией прав за счет собственных средств, принимая на себя все риски. Добытая продукция полностью принадлежит ему, хотя условиями договора может определяться реализация части продукции на внутреннем рынке. Недропользователь вносит все установленные платежи, налоги, связанные с его деятельностью. Все сооружения и оборудование, используемые при работах, являются его собственностью.

Во втором случае недропользователь также несет все расходы и принимает на себя риски, связанные с ведением работ, а произведенная продукция делится между ним и собственником (государством) в виде трех частей: компенсационной продукции, предназначенной для возмещения затрат недропользователю, и двух долей прибыльной продукции, разделенных между государством и недропользователем в установленном соотношении. Реализация своих долей продукции осуществляется недропользователем и собственником самостоятельно. Сооружения и оборудование, связанные с недропользованием, переходят в собственность государства либо с момента их создания или приобретения, либо по мере амортизации. Привлекательной стороной соглашения о разделе продукции является иммунитет от новых изменений налогового законодательства, которые не должны ухудшать экономическое положение инвестора, имевшееся на момент составления соглашения.

В третьем случае, недропользователь, также неся все затраты, связанные с проведением работ, либо получает возможность их возмещения при коммерческом результате (например, открытии месторождения при поисках), либо получает заранее оговоренное вознаграждение (оплату) за произведенные работы, но не приобретает никаких прав на добытую продукцию, если таковая будет получена в течение срока действия лицензии или после его истечения.

Контроль и надзор за пользованием недрами осуществляют органы государственного геологического контроля и Федерального горного и промышленного надзора России, а также другие контрольные органы, в соответствии с компетенцией (природоохранные органы, налоговая инспекция, таможенная служба и т. д.) и органы государственной власти.

Государственный геологический контроль включает контроль за геологическим изучением недр и их рациональным использованием и охраной. Органы госконтроля входят в структуру Министерства природных ресурсов и его территориальных подразделений.

Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор) выполняет в качестве основной контрольной функции надзор за безопасным ведением работ, включая вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации горных предприятий.

Государственная экспертиза запасов полезных ископаемых производится для создания условий комплексного использования недр, определения платы за использование недр и уточнения границ горного отвода. Государственная экспертиза может проводиться на любой стадии геологического изучения недр, но предоставление участков недр для целей добычи разрешается только после их госэкспертизы.

Система платежей при пользовании недрами

Плата за пользование недрами включает разовые и регулярные платежи.

Минимальные (стартовые) разовые платежи за пользование недрами устанавливаются в размере не менее 10 % от величины суммы налога на добычу полезных ископаемых в расчете на среднегодовую проектную мощность добывающей организации. Размеры регулярных платежей определяются в зависимости от экономико-географических условий, размера участка недр, вида полезного ископаемого, продолжительности работ, степени геологической изученности и степени риска. Регулярный платеж взимается за площадь лицензионного участка, предоставленного недропользователю. Ставка регулярного платежа за 1 кв. км участка недр при поисковых и оценочных работах составляет от 27-90 рублей для неметаллических полезных ископаемых до 120-360 рублей для углеводородного сырья; при разведочных работах ставка меняется от 800-1650 рублей для подземных вод до 5000-20000 рублей для углеводородного сырья.

Регулярные платежи не взимаются с недропользователей, осуществляющих:

- пользование недрами для регионального геологического изучения;
- пользование недрами для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение;
- пользование недрами для сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов;
- разведку полезных ископаемых на месторождениях, введенных в промышленную эксплуатацию, в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этих полезных ископаемых.

Кроме разовых и регулярных платежей, законодательством предусмотрены две группы налогов и отчислений. Первая группа учитывается в себестоимости товарной продукции, вторая относится на финансовый результат.

В себестоимость включается налог на добычу полезных ископаемых, дорожный налог, плата за воду, землю, загрязнение окружающей среды и др. Налог на добычу составляет основную часть налоговой суммы первой группы. Ставка налога меняется от 3,8 % для калийных солей до 16,5 % для углеводородного сырья. Налогоплательщики, осуществившие за счет собственных средств поиски и разведку разрабатываемых месторождений или полностью возместившие все расходы на поиски и разведку,

уплачивают налог на добычу с коэффициентом 0,7. При выполнении соглашений о разделе продукции налоговые ставки на добычу применяются с коэффициентом 0,5. Не облагаются налогом полезные ископаемые, остающиеся во вскрышных, вмещающих (разубоживающих) породах, в отвалах или отходах перерабатывающих производств. Дорожный налог взимается в размере 2,5 % от годовой стоимости товарной продукции.

На финансовый результат горного предприятия относят налог на прибыль, налог на имущество, целевые сборы на содержание милиции и благоустройство территории. Налог на прибыль составляет 24 % от годовой прибыли предприятия, налог на имущество – 2 % от его среднегодовой стоимости. Остальные платежи определяются прямыми расчетами.

Горные предприятия также облагаются косвенными налогами, вычисляемыми сверх цены предприятия – налогом на добавленную стоимость (НДС), создаваемую в процессе производства товарной продукции, и таможенными пошлинами, взимаемыми с товарной продукции, вывозимой за пределы Российской Федерации.

Контрольные вопросы к теме 1

1. Что является целью разведки? Какие задачи решает разведка?
2. С какими областями знаний и смежных дисциплин разведка связана?
3. С какими именами известных и выдающихся российских ученых следует связывать становление учения о разведке месторождений?
4. Кто из российских и зарубежных ученых внес значимый вклад в разработку проблем количественной обработки геологической информации (геолого-математического моделирования)?
5. В чем заключаются основные положения законодатедьства РФ о недрах?
6. В каких целях могут быть использованы недра в РФ?
7. Как осуществляется предоставление недр в пользование?
8. Что такое горный и геологический отводы? Чем они различаются?
9. Какие типы договорных отношений установлены между государством и недропользователем?
10. Как осуществляется контроль за пользованием недрами?
11. Какая система платежей установлена за недропользование?

Тема 2
Геологические основы разведки

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННУЮ ЗНАЧИМОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Минеральные скопления в земной коре приобретают статус месторождения по результатам их разведки и при условии обоснования экономической целесообразности промышленного освоения. Основным критерием для промышленного освоения месторождения является размер прибыли, которую предприниматель собирается получить за весь период его эксплуатации.

На экономику промышленного освоения месторождения оказывает влияние совокупность факторов: количество запасов в месторождении (их масштаб), качество минерального сырья, технологические свойства, горно-геологические условия эксплуатации, географо-экономические условия района нахождения месторождения, экологические условия эксплуатации и др. (Каждан, 1977, 1984; Ясковский, 2001, 2010; Шевелев, 2004; Поротов,2004).

Количество запасов в месторождении определяется величиной запасов, оцененных по результатам геологоразведочных работ. Достоверность подсчитанных запасов зависит от степени их изученности (разведанности).

Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в единицах массы (тонн); сыпучих полезных ископаемых (песков, гравия), строительного и облицовочного камня – в единицах объема (кубические метры). Запасы золота измеряются в килограммах, тоннах, а в некоторых зарубежных странах используют тройную унцию (31,103 грамма). Запасы алмазов и драгоценных камней измеряют в каратах (0,200 грамма).

Запасы полезного ископаемого, ценность которого определяется содержанием химического элемента (оксида) или минерала (алмаз, слюда, асбест и др.), оцениваются с определением количества руды и количества металла (минерала). В России запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в недрах, а запасы нефти и газа оцениваются как извлекаемые, так и в недрах.

По величине запасов различают месторождения *уникальные* (их в мире единицы), *крупные* (их десятки), *средние* (их сотни) и *мелкие* (их тысячи). На базе уникальных месторождений создаются ведущие горнодобывающие предприятия. Они во многом определяют состояние минерально-сырьевой базы и сырьевого рынка страны, мира. Крупные месторождения определяют экономику отрасли или крупного региона страны. Средние месторождения имеют значение в пределах отдельных экономических районов, а мелкие – в отдельных случаях. Для каждого вида полезного ископаемого наблюдаются значительные (в десятки раз) изменения запасов при переходе от мелких месторождений к крупным и очень крупным, что обусловлено разнообразием геологических условий образования руд (табл….).

Следует отметить, что отраженные в таблице размеры запасов не являются общепризнанными. В литературных источниках приведены и другие цифры градации запасов, определяющие масштаб оцениваемых объектов. В. И. Краснико (1965) подметил

закономерность, получившую в литературе название «декадной». В 7 % месторождений сосредоточено ~ 65 % запасов, а запасы мелких, средних, крупных и уникальных месторождений отличаются друг от друга примерно на порядок. Мелкие месторождения встречаются часто, а очень крупные редко. Основные запасы сосредоточены в крупных и очень крупных месторождениях. Обобщение данных по России за 1994-1997 гг. свидетельствует, что среди девятнадцати видов полезных ископаемых общее количество мелких объектов составило 723, средних – 184, крупных – 107, очень крупных – 30 (Ясковский, 2001). Распределение суммарных запасов для коренных месторождений страны: на долю мелких объектов приходится 14 %, средних – 30 % и крупных 56 %.

От масштаба месторождений зависят ожидаемые показатели экономической эффективности вовлекаемых в эксплуатацию объектов. С учетом величины запасов можно определить ценность месторождения (потенциальную в недрах или товарную на сырьевом рынке). Полученные значения следует учитывать при определении инвестиционной привлекательности объектов. Другой расчетный экономический показатель – необходимый объем капитальных вложений. Чем больше запасы, тем больше затраты на строительство горнодобывающего предприятия. При этом появляется возможность определить производительность будущего рудника, срок его существования и ориентировочно подсчитать приведенные затраты на освоение месторождения.

Качество минерального сырья – это совокупность природных свойств, определяемых минеральным и химическим составом, структурными и текстурными особенностями сырья, технологическими и физическими свойствами. Высокое качество полезного ископаемого влияет на эффективность переработки руд, способствует улучшению готовой продукции. В геологоразведке и горной промышленности давно используются понятия – «богатые», «бедные», и «убогие» руды. С позиций оценки качества все твердые полезные ископаемые могут быть разделены на *три группы.* Ценность в них может представлять: химический элемент (или химическое соединение, чаще оксид); минерал, обладающий особыми свойствами; вся добываемая горная масса (Шевелев, 2004).

К *первой группе* относятся все руды металлов и горно-химическое сырье (фосфориты, бор, сера). Основным показателем качества сырья является содержание ценного компонента. Содержание оценивается в массовых процентах элемента (Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, S, V, As) или оксидов (Cr_2O_3, TiO_2, WO_3, Nb_2O_3, BeO, Be_2O_3, P_2O_5).

В месторождениях комплексных руд (свинцово-цинковых, медно-молибденовых, медно-никелевых и др.) качество определяется с помощью условного содержания главного компонента. В расчетных формулах учитывается: содержание главного компонента, формирующего основную ценность руд; содержание второстепенных компонентов; переводные коэффициенты для перерасчета содержаний второстепенных компонентов в главный компонент.

Содержание в рудах благородных металлов (золота, серебра, платиноидов) из-за низких их концентраций выражается в граммах на тонну руды; в россыпных месторождениях – в г (мг) /$м^3$. Чем большее значение элемента в рудах, тем выше качество полезного ископаемого.

В зависимости от содержания основного ценного компонента руды подразделяются на богатые, рядовые и бедные. Для разных полезных ископаемых конкретные сорта руд отличаются друг от друга (табл.).

При исследовании уровня концентраций полезных компонентов в объеме рудных тел может быть задействован *коэффициент богатства* – отношение среднего содержания к минимально промышленному (Бирюков, Денисов, 1978). Богатыми считаются руды, в которых содержание полезного компонента в 1,5-3,5 раза выше, чем минимальное промышленное; к бедным – менее 1,1-1,2. Какое значение при разведке имеет оконтуривание богатых руд? Во-первых, богатые и очень богатые руды используются при получении концентратов или в металлургии без предварительного обогащения. Во-вторых, высокое качество руд нередко отмечается в локальных участках месторождения. Эти участки называют рудными столбами, кустами, гнездами, карманами, бонанцами (для месторождений золота и серебра). На стадии разведки локальные участки должны быть оконтурены, а подсчет запасов выполнен без ограничения выявленных «ураганных проб».

Ко *второй группе* относятся алмазы, пьезооптическое сырье, слюда, тальк, асбест и др. Качество сырья регламентируется уровнем содержания ценного минерала, размерностью и особенностями кристаллосырья: для асбеста – прочность, гибкость, длина волокна, кислоторастворимость; для слюд – размер пластинок, их ровность, термостойкость; для пьезооптического сырья – масса кристалла, размер бездефектной области моноблока, выход моноблока, степень проявленности дефектов (газово-жидкие включения, трещины, двойники и др.); для алмаза – масса, форма, характер поверхности, цвет, дефектность, наличие сростков (Ясковский, 2001).

К *третьей группе* относятся стройматериалы, твердое топливо, керамическое сырье, огнеупоры, тальк, пирофиллит, минеральные пигменты, цеолиты, бокситы и хромиты. Качество сырья оценивается соответствием его определенных свойств требованиям технических условий (ТУ), отраслевых стандартов (ОСТ), государственных стандартов (ГОСТ) и соглашений с потребителями (Шевелев, 2004). Иногда требуется подразделение сырья на ряд сортов и марок. С учетом целевого использования оцениваемое полезное ископаемое должно удовлетворять конкретным сортовым требованиям.

Итак, количество и качество минерального сырья являются важнейшими факторами оценки разведуемых объектов. Они являются определяющими показателями при геолого-экономической оценке месторождений.

Технологические свойства сырья определяют возможность и экономическую целесообразность переработки минерального сырья с целью получения товарного продукта. Основными показателями, определяющими технологические свойства руд, являются: величина извлечения полезного компонента, содержание полезного компонента в концентрате, выход концентрата.

Технологические свойства минерального сырья зависят от совокупности качественных показателей, из которых кроме содержания полезных ископаемых и вредных примесей первостепенное значение имеют (Каждан, 1977; Шевелев, 2004):

- минеральный состав полезного ископаемого и разубоживающей руды горной массы; распределение полезных компонентов и вредных примесей по отдельным минералам;

- форма и размеры полезных минералов, характер их срастаний, текстуры и структуры минеральных агрегатов;
- физические свойства минерального сырья и слагающих его полезных минералов, их твердость, хрупкость, удельная плотность;
- химический и минеральный состав вмещающих пород и жильной массы.

Технологические исследования, проводимые в процессе разведки, должны установить возможность извлечения ценных компонентов из руд и обеспечить выбор схемы передела руд, которая может быть использована в промышленных условиях с приемлемыми технико-экономическими показателями. Наличие в сырье попутных компонентов повышает экономическую значимость сырья. Однако ценность попутного компонента всегда следует соотносить с дополнительными расходами на его выделение и учитывать возможность реализации дополнительной продукции.

Рассмотрим примеры, раскрывающие технологические свойства руд и их влияние на переработку минерального сырья (Ясковский, 2001).

Минеральный состав руд определяется присутствием полезных и породообразующих минералов, их количественными соотношениями, формами нахождения, характером парагенетических ассоциаций. Проблемы возникают, когда для выделения основных минералов приходится использовать разные обогатительные процессы. Например: для руд олова основными минералами являются касситерит, станнин, варламовит, гидростаннаты. Эффективно по гравитационной схеме обогащаются касситеритовые руды (плотность 7,0 г/см^3). Другие типы руд с минералами олова (плотность 3,8-4,7 г/см^3) относятся к группе труднообогатимых. Они требуют кроме гравитационного обогащения и других методов: флотации, магнитного и электрического обогащения, пирометаллургии.

Минеральный состав оказывает большое влияние на эффективность флотационного процесса. Хорошо обогащаются сульфиды Pb, Zn, Cu, Mo и плохо – их окисленные формы. Для молибденовых руд основным гипогенным минералом является молибденит – MoS_2, обладающий природными гидрофобными свойствами; но окисленные руды, представленные повеллитом – $CaMoO_4$, ферримолибдитом – $Fe_2O_3{\cdot}3MoO_3{\cdot}8H_2O$ и др., обогащаются с трудом. При этом получаются концентраты невысокого качества из-за легкой шламуемости гипергенных молибденовых минералов в процессе измельчения руды, близости флотационных свойств молибденовых и породообразующих минералов.

Химический состав руд определяется наличием полезных, вредных, петрогенных элементов (оксидов), их содержанием и соотношением, присутствием особенно химически активных форм. Для ряда месторождений схемы и показатели обогащения определяются содержанием элементов и их соотношением. Например, при переработке бокситовых руд для получения глинозема важнейшим является гидрохимический метод Байера. Его использование эффективно для высококачественных руд с кремниевым модулем $M_{si} = Al_2O_3 / SiO_2$ более 5-7. При низком значении M_{si} (высоком содержании SiO_2) руды перерабатываются по более дорогостоящей технологии методом спекания.

При добыче урана методом подземного выщелачивания используют в качестве растворителя кислоты (H_2SO_4). Чем больше карбонатность среды, тем значительней расход

кислоты, сильнее проявляется явление кальматации, тем меньше извлечение урана в продуктивные растворы. Поэтому при существенной карбонатности пород (более 2,0-2,5 % CO_2) извлечение урана с помощью кислоты неэффективно. Нужно переходить на другие схемы.

При характеристике технологических свойств минерального сырья необходим учет *текстурных особенностей руд.* Эти особенности обусловлены размером, формой и характером срастаний минеральных агрегатов. По признаку влияния текстур на процессы переработки минерального сырья их можно подразделить на благоприятные и неблагоприятные. *Благоприятные текстуры* характеризуются крупными размерами скоплений, однородным строением, простыми границами между агрегатами. Для таких руд наиболее эффективны процессы рудоподготовки. Обогащение не вызывает больших затруднений и позволяет получать высококачественные концентраты. *Неблагоприятные для обогащения текстуры* имеют небольшие размеры минеральных скоплений, неоднородное строение агрегатов, сложные и постепенно изменяющиеся границы между ними. Подобные руды требуют сложных, многостадийных процессов рудоподготовки и обогащения.

При изучении технологических свойств полезного ископаемого возможно выделение природных и технологических типов руд. В результате специальных исследований анализируется пространственное распределение этих типов, их геометризация в рамках *геолого-технологического картирования.*

Горно-геологические условия эксплуатации определяют возможность и экономическую целесообразность отработки месторождения с учетом современного состояния горной техники. Каждый выбранный способ разработки месторождения предъявляет свои требования к условиям залегания полезного ископаемого, крепости и устойчивости пород и руд, гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям месторождения.

Среди *способов разработки* месторождений выделяют геотехнологии (Ясковский, 2001): физико-техническая открытая, физико-техническая подземная, физико-химическая скважинная, комбинированная. В процессе эксплуатационных работ из-за неоднородности горно-геологической среды (извилистость границ рудного поля, прерывистости внутреннего строения, изменчивости свойств вмещающих пород) возникают эффекты разубоживания и потерь.

Разубоживание связано с примешиванием пустых пород к извлекаемой рудной массе. В результате засорения среднее содержание в добываемой рудной массе становится ниже, чем содержание в балансовых запасах. Отмеченный процесс характеризуется коэффициентом разубоживания: $Р = (С_н-С_д) / С_н \cdot 100$ %, где $С_н$ – содержание полезного компонента в балансовых рудах, $С_д$ – содержание в добытой рудной массе.

Потери возникают в процессе разработки месторождения потому, что извлечь полезное ископаемое удается не полностью. Часть запасов остается за контуром отработки. Величина потерь оценивается коэффициентом разубоживания: $П = (З_т-З_д) / 100$ %, где $З_т$ – запасы теряемые, $З_д$ – запасы добытые.

Каждый способ разработки имеет достоинства и недостатки. По данным П. П. Ясковского к ним относятся:

- открытая геотехнология – высокая производительность, но небольшие глубины отработки и существенный экономический ущерб;
- подземная геотехнология – отработка на больших глубинах, но значительные потери полезного ископаемого в недрах и тяжелые условия труда;
- скважинная геотехнология – возможность извлечения полезных компонентов в сложных горно-геологических условиях, но необходимы особые предпосылки для создания подвижных флюидов.

Достоинства и недостатки разных способов разработки тесно связаны с определенными горнотехническими условиями. К ним относятся:

а) *Глубина залегания* – один из важнейших горнотехнических показателей, определяющих способ добычи.

При малой глубине залегания применяется открытый способ добычи. Он позволяет развить большую производительность, обеспечить высокую эффективность, низкую себестоимость и более безопасные условия ведения горных работ. Экономическая эффективность добычи определяется коэффициентом вскрыши – отношением объемов (или масс) вскрыши и полезного ископаемого. Предельный коэффициент вскрыши и, соответственно, предельная глубина открытой разработки находится технико-экономическими расчетами. Максимально допустимый коэффициент вскрыши зависит от ценности полезного ископаемого и ориентировочно составляет: для строительных материалов 3 $м^3/м^3$, для углей 6 $м^3/м^3$, для черных металлов 10 $м^3/м^3$, для цветных металлов до 40 $м^3/м^3$. Глубина карьеров открытой добычи не превышает 500 м, но есть проекты глубиной до 700-800 м.

При глубоком залегании полезного ископаемого применяется подземный (шахтный) способ добычи. Он менее производительный и более дорогой по сравнению с открытым способом. Глубина работ колеблется от десятков метров до первых километров. К глубоким относятся шахты, отрабатывающие рудные тела на отметках от 600 (700) до 1000 (1200) м, к весьма глубоким – с глубиной от 1000 (1200) до 2500 м. С глубины 2500 м начинаются сверхглубокие шахты. Они достигнуты при эксплуатации золоторудных месторождений: Морроу-Велью (Бразилия, более 2500 м), Колар (Индия, более 3300 м), Витватерсранд (ЮАР, около 4000 м).

При проходке подземных горных выработок с глубиной увеличивается горное давление (в среднем 2,5 МПа на 100 м) и температура (в среднем 3 ^{0}С на 100 м). При подземной геотехнологии горное давление может проявляться в виде сдвижения, пучения. стреляния пород вплоть до горных ударов. С целью предотвращения горных ударов применяются специальные технологии выемки массива горных пород.

Условия залегания во многом определяют систему разработки месторождений (в первую очередь, подземной). По значению угла падения различают залегания горизонтальные и весьма пологие (0-5^0), пологие (5-25^0), наклонные (25-45^0), весьма крутые (60-90^0). Имеет значение и выдержанность угла падения в пределах блоков добычи

руды. Если угол падения устойчивый, то независимо от его значения ($0\text{-}90^0$) залежь считается выдержанной.

Высокая степень тектонической нарушенности усложняет ведение горных работ. Наибольшие неприятности доставляют малоамплитудные разрывные нарушения, которые не удается надежно выявлять в процессе разведки. Они приводят к повышению потерь и разубоживания руды при добыче, служат причиной неустойчивости и обрушения кровли, прорывов воды и т. д.

Более надежно при разведке выявляются крупные разрывные нарушения с амплитудой в десятки-сотни метров. Они служат естественными границами шахтных полей, участков, блоков добычи.

Мощность залежей является параметром, определяющим технологию добычи. В горном деле выделяются пять классов залежей: 1) тонкие 1,0-1,5 м; 2) средние от 1,0-1,5 до 3-4 м; 3) мощные от 3-4 до 8-10 м; 4) весьма мощные 10-50 м; 5) сверхмощные более 50 м. При изменении класса мощности возможно изменение системы разработки. Поэтому при разведке необходимо выделение геологически однородных блоков (ГОБов), которые заслуживают применения единой технологии добычи. ГОБы при этом приобретают статус технологически однородных блоков (ТОБов).

Кондиционным требованием, предъявляемым к залежам полезных ископаемых, является минимальная промышленная мощность. Она представляет собой минимальную мощность тела полезного ископаемого, при которой его разработка экономически выгодна. Выше этого значения мощность считается рабочей (или кондиционной), ниже – нерабочей (некондиционной). Так как мощность залежей меняется в пространстве, то внутри них могут появляться некондиционные участки или блоки, создавая прерывистость оруденения.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия играют существенную роль при проектировании и ведении горных работ (Поротов, 2004).

Физические свойства (скальные или слабосвязанные грунты), трещиноватость, расслоенность, наличие зон дробления, проявленная анизотропия свойств определяют устойчивость горных пород и руд при добыче сырья, а также размеры эксплуатационных блоков, значение углов откоса бортов карьера и т. д.

Обводненность месторождения определяется насыщенностью горных пород и руд подземными водами и зависит от совокупности факторов. К гидрогеологическим факторам относятся: количество водоносных горизонтов, условия их питания, фильтрационные свойства пород, оценка возможного водопритока в эксплуатационные выработки, состав и агрессивность подземных вод.

Инженерно-геологические факторы включают: проницаемость, набухаемость, размокаемость, коэффициент размягчения и др.

На месторождениях, где развиты карстовые процессы, существенную роль играют глубина и интенсивность развития карста. Выявляются зоны обводнения и поглощения воды, рассматривается возможность обрушения горных пород в зоны карста.

По результатам выполненных исследований должен быть сделан прогноз *экологических последствий* ведения горных работ, решен вопрос о необходимости и объеме природоохранных мероприятий.

Необходимо учитывать, что при ведении горных работ значительную площадь занимают отвалы или отходы горного предприятия. При необходимости следует предусматривать комплекс работ по укреплению отвалов, их рекультивации, очистке рудничных вод от вредных примесей и создании водохранилищ для их накопления. Должны быть оценены последствия осушения окружающей территории вследствие понижения уровня подземных вод.

ФОРМЫ РУДНЫХ ТЕЛ

Форма рудных тел является одним из ведущих факторов, определяющих методику проектируемых разведочных работ.

По своей сути, форма рудных тел определяется соотношением трех параметров: длины по простиранию, длины по падению и мощности.

Обозначим длину по простиранию Дпр, длину по падению Дпад, мощность М. Тогда формы рудных тел при всем своем многообразии могут быть сведены к трем основным группам (рис. 6).

1. *Изометричные*, Дпр ≈ Дпад ≈ М. В эту группу относятся штоки и гнезда.

Штоки – рудные тела средних и мелких размеров, по форме близкие к цилиндру: изометричные или эллипсовидные в плане и столбообразные в разрезе.

Гнезда – небольшие изометричные тела, характерные для камнесамоцветного сырья, редких и благородных металлов.

2. *Плоские*, Дпр ≈ Дпад >> М. К плоским, или плитообразным телам относятся, в первую очередь, пласты и жилы.

Пласты – это согласные плитообразные тела. Залегают согласно, то есть параллельно вмещающим породам. Пласт соответствует осадочному слою. Выделяются также *пластообразные залежи,* которые отличаются от пластов меньшими размерами, а также меньшей выдержанностью.

Жилы – секущие плитообразные тела. Их границы пересекают контакты вмещающих пород. Жилы, как и магматические дайки, –тела выполнения трещин. Жилы могут быть простыми, а также сложными, ветвящимися и т. п.

3. *Линейные*, Дпр >> Дпад ≈ М или Дпад >> Дпр ≈ М. Эта группа объединяет рудные тела, вытянутые в одном направлении. Если преобладающим размером является длина по простиранию, образуются *рудные ленты*, типичные для речных (аллювиальных) россыпей. Если наибольший размер отвечает длине по падению, то рудные тела имеют столбообразную или трубообразную форму. *Рудные столбы и трубы* приурочены обычно к пересечениям разломов или к вулканическим жерлам.

Широким распространением для обозначения формы рудных тел пользуются в геологии термины «штокверк» и «линза».

Штокверк представляет собой минерализованный объем горных пород. Обычно это массивы магматических пород или их части, насыщенные многочисленными разноориентированными прожилками и вкрапленностью рудных минералов. Такие рудные тела не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования. Обычно штокверки имеют форму, близкую к изометричной. Однако нередко

минерализованные зоны штокверкового типа, приуроченные к разрывным нарушениям (*линейный штокверк*; тогда их форма будет плоской или линейной.

Термин «*линза*» также не имеет однозначного морфологического содержания. Короткую и толстую линзу можно отождествить с гнездом. Плоские линзы соответствуют плоским рудным телам: согласным, если линза расположена параллельно контактам вмещающих пород, и секущим, если линза залегает косо. Наконец, линзы могут вытягиваться в одном направлении, образуя линейные рудные тела.

Кроме того, нередко встречаются рудные тела сложной, или комбинированной формы. Обычно они представляют собой сочетания или комбинации тел, принадлежащих к разным группам. Наиболее распространены крестообразные, грибообразные, седловидные и пр.

ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДКИ

Установление принадлежности изучаемого месторождения к конкретному промышленному типу способствует выбору системы его разведки. Уже на стадии оценочных работ эта задача должна решаться. В то же время месторождения одного и того же промышленного типа нередко характеризуются разными размерами, формой рудных тел, разной сложностью внутреннего строения (минеральным составом, текстурно-структурными особенностями, типами и сортами руд, содержанием полезных и вредных компонентов). Для обоснования системы разведки, технических средств и методических приемов большое значение приобретает *группировка месторождений* по сложности геологического строения для целей разведки, учитывающая накопленный опыт их разведки и разработки (Комплексная …, 1990).

Впервые на необходимость группировки месторождений полезных ископаемых по сложности строения в зависимости от вычисленных значений коэффициентов вариации мощности и содержания полезных компонентов указано в работах В. М. Крейтера, Д. А. Зенкова, Н. В. Барышева, В. И. Красникова и др. В обобщенном виде группировка была предложена В. М. Крейтером в 1940 г. Все месторождения, исходя из учета формы и размеров рудных тел, разделены на пять групп (Крейтер, 1961): 1) пластовые и пластообразные тела, занимающие стратиграфический горизонт (или к нему приуроченные), и россыпи; 2) очень крупные залежи, неправильные тела и минерализованные массивы штокверкового и гнездового распределения, залегающие в разных крепких породах; 3) жило- и линзообразные тела в разных породах; 4) трубчатые и ветвящиеся залежи небольшого масштаба; 5) мелкие гнезда, штокверки, линзы, карманы и трубки в разных породах.

Разработанные В. М. Крейтером принципы группировки месторождений по факторам, определяющим методику их разведки, были положены в основу большинства последующих группировок и учитывались во всех поколениях инструкций ГКЗ СССР по применению классификации запасов. Они нашли отражение и в последнем опубликованном варианте группировок месторождений различных полезных ископаемых для целей разведки (Методические рекомендации…, 2007).

Многими авторами отмечалось, что принятые группировки базируются на качественных признаках, исходя из опыта разведки и разработки объектов. Например, геологическое строение простое, сложное, очень сложное; распределение полезных компонентов равномерное, неравномерное, крайне неравномерное. Поэтому установление группы сложности месторождения, основанное только на качественных критериях, во многих случаях оказывается спорным.

Группировку месторождений (или отдельных тел) полезных ископаемых по сложности геологического строения, основывающуюся на исследовании изменчивости их основных свойств, предложили В. И. Бирюков и М. Н. Денисов (1985). При этом рекомендуется использовать количественные показатели (табл.). Подобный подход отражен в последних вариантах группировки месторождений, предлагаемых ГКЗ в подготовленных Методических рекомендациях (2007). Так, при группировке месторождений железных руд рекомендуется использовать количественные характеристики основных свойств оруденения (табл.). Однако следует отметить, что значения таблиц характеризуют наибольшую степень разведанности месторождения или их частей перед началом эксплуатации. С уменьшением детальности изучения числовые значения признаков могут изменяться: q уменьшается с уменьшением числа наблюдений на прерывистых объектах; K_ρ и V меняются непредсказуемо: то в сторону увеличения, то в сторону уменьшения. В этом проявляется слабость классификационных числовых признаков. Совершенствование подобных группировок должно основываться на учете особенностей отдельных видов минерального сырья; внедрении геофизических методов исследований, учитывающих контрастность физических свойств рудных тел и вмещающих пород (Шевелев, 2004). Помимо этого, разрабатываемые группировки месторождений должны способствовать рациональному проведению всего геологоразведочного процесса – от проектирования работ до их завершения. Первый тип группировок – морфологический, его следует использовать при проектировании и производстве ранних стадий разведочного процесса. Второй тип, содержащийся в Методических рекомендациях ГКЗ, позволяет относить объект к определенной группе и определять необходимое соотношение разных категорий подсчитываемых запасов с учетом критерия предпринимательского риска.

На практике используется группировка месторождений по сложности геологического строения, предусмотренная Классификацией запасов…(2007). Согласно этому документу необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений. По данному признаку месторождения подразделяются на следующие группы.

1-я группа. Месторождения (участки недр) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабо нарушенным залеганием. Характеризуются устойчивой мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий *A, B,* C_1 и C_2. Примеры месторождений:

Джезказганское и Коунрадское меднорудные; Талнахское медно-никелевое; Никопольское и Чиатурское марганцевых руд; Лисаковское и Аятское железорудные и др.

2-я группа. Месторождения (участки недр) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко 2-ой группе также относятся месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными горно-геологическими условиями разработки. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий *B, C_1* и C_2. Примеры месторождений: Гайское, Сибайское, Учалинское меднорудные; Кальинское и Черемуховское бокситов; Гусевогорское и Качканарское титано-магнетитовых руд и др.

3-я группа. Месторождения (участки недр) очень сложного строения со средними и мелкими по размерам телами полезного ископаемого с интенсивно нарушенным залеганием, изменчивыми мощностью и внутренним строением, невыдержанным качеством и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются по категориям C_1 и C_2. Примеры месторождений: Красногвардейское, Октябрьское, Тарньерское медных руд; Мугайское, Аятское бокситов; Садовское, Рубцовское свинцово-цинковых руд; Удерейское сурьмяное; большинство золоторудных месторождений.

4-я группа. Месторождения (участки недр) с мелкими, средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием и резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого, прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются преимущественно по категории C_2. Примеры: месторождения пьезооптического кварца, оптического кальцита; камнесамоцветного сырья; Ховуаксинское кобальтовое; Актайское ртутное; Шахтаминское молибденовых руд, Чорух-Дайронское вольфрамовых руд и др.

Согласно утвержденной Классификации (2007) регламентированное соотношение запасов разных категорий на разведанных месторождениях полезных ископаемых в настоящее время не требуется: это соотношение определяет владелец лицензий самостоятельно с учетом планируемого предпринимательского риска.

По степени изученности месторождения подразделяются на разведанные и оцененные.

К разведанным относятся месторождения (участки недр), запасы которых, качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение в установленном порядке. Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, достаточной для проектирования

рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов (имеющих промышленное значение) и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;

- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (породы вскрыши, подземные воды, отнесенные на основании кондиций к балансовым), изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические и инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждены на представительных для месторождения участках детализации;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании ТЭР, позволяющих определить масштаб и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду; даны рекомендации по снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки. По степени изученности они должны удовлетворять следующим требованиям:
- обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории C_2;
- вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- гидрогеологические, инженерно-геологические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждена на участках детализации; подсчетные параметры кондиций установлены на основании укрупненных ТЭР или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных горно-геологических условиях;
- оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

НЕОДНОРОДНОСТЬ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ НЕДР, ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СПОСОБЫ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ

Исследование неоднородности скоплений полезных ископаемых

При изучении минерализованных участков недр как объектов разведки используется *концепция относительной элементарности.* В соответствие с этой концепцией объект исследования рассматривается в качестве сложной системы, состоящей из множества условно неделимых элементов и объединенных между собой совокупностью условно неделимых связей (Каждан, 1979). Выяснение взаимосвязи и пространственных взаимоотношений элементов неоднородности системы обеспечивает понимание ее структуры.

В изучаемой системе каждый элемент представляет условно неделимую структурную единицу. Однако абсолютно неделимых структурных элементов в действительности нет. Концепция относительной элементарности приводит к представлению о строении материального мира, в том числе, геологических объектов, как об иерархии структурных уровней материи с наличием множества дискретных, условно неделимых структурных единиц в пределах каждого из них.

При детализации наблюдений выявляется неоднородность ранее выделенных условно неделимых структурных элементов и появляется возможность расчленения их на более мелкие единицы. Они характеризуют неоднородность изучаемого объекта уже на более детальном структурном уровне.

При решении геологоразведочных проблем задача сводится к изучению неоднородности природных скоплений полезных ископаемых, их структуры и анизотропии строения как основы для выяснения *изменчивости важнейших свойств полезного ископаемого в недрах.* Познание изменчивости геологических, технологических и горнотехнических свойств определяет обоснование методики разведочных работ, влияет на их последовательность, геолого-экономическую оценку месторождений, эффективность технологии разработки и переработки минерального сырья.

А. Б. Каждан (1974) предлагает при изучении рудоносных территорий выделять шесть последовательных структурных уровней строения минерализованных недр:

- минерализованной зоны (толщи);
- тела полезного ископаемого;
- морфологически обособленного участка тела полезного ископаемого;
- локального обособления участка тела полезного ископаемого (рудного гнезда);
- минерального агрегата;
- минерального зерна или кристалла полезного минерала.

На рис. 7 показана модель одного из флюоритовых месторождений, где отражены разные природно-структурные уровни проявленной минерализации (Каждан, 1977).

Позднее при рассмотрении вопроса о *системном подходе к изучению недр* А. Б. Каждан (1984) предложил задействовать в практике прогнозно-металлогенических исследований развернутую иерархию структурных уровней минерализованных участков недр, включающую большее количество структурно-однородных единиц (от региональных к локальным). Эта систематика призвана обеспечить возможность создания геологических моделей развития рудообразующих процессов при любых масштабах исследования территорий. Выделены следующие уровни строения:

- металлогеническая провинция;

- металлогеническая область;
- рудный район;
- рудный узел;
- рудное поле;
- месторождение полезного ископаемого;
- продуктивная (минерализованная) зона (толща) полезного ископаемого;
- продуктивная залежь (тело) полезного ископаемого;
- морфологически обособленный участок (блок) залежи полезного ископаемого;
- локальное скопление полезного ископаемого (объем селекции или добычи);
- минеральный агрегат, состоящий из зерен полезного минерала;
- зерно, кристалл или обломок полезного минерала.

Отмечено, что количество выделяемых в процессе разведки последовательных уровней может быть изменено в зависимости от целей и задач исследований и от совокупности изучаемых свойств полезного ископаемого.

При обосновании шага опробования, размеров отбираемых проб и расстояний между пунктами наблюдений определяющее значение приобретает исследование соотношений линейных элементов неоднородности (Каждан, 1977; Четвериков, 1984; Шевелев, 2004). Смысл этого утверждения заключается в том, что строение одного и того же природного скопления полезного ископаемого может быть оценено как *однородное* при достаточно больших размерах проб и как *неоднородное* при размерах проб, уменьшенных до определенного предела (рис. 8). При изучении штокверка «длинными» пробами строение штокверка представляется как однородное. Если же уменьшить длину пробы, то строение штокверка следует признать неоднородным.

Учитывая соотношение размеров элементов неоднородности и линейных размеров проб предлагается выделять *три типа неоднородности:*
- неоднородность высшего порядка – линейные размеры элементов неоднородности во много раз меньше линейных размеров проб, а общее их число в каждой пробе очень велико;
- эффективную неоднородность – линейные размеры элементов неоднородности примерно на порядок меньше линейных размеров проб, а их число в объеме пробы сравнительно невелико (последние десятки – первые сотни);
- неоднородность низкого порядка – линейные размеры элементов неоднородности превосходят размеры проб.

Изменчивость свойств полезных ископаемых

Неоднородность природных скоплений полезных ископаемых проявляется в *изменчивости их свойств.* Под изменчивостью понимается непостоянство значений признаков в разных точках пространства. На основе количественных характеристик изменчивости свойств полезных ископаемых решаются основные методические вопросы поисков, разведки, опробования и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых (Каждан, 1977, 1984). Если бы изменчивость себя не проявляла, то одно единственное наблюдение в любой точке (например, разведочное пересечение) давало бы полное и точное представление обо всем изученном объекте.

При дискретной сети наблюдений геологическая неоднородность низшего порядка проявляется как случайная, так и как неслучайная пространственная изменчивость изучаемого свойства, но чаще всего – как сумма обеих составляющих изменчивости.

Для *случайной изменчивости* характерна независимость друг от друга значений признака, наблюдаемого в разных точках залежи (в том числе и смежных). Они не зависят от расстояния между пунктами наблюдений и имеют по всем направлениям характер случайных беспорядочных колебаний (рис. 9 б). Случайная изменчивость может быть количественно охарактеризована методами вариационной статистики случайных величин.

Под неслучайной изменчивостью (закономерной) понимают характеристику закономерностей пространственного размещения изучаемого свойства в некотором объеме недр. Определяющим свойством неслучайной изменчивости является наличие плавных колебаний значений признаки и постоянство знака приращения на протяжении изучаемого отрезка недр. Поскольку закономерная изменчивость связана с пространственным положением пунктов наблюдения, то её называют *координированной* (рис. 9а).

В реальных условиях всегда наблюдается сочетание случайной и закономерной изменчивости в разных пропорциях. В зависимости от их сочетаний предложено выделять три градации изменчивости (Поротов, 2004): простая – преобладает закономерная изменчивость на фоне случайных колебаний; сложная – закономерная и случайная изменчивость присутствуют приблизительно в равных отношениях; весьма сложная – преобладает случайная изменчивость, а закономерная составляющая проявлена лишь в виде тенденции. Составляющая случайной изменчивости оказывает непосредственное влияние на статистическую оценку средних характеристик изучаемого свойства, определяя число наблюдений, необходимое для достижения желаемой достоверности средних оценок. Однако в практике разведки в первую очередь геологов интересует пространственная изменчивость важнейших свойств, которая может быть выражена только ее неслучайной составляющей. Неслучайная изменчивость позволяет оценить характер *анизотропии свойств* полезного ископаемого и выдержанность его строения по разным направлениям в пространстве. Направление, по которому устанавливается максимальная или минимальная скорость изменения изучаемых свойств, носит название *оси анизотропии.*

Анизотропия проявляется в результате упорядоченности пространственного размещения геолого-структурных элементов – зерен, минералов, минеральных агрегатов, располагающихся по слоистости, сланцеватости, зон трещиноватости и т. д. Характеристика анизотропии служит основой для ориентировки сети наблюдений и выбора расстояний между смежными точками по каждому из наблюдаемых направлений.

Мерой анизотропии I служит отношение среднего числа n элементов неоднородности, пересекаемых линиями, проведенными в заданном направлении, к длинам этих линий l в пределах изучаемого объема полезного ископаемого: $I = n / l$ (Каждан, 1984). Наиболее широко распространены скопления полезных ископаемых, имеющих три взаимно ортогональных направления анизотропии: жилы, россыпи, многие пластовые и пластообразные тела и залежи. В них направление максимальной изменчивости свойств совпадает с направлением мощности, а направление минимальной изменчивости – с их

вытянутостью. Промежуточное по значению направление изменчивости совпадает с шириной залежей.

Реже встречаются трубообразные и изометричные линзообразные скопления полезных ископаемых, имеющих два направления анизотропии. В них выделяется круговое сечение, перпендикулярное к длинной или к короткой оси. В плоскости кругового сечения изучаемые свойства близки к изотропным. Второе направление анизотропии совпадает с направлением оси.

Примерами изотропных скоплений полезных ископаемых являются изометрические штокверки цветных и редких металлов.

Таким образом, анизотропия и неоднородность строения природных объектов тесно взаимосвязаны и представляют собой разные формы проявления структуры изучаемых геологических образований. В то же время анизотропия любого порядка может быть выявлена в том случае, если совокупность элементов, создающих анизотропию, укладывается в размеры пробы. Большое значение имеет также учет пространственного расположения пунктов наблюдений. Чем выше природная неоднородность строения и изменчивость полезных ископаемых, тем более локальной должна быть система наблюдений при их разведке и более значительными размеры или объем отбираемых проб.

Природная изменчивость свойств полезных ископаемых представляет явление сложного и многопланового характера. Задача полного количественного описания ее практически не выполнима. Поэтому следует отличать понятие *природной изменчивости* свойств полезных ископаемых от понятия их *наблюдаемой изменчивости* по результатам геологоразведочных работ (Каждан, 1984).

Завершая обзор подходов к изучению изменчивости, приведем высказывание (Шевелев, 2004): «Как бы детально и технически качественно не производилась разведка, создаваемая на ее основе эмпирическая модель разведуемых объектов недр, является приближенным отражением действительности. Если методика разведки выбрана несоответствующей особенностям разведуемого объекта, то никакими формальными приемами и способами последующего анализа и обработки (включая применение математики и ЭВМ) нельзя исправить или уменьшить возникающие ошибки».

Способы изучения изменчивости

Способы анализа выявленной изменчивости разнообразны. Их условно можно объединить в две группы – геологические и математические. В основе каждой группы лежит выбранный тип моделей, используемых для отображения изменчивости параметров объекта.

Геологические способы.

Для отражения геологических представлений изучаемых объектов и наблюдаемых признаков используют разные виды графических (геометрических) моделей (Каждан, 1974, 1984; Поротов, 2004). Эти модели являются плоскостными графическими материалами или объемно-макетными (скульптурного, рельефного, скелетного и др. типов). Примерами плоскостных моделей являются планы в изолиниях (мощности, содержаний, метропроцентов и др.), гипсометрические и погоризонтальные планы, разного вида графики по направлениям, проекции рудных скоплений на вертикальные или

горизонтальные плоскости и т. д. На графических материалах отображаются степень, характер и структура изменчивости параметров месторождения или их совокупность по определенным сочетаниям, площадям. Надежная геологическая обоснованность и наглядность моделей делают их незаменимыми при изучении и прогнозировании изменчивости геологических объектов. Они остаются ведущим способом обоснования системы разведки месторождений. Одной из разновидностей графических моделей являются блок-диаграммы, обеспечивающие наглядное пространственное представление о геологическом строении рудных полей, месторождений, участков (рис. 10).

Геологическое моделирование представляет сложную творческую задачу, допускающую порой несколько разных решений (Поротов, 2004). Причины этого – сложность геологических процессов, которые чаще всего остаются не познанными; дискретность сети наблюдений. Изученные объемы руд и горных пород малы по сравнению с объектами, на которые распространяются результаты наблюдений. Поэтому неизбежно возникают проблемы разработки более достоверных геологических моделей.

Графические модели обеспечивают лишь качественную оценку условий залегания, формы, строения природных скоплений полезных ископаемых и отражают упрощенное представление о характере и пространственной изменчивости свойств. Поэтому математическое обоснование геологических моделей, математический анализ изменчивости геолого-промышленных параметров выбранной модели становится необходимым. Приступить к математическому моделированию можно только создав удовлетворительную геологическую модель объекта. Геологическая модель должна отражать разделение объекта на блоки с разными типами изменчивости, тектонические смещения рудных тел, первичную и вторичную зональность и иные особенности. Игнорирование этих признаков объекта делает последующую математическую оценку изменчивости не корректной.

Математические способы

Математические методы, применяемые для изучения и прогноза изменчивости параметров геологических объектов, многочисленны и разнообразны. Задачей настоящего обзора является: дать общее представление об основных направлениях математического моделирования в рамках рассматриваемой проблемы; кратко охарактеризовать наиболее распространенные математические способы изучения изменчивости; указать области их применения и практическую значимость получаемых результатов (Поротов, 2004).

Вопросы математического моделирования широко освещены в многочисленных научных публикациях и учебной литературе. Эта информация отражена в учебниках и учебных пособиях (Каждан, 1974, 1984, 1990; Погребицкий и др., 1977; Поротов, 2004; Волков, 2006 др.). Более подробно проблемы изучения изменчивости параметров месторождений рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Геометризация и анализ геологических полей», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

Считается, что геологические объекты относятся к «плохо организованным природным системам». Они не поддаются точному количественному описанию и, как правило, взаимосвязь между их параметрами не может быть выражена строгими законами.

Приходится создавать модель, дающую лишь приближенное представление о строении объекта и протекавших в объеме залежей рудообразующих процессах. Чем более точные представления будут получены исследователями об изучаемом объекте, тем объективнее будет подобрана соответствующая его особенностям цифровая модель, более надежные и представительные результаты получены при анализе материалов.

На базе геологических моделей созданы разные математические модели. Кратко охарактеризуем лишь некоторых из них:

- статистическая модель;
- геостатистическая модель;
- модели на основе случайной функции;
- разностные модели;
- геометро-статистическая модель.

Статистические модели. Их использование целесообразно, если в наблюдаемой изменчивости признака практически отсутствует закономерная составляющая и, следовательно, геометризация признака в изучаемом объеме недр практически невозможна.

Применение одномерной статистической модели основано на предположении о независимости значений изучаемого признака. В общем случае можно лишь считать, что чем выше степень изменчивости признака, тем полученные результаты ближе к статистической совокупности. Опыт показывает, что формулы математической статистики дают достаточно достоверные результаты при изучении изменчивости месторождений золота, платины, алмазов, редких и отчасти цветных металлов, мусковита и др., но оказываются ненадежными при оценке изменчивости залежей многих осадочных полезных ископаемых.

В практике разведочных работ одномерные статистические модели используются, главным образом, для численной оценки степени изменчивости геолого-промышленных параметров тел полезных ископаемых и месторождений, а также оценки точности полученных результатов. Важнейшими характеристиками таких моделей являются среднее значение изучаемого параметра $x_{ср}$, дисперсия s^2, среднеквадратичное отклонение s и коэффициент вариации V.

Поскольку у реальных геологических объектов обычно проявлено сочетание случайной и закономерной составляющих изменчивости, статистические модели, считающие все изменения случайными, показывают завышенную оценку. Во избежание этого необходимо выделять и исключать закономерную составляющую и рассчитывать коэффициент вариации только по данным выделенной случайной составляющей изменчивости.

При разведке месторождений выборки чаще всего характеризуются небольшими объемами. Поэтому оценку среднего значения оцениваемого параметра можно рассматривать как случайную величину, не соответствующую математическому ожиданию. Последнее и представляет собой истинное среднее значение этого параметра для генеральной совокупности – геологического объекта в целом. Поэтому одной из решаемых задач является выбор лучшего способа вычисления этой оценки и определение степени ее точности.

Статистические оценки могут быть точечными (выражены определенным числом) и интервальными (указывается интервал значений, в пределах которого находится истинное значение величины при заданной вероятности этого события) (Каждан, 1984).

При сравнении изменчивости параметров разной размерности наряду с абсолютной используют относительную величину (коэффициент вариации), обычно выражаемую в процентах:

$$V = (\frac{\sigma}{x_{\text{ср}}}) \cdot 100$$

Использование коэффициента вариации при оценке изменчивости имеет смысл в тех случаях, когда необходимо рассчитать средние значения геолого-промышленных параметров и погрешности их определения. Поэтому статистическая модель обычно применяется для изучения изменчивости содержания компонентов в рудах и мощностей тел полезных ископаемых, но она не эффективна при анализе условий залегания этих тел, их внутреннего строения и изменчивости качества нерудных полезных ископаемых (известняк, доломит, гипс и др.).

Геостатистическая модель. Предложена Ж. Матероном (Матерон, 1968) в шестидесятых годах прошлого столетия. Основана на предположении, что результаты наблюдений зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдений результаты измерений меняются. По этой причине их рассматривают как случайные величины. При этом средний квадрат разности измеренных значений зависит только от расстояния между пунктами наблюдений.

Основной инструмент геостатистики – вариограмма – используется для анализа и описания пространственной корреляционной структуры между произвольно размещенными реальными данными наблюдений. Вариограмма измеряет степень корреляционной связи между пробами в пространстве. Она обычно характеризуется 3-мя главными параметрами (рис. 11).

- *Эффект самородка* – это случайная составляющая дисперсии проб, которая показывает насколько велико различие содержаний в очень близко расположенных образцах. Величина эффекта самородка зависит от сети опробования месторождения и степени ее изменчивости. Название этого параметра введено при оценке месторождений золота, где часто встречаются непредсказуемые «ураганные» содержания металла.
- *Порог вариограммы* – это величина дисперсии проб. Когда вариограмма достигает порога, она часто выполаживается и больше не растет.
- *Зона влияния* – это максимальное расстояние, на котором между пробами еще существует корреляция. На меньших расстояниях (с определенной долей вероятности) можно предсказать содержание в точке массива по данным опробования, а на больших дистанциях – не имеем права. Вариограмма достигает порога на расстоянии, равном зоне влияния. На графике – это расстояние по оси абсцисс от начала координат до точки пересечения теоретической вариограммы с линий порога.

Вариограмма рассчитывается как сумма квадратов разности содержаний между пробами, отстоящими друг от друга на расстоянии h, отнесенная к удвоенному числу пар проб. Функция экспериментальной вариограммы имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = \frac{\sum\left(C_i - C_{(i+h)}\right)^2}{2N},$$

где C_i – содержание элемента в точке i,

$C_{(i+h)}$ – содержание элемента в точке, отстоящей на расстояние h от «i» пробы.

Анализ вариограмм необходим для изучения пространственной неоднородности минерализации и расчета исходных параметров для оценки содержаний с помощью кригинга. Выполнение подобных исследований оправдано в тех случаях, когда предполагается наличие на месторождении жильных тел или рудных зон, прослеженных на значительные расстояния, а также если месторождение характеризуется рассеянной минерализацией с неопределенным типом анизотропии. В прикладном плане знание параметров пространственной изменчивости рудной минерализации дает возможность существенно сэкономить средства на разведочные работы, так как наличие вариограмм позволяет уверенно рассчитывать уровень содержаний между буровыми скважинами без дополнительного сгущения буровой сети, а также обосновывать оптимальную густоту разведочной сети. Выявленные закономерности распределения полезных компонентов в пространстве позволяют более надежно интерполировать значения содержаний, оценивать достоверность запасов.

Расстояние, на котором достигается порог (зона влияния), может меняться в зависимости от направления, вдоль которого оценивалась вариограмма. Например, в случае пластовой залежи изменчивость содержаний по простиранию пласта будет меньше, нежели вкрест простирания. Этот феномен называется геометрической (или дирекционной) анизотропией минерализации (Поротов, 2004). В случае если в разных направлениях вариограммы имеют разный порог, анизотропия называется зональной.

При моделировании вариограммы необходимо выбрать соответствующий тип модели. Существуют следующие основные типы вариограммы: линейная, общая линейная (линейные графики), сферическая, экспоненциальная, гауссова, с дырочным эффектом (криволинейные графики). Чаще всего используют сферическую или экспоненциальную модели (рис. 12).

Исследование пространственной изменчивости содержаний полезного компонента с помощью геостатистической модели проведено на одном из золоторудных месторождений Казахстана. Работа выполнена студентом-дипломником М. А. Дресвянниковым (2017). При обобщении материала за основу взята концепция, что традиционными рудоконтролирующими для золотого оруденения считаются структуры северо-восточного направления. Поэтому все первичные геохимические ореолы привязывались к ним, в том числе и ореолы золота.

Для анализа пространственного распределения золота с помощью программы LeapFrogGeo построены 3D модели, отражающие пространственное распределение содержаний золота. В результате на месторождении выделено 6 зон по преобладающему направлению простирания минерализованных зон (рис. 13).

По каждой выделенной зоне рассчитывались экспериментальные вариограммы. Для более наглядного представления построены поверхности вариограмм, представляющие собой розы-диаграммы, на которых в зависимости от направления и расстояния вынесены

значения функции вариограммы (γ). На рис.14-16 интенсивность закраски отражает изменение значений дисперсии, приведенные к шкале; стрелками показаны направления минимальной изменчивости золота. В первой зоне (рис. 13) северо-восточное направление минимальной изменчивости соответствует вытянутости рудоносной зоны. Зона 2, находящаяся в центральной части месторождения, уже имеет изотропное строение (рис. 15), которое может быть объяснено пересечением двух преобладающих на месторождении направлений распространения золоторудной минерализации (северо-западного и северо-восточного). В третьей зоне (рис. 16) направление изменчивости изменяется на противоположное, характерное для дисперсии первого участка. В целом, горизонтальные вариограммы подтверждают данные, полученные при моделировании рудной зоны. Зоны 1, 4 и 5 имеют минимальные значения дисперсии в северо-восточном направлении, зоны 3 и 6 – северо-западное, 2-ая зона – изотропна по значениям изменчивости.

Выявление в результате геостатистического моделирования «нового» структурного направления (северо-западного) (рис. 16) позволило запроектировать золотодобывающей компании в этой зоне продолжение геологоразведочных работ (в рамках доразведки северо-западного фланга месторождения).

Модели на основе случайных функций могут быть использованы для количественного описания изменчивости признака (пространственной переменной) в зависимости от местоположения пунктов наблюдений. В основе модели лежит гипотеза, что значение признака является случайной функцией координат.

$$\varphi(x) = m(x) + \delta(x).$$

Случайная функция состоит из двух частей: закономерной $m(x)$ и случайной $\delta(x)$ составляющих (рис. 17).

Закономерную часть называют математическим ожиданием случайной функции. Значения случайной функции, получаемые в результате эксперимента и заранее неизвестные, называются ее реализацией. Основными характеристиками случайной функции $j(x)$ являются ее математическое ожидание, дисперсия случайной составляющей, автоковариационная и автокорреляционная функции.

Математическое ожидание $m(x)$ представляет собой наиболее вероятное значение случайной функции в точках x. Дисперсия случайной составляющей D выражается формулой:

$$D = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\delta(x_i)$$

Автоковариационная функция $K(h)$ представляет собой среднее произведение соседних отклонений на расстоянии h:

$$K(h) = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}[\delta(x_i + h)\delta(x_i)]^2 ,$$

где n – количество наблюдений; m – количество пар соседних отклонений.

Автокорреляционная функция $r(h)$ представляет собой отношение автоковариационной функции к дисперсии:

$$r(h) = K(h)/D.$$

Сложность применения случайных функций состоит в том, что результаты геологических наблюдений представляют собой, как правило, лишь одну ее реализацию. Характеристики случайной функции можно найти либо тогда, когда она является стационарной и эргодичной, либо при введении дополнительных гипотез.

Стационарной называют случайную функцию, у которой характеристики не меняются при сдвиге сети наблюдений. Она имеет постоянные математическое ожидание и дисперсию, а корреляционная функция ее зависит лишь от расстояния h между соседними пунктами наблюдения, т. е. по существу является функцией одного аргумента. *Эргодичной* именуют стационарную случайную функцию, одна реализация которой на большом интервале эквивалентна большому числу реализаций на малом интервале.

Модель на основе стационарной случайной функции предполагает, что математическое ожидание – величина постоянная, т. е. закономерные изменения признака в пространстве отсутствуют. Тогда математическое ожидание (оценка математического ожидания) равно среднему значению признака: $m(x) = j_{ср}$, а случайные отклонения находят по формуле $d(x) = j(x) – j_{ср}$. Дисперсия, автоковариационная и автокорреляционная функции вычисляются по формулам, приведенным выше.

Из перечисленных характеристик наибольший интерес представляет *автокорреляционная функция* $r(h)$, которая показывает степень связи соседних значений признака в зависимости от шага наблюдений h. При $h = 0$ корреляционная функция $r = 1$; с увеличением шага наблюдений значение r убывает и стремится к нулю. Предельный шаг наблюдений, при котором коэффициент автокорреляции становится неотличимым от нуля, называется радиусом автокорреляции R. Он соответствует максимальному расстоянию, на котором еще обнаруживается взаимосвязь соседних наблюдений (рис. 18).

На практике автокорреляционная функция вычисляется по дискретным данным и изображается ломаной линией. За радиус автокорреляции обычно принимают тот шаг, при котором линия автокорреляции первый раз пересекает линию абсцисс.

Автокорреляционная функция зависит от направлений изучения изменчивости параметров и поэтому дает представление об анизотропии залежей. Чем больше радиус автокорреляции в заданном направлении, тем медленнее меняется значение параметра и меньше его изменчивость. Если значение радиуса автокорреляции одинаково по всем направлениям, то геологический объект является изотропным.

Радиус автокорреляции характеризует средний размер области влияния одного наблюдения, что используется при обосновании плотности разведочной сети. Для надежного установления поведения параметра между пунктами наблюдений необходимо, чтобы расстояние между ними не превышало двух радиусов, т. е. области влияния соседних наблюдений перекрывались.

Отметим, что характеристики стационарной случайной функции отражают достоверную картину лишь при отсутствии периодичности в изменении признаков. Они должны быть согласованы с периодами, сопоставимыми с размерами изучаемого объекта. В противном случае (ритмичность разреза, периодичность появления рудных столбов или разрывных нарушений и т. д.) требуется выявление периодов и амплитуд периодической

изменчивости и вычитание ее из реализации случайной функции, чтобы значения параметра привести к стационарному виду.

Различия между геостатистической моделью и моделями типа случайных функций заключается в том, что предметом изучения геостатистики служит исследование расхождений между оцениваемой величиной Q и ее оценкой q. Сама пространственная переменная рассматривается как детерминированная функция, а вероятностный подход проявляется только при оценке расхождения $\varepsilon = Q - q$.

При использовании моделей типа случайных функций предметом исследования являются природные скопления полезных ископаемых и их свойства в недрах, а в качестве случайных величин рассматриваются не дисперсии оценок, а значения всех наблюдаемых свойств. В строении полезных ископаемых выявляются элементы их неоднородности, а характеристики изменчивости изучаемых свойств оцениваются не в заведомо заданных объемах недр, а на том структурном уровне, который выявляется принятой сетью наблюдений.

Разностные модели изменчивости основаны на изучении приращений значений признака между соседними точками наблюдения и имеют целью исключение влияния закономерной составляющей изменчивости для более правильной характеристики случайной изменчивости.

Модель со вторыми разностями впервые предложена Д. А. Казаковским (Казаковский, 1948) и нашла широкое практическое применение. Метод Д. А. Казаковского разработан для правильных квадратных сетей и позволяет оценивать изменчивость геолого-промышленных параметров, которые могут быть изображены в виде топографических поверхностей, главным образом для изучения изменчивости мощности тел полезных ископаемых. Сначала вычисляют первые разности значений признака по соседним точкам:

$$\Delta'_t = \varphi_{i+1} - \varphi_i$$

а затем находят вторые разности как приращения соседних первых разностей:

$$\Delta'_t = \Delta'_{i+1} - \Delta' = \varphi_{i+1} + \varphi_{i+2} \ .$$

Абсолютной мерой изменчивости является показатель сложности топографической поверхности μ_a, который представляет собой среднее значение абсолютной величины вторых разностей:

$$\mu_a = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} |\Delta_t^m| \ ,$$

где k – количество вторых разностей.

Относительная изменчивость признака оценивается с помощью показателя изменчивости m, который представляет собой выраженное в долях единицы отношение показателя сложности поверхности m к среднему значению изучаемого параметра $j_{ср}$.

Геометро-статистическая модель. Основоположником горно-геометрического моделирования является П. К. Соболевский. В основе созданной им модели лежит представление о функциональных связях наблюдаемых свойств с пространственными координатами. Позже его идеи нашли отражение в геометро-статистической модели, разработанной В. Ф. Мягковым (Мягков и др., 1986).

Частные значения характеристик реального поля в точках пространства неоднородны по своему составу. Они представляют собой алгебраическую сумму двух величин, называемых регулярной и случайной составляющими (компонентами) поля $U_i = f(x_i) + \delta_i$ (одномерный вариант), где *Ui* – значение переменной в *i*-той точке пространства с координатами x_i; $f(x_i)$ – значение регулярной (или закономерной) составляющей; δ_i – значение случайной составляющей (рис. 19).

Регулярной (или закономерной) составляющей поля называется детерминированная компонента, фиксирующая направленность изменения изучаемого свойства в пространстве геологического объекта. Например, закономерность выклинивания линзообразного рудного тела от центра к периферии залежи.

Случайной компонентной поля называется составляющая, обусловливающая флуктуацию ее значений относительно детерминированной переменной. Ее наличие определяется влиянием как геологических, так и технологических факторов. Например, флуктуация мощности относительно генеральной тенденции к выклиниванию линзовидного тела от центра к периферии в случае экзогенного месторождения обусловлена не только неровностями дна бассейна седиментации, но и погрешностями принятого способа измерений.

Количественное описание наблюдаемой изменчивости поля заключается в разделении ее на две составляющие, определении амплитуды каждой из них и уровней изменчивости. Закономерная изменчивость определяется построением аппроксимирующей функции, получаемой аппроксимацией исходных значений параметра, а случайная изменчивость оценивается среднеквадратичным отклонением исходных наблюдений от графика аппроксимирующей функции.

Построение начальной аппроксимирующей поле функции на каждом одномерном сечении осуществляется по данным регуляризации измерений в соответствии с формулой, выведенной при условии четырехкратного последовательного сглаживания по двум точкам (Мягков, 1984):

$$U_j = 0{,}0625\,(U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4\,U_{i+3} + U_{i+4}),$$

где U_j – значение регулярной составляющей поля, U_i – частные значения, полученные в результате измерений или опробования по совокупности пространственно сближенных точек. При этом координаты x_j определяются либо по аналогичной приведенной зависимости (вместо U_i в формулу подставляются значения x_i), либо по упрощенной формуле:

$x_j = x_i + (j + 1) + \Delta x$, если шаг наблюдений принят в качестве постоянной величины ($j = i+2...$).

С помощью геометро-статистической модели можно выразить основные особенности пространственной изменчивости свойств геологических объектов, установить примерные числовые значения изучаемого свойства в любой точке исследуемого объекта, получить представление о его морфологии и внутреннем строении. В то же время геометро-статистические модели не обеспечивают объективную количественную оценку изменчивости изучаемых свойств. Если статистические методы не учитывают влияния

плавных, закономерных изменений, то методы геометризации игнорируют влияние многочисленных случайных отклонений по отдельным пунктам наблюдений.

Контрольные вопросы к теме 2

1. Перечислите и кратко охарактеризуйте факторы, определяющие промышленную значимость месторождений.
2. Как делятся месторождения по масштабу, качеству полезных ископаемых?
3. На что влияют глубина и условия залегания тел полезных ископаемых?
4. Зачем необходимо изучать инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождений?
5. Как можно подразделить месторождения по форме залежей? Как влияет форма рудных тел на разведку и разработку месторождений?
6. Какие факторы положены в основу группировки месторождений для целей разведки?
7. Какие группы месторождений фигурируют в Методических указаниях ГКЗ? Как их учитывают при разведке?
8. Неоднородность строения минерализованных недр. Как она учитывается при разведке?
9. Изменчивость свойств полезных ископаемых, виды ее проявления.
10. Какие геологические способы изучения изменчивости известны?
11. Какие математические способы исследования изменчивости используют в последнее время при разведке месторождений?
12. Какие основные характеристики фигурируют при использовании геостатистической модели изменчивости?

Тема 3
Методологические основы разведки недр

ПРИНЦИПЫ РАЗВЕДКИ НЕДР

Земные недра обычно недоступны для непосредственных наблюдений. Они познаются преимущественно выборочным методом по сети пространственно разобщенных искусственных или естественных обнажений (Каждан, 1984). При этом полнота и достоверность полученных представлений о строении и составе недр зависит от густоты сети наблюдений, характера и степени неоднородности изучаемых объектов, прерывистости изучаемых свойств. Это побудило исследователей (Крейтер В. М., Каждан А. Б., Четвериков Л. И. и др.) сформулировать принципы, определяющие методологические подходы к изучению и оценке недр.

Принцип последовательных приближений предусматривает необходимость соблюдения правила: «от общего к частному». Геологические исследования начинаются с выявления крупных потенциально рудоносных площадей и отбраковки заведомо неперспективных территорий. После этого целесообразно перейти к более детальному изучению потенциально рудоносных площадей с последовательной ее разбраковкой на перспективные и неперспективные участки. В рамках реализации принципа весь геологоразведочный процесс подразделяется на три этапа и пять стадий (см. главу 5). Предложенная стадийность отражает рациональную последовательность проведения геологоразведочных работ, когда изучение недр проводится с возрастающей детальностью. Сначала выделяются общие геологические закономерности, а затем исследуются детали строения. По мере накопления разведочных данных возрастает полнота и надежность оценки объекта. Появляется возможность пространственного обособления внутри ранее выделенных условно однородных элементов геологического строения ещё более мелких структурных элементов. Вследствие ограниченности выборочных данных для суждения о свойствах и степени изученности объекта необходимо привлечение дополнительной информации, которую можно получить по принципу аналогии.

Принцип аналогии основан на положении о том, что геологические структуры и заключенные в них полезные ископаемые формировались в близких условиях. Они обладают чертами сходства условий залегания, строения и состава. Именно это обстоятельство обеспечивает подобие свойств объекта-эталона и изучаемого объекта. Степень подобия минерализованных участков недр зависит от пространственной близости и масштабов сравниваемых объектов: чем меньше их размеры и меньше расстояния между ними, тем больше проявляется сходство.

На стадии разведки можно выделить два подхода при принятии решений по аналогии: а) внутриобъектная; б) межобъектная. *Первый подход* – параметры разведочной сети принимаются близкими к изученным (и даже уже освоенным) участкам недр. Подобный подход возможен при разведке (доразведке) глубоких горизонтов месторождения, его флангов. *Второй подход* – использование данных по другим детально изученным объектам, используется при обосновании параметров разведочной сети на вновь вовлекаемых в разведку месторождениях. Этот принцип, основанный на типизации

месторождений, изложен в «Методических указаниях…», подготовленных ГКЗ при МПР РФ для отдельных типов полезных ископаемых.

Принцип максимальной эффективности является объединяющим ранее сформулированные В. М. Крейтером принципы наименьших трудовых и материальных затрат и полноты исследования (Петруха, 2003). Сущность принципа заключается в том, что в каждый момент выполнения геологоразведочных работ затраты на получение дополнительной информации не должны превышать экономических потерь, вызванных возможными просчетами в работе будущего предприятия. Полнота информации, необходимой и достаточной для строительства горнодобывающего предприятия, определяет подготовленность месторождения для промышленного освоения. Эта информация должна обеспечить достоверную характеристику разведуемого месторождения.

Достижение полноты необходимой информации осложнено крайне ограниченным объемом получаемых геологоразведочных данных по сети редких разведочных пересечений. В то же время собранная информация должна быть достаточной для принятия проектных решений по разработке месторождения и переработке добываемого минерального сырья. Здесь работает известный в математической статистике метод изучения свойств объектов на основе ограниченной по объему выборки. На каждой последовательно сменяющейся стадии изучения объекта выборка становится более представительной. В то же время из-за ограниченности геологических наблюдений, их неполноты любое проектное решение по освоению месторождения сопровождается риском, обусловленным возможными просчетами из-за неполноты собранных данных. Задача разведки – минимизировать эти риски до экономически рациональных размеров. Это возможно за счет выборочной детализации сети наблюдений на отдельных локальных участках.

Принцип выборочной детализации заключается в том, что проведение геологоразведочных работ в пределах всего объекта изучения должно сочетаться с более детальными работами на отдельных его участках (Каждан, 1984). При этом необходимо определиться с позицией эталонного участка, определить оптимальную детальность наблюдений в его пределах. Эталоны-аналоги детализационных работ должны быть представительными по отношению ко всему изучаемому объему недр. Чем типичнее окажутся эти участки, тем полнее будут критерии подобия и меньше погрешности распространения эталонных данных на весь оцениваемый объем. Рассмотрим примеры.

Согласно «Методическим рекомендациям по применению классификации запасов… (2007)» детализационные работы на стадии оценочных работ должны предусматривать обоснование в пределах локальных участков запасов категории C_1. С учетом полученных данных на этих участках следует предусмотреть опытно-промышленную разработку (ОПР) минерального сырья. В условиях действующих горных предприятий в качестве эталонов-аналогов следует использовать уже отработанные участки месторождения.

СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Изучение недр с целью выявления и промышленной оценки месторождений полезных ископаемых осуществляется последовательно по стадиям, по мере отбраковки неперспективных площадей и более детальном исследовании заслуживающих внимания объектов. Стадийность охватывает все виды геологоразведочных работ и отражает рациональный порядок последовательности их проведения (Положение…, 1999). Выделяется три этапа и пять стадий геологоразведочных работ (табл. 1). Составители «Положения…» отмечают, что границы между стадиями условны и определяются масштабами ведущихся работ. Информация, получаемая на каждой стадии, по полноте и достоверности должна быть достаточной для геологического и технико-экономического обоснования геологоразведочных работ последующей стадии, либо освоения и проектирования разработки месторождения. «Положение…» носит рекомендательный характер и устанавливает общие для всех видов полезных ископаемых требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ для отдельных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых

Производится с целью получения комплексной геологической информации, составляющей основу геологического изучения территории и оценки ее минерагенического потенциала. Призвано обеспечить выявление закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых. Основным результатом регионального геологического изучения недр является моделирование и ранжирование по экономической значимости структурно-вещественных и минерагенических комплексов, локальный прогноз и начальная геолого-экономическая оценка потенциальных объектов минерального сырья. Основными видами работ являются площадные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, наземные и аэрогеофизические работы, широкий комплекс специализированных исследований: космоструктурные, геолого-минерагенические, геохимическое картирование и другие виды изучения недр. Площадные картографические работы проводятся в масштабах: 1:15000000 и мельче – сводное и обзорное; 1:1000000 (1:500000) – мелкомасштабное; 1:200000 (1:100000) – среднемасштабное; 1:50000 (1:25000) – крупномасштабное. Для развития минерально-сырьевой базы главное значение имеют средне-крупномасштабные виды картографирования. По результатам выполненных работ выявляются и оконтуриваются прогнозные площади (минерагенические зоны, рудные районы, узлы и поля) с оценкой прогнозных ресурсов по категориям P_3, P_2, (P_1).

Этап II. Поиски и оценка месторождений

Стадия 2. Поисковые работы

Объектами исследований являются рудные районы, узлы и поля или их части, выявленные в процессе предшествующей стадии регионального геологического изучения недр, по которым имеются оцененные прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_3. Работы могут производиться и на ранее опоискованных площадях, если это обусловлено изменением представлений о геологическом строении перспективных площадей, изменением

конъюнктуры минерального сырья, увеличением глубинности исследования недр. Поиски могут проводиться в разных масштабах (обычно в пределах 1:50000-1:10000). Включают комплекс геолого-минерагенических, геофизических, геохимических и других видов и методов исследований с проходкой поисковых скважин и поверхностных горных выработок. Для поисков скрытых и погребенных объектов используется глубокое бурение в сочетании со скважинными геофизическими исследованиями. Рациональный комплекс методов формируется на основе особенностей геологического строения объекта, ландшафтно-геохимических условий проведения работ, накопленного в отрасли опыта. По совокупности полученной информации, ее комплексной интерпретации выделяются перспективные аномалии, участки. Проверка природы аномалий, вскрытие, опробование и изучение проявлений полезных ископаемых осуществляется поверхностными горными выработками и поисковыми скважинами. В отобранных пробах определяются основные и попутные компоненты, а в необходимых случаях – технологические свойства руд. На выявленных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1. На основе полученных данных выполняется геолого-экономическая оценка выявленных объектов по укрупненным показателям. Положительно оцененные проявления включаются в фонд объектов, рекомендуемых к постановке оценочных работ с выдачей соответствующих лицензий.

Стадия 3. Оценочные работы

Оценочные работы проводятся на выявленных и положительно оцененных проявлениях полезных ископаемых. Для оконтуривания площади, изучения геолого-структурных условий локализации оруденения проводится геологическая съемка в масштабе 1:25000-1:10000 и крупнее (для сложных и небольших объектов). Геологическая съемка сопровождается детальными минералого-петрографическими, геофизическими и геохимическими исследованиями, вскрытием и прослеживанием тел полезных ископаемых поверхностными горными выработками (канавы, шурфы, картировочные скважины). Все вскрытые выходы полезной минерализации подвергаются опробованию и анализу на основные и попутные компоненты.

Технологические свойства полезного ископаемого определяются по лабораторным пробам, а в необходимых случаях – по малым и большим технологическим пробам. По этим результатам намечается принципиальная схема переработки руд, обеспечивающая комплексное использование полезного ископаемого.

Во всех разведочных выработках осуществляется комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических исследований, достаточных для обоснования вскрытия и разработки месторождения. Дается характеристика экологических условий производства добычных работ и оценка их влияния на природную среду.

Материалы, полученные при производстве оценочных работ, должны обеспечить оценку промышленного значения месторождения с подсчетом большей части запасов по категории C_2. По менее детально изученной части месторождения количественно оцениваются прогнозные ресурсы категории P_1. Достоверность данных о геологическом строении, условиям залегания и морфологии тел полезных ископаемых подтверждается на участках детализации с подсчетом разведанных запасов категории C_1.

В соответствии с рекомендациями, содержащимися в Методических рекомендациях по применению классификации запасов… (2007), на завершающем этапе оценки целесообразно выполнение на участках детализации отдельных месторождений специализированных работ – «Опытно промышленной разработки» (ОПР) в пределах локального объема минерализованных недр.

Геолого-экономическая оценка объектов осуществляется в процессе проведения работ и по их завершению. В начальный период оценочных работ проводится *оперативная геолого-экономическая оценка* прямым расчетом по укрупненным показателям. По результатам ее принимаются решения о целесообразности продолжения работ или их прекращении. После завершения стадии «Оценочные работы» разрабатываются *временные кондиции* и составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором дается экономически обоснованная предварительная оценка промышленной ценности месторождения, определяющая целесообразность передачи объекта в разведку с последующим его освоением. *Месторождения,* получившие положительную экономическую оценку на оценочной стадии, *называются оцененными*.

Отчет с результатами подсчета запасов, включая обоснование «временных» кондиций и ТЭД, представляются на государственную геологическую, экономическую и экологическую экспертизу. Заключение экспертизы является основанием для постановки запасов на государственный учет.

Этап III. Разведка и освоение месторождения

Стадия 4. Разведка месторождений

Объектом разведки является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр, включающая полностью или частично месторождение полезного ископаемого. Разведочные работы осуществляются с целью получения информации для проектирования строительства горнодобывающего предприятия. В «Положении…(1999)» отмечается, что в *процессе освоения месторождения* с целью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы действующего или реконструированного горного предприятия возможно проведение *доразведки месторождения.* Эти работы предусматривают в каждом отдельном случае решение конкретных геологических задач. Например, дополнительное изучение флангов или глубоких горизонтов месторождения, уточнение технологических свойств полезного ископаемого и т. д.

При разведке завершается изучение строения месторождения с поверхности с составлением геологической карты на инструментальной основе. В зависимости от размеров, сложности геологического строения, изменчивости тел полезных ископаемых съемка проводится в масштабе 1:10000-1:1000 с применением геохимических, геофизических методов, проходкой горных выработок (канавы, шурфы, траншеи), мелких скважин. Все выходы полезных ископаемых прослеживаются, опробуются с детальностью, позволяющей выявить форму, строение, условия залегания, интенсивность и глубину проявления зоны окисления.

Разведка на глубину проводится скважинами до горизонтов, разработка которых экономически целесообразна. Месторождения сложного строения разведываются скважинами в сочетании с подземными горными выработками. Расположение горных

выработок (в случае отработки объекта подземным способом) должно обеспечить максимально возможное их дальнейшее использование при эксплуатации.

Последовательность и объемы разведочных работ, соотношение горных и буровых выработок, форма и плотность разведочной сети, методы и способы отбора проб (рядовых, групповых, технологических) определяются, исходя из геологических особенностей разведуемого месторождения. Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки.

Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические условия изучаются с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения. В процессе разведки дается оценка возможных источников питьевого и технического водоснабжения, проводятся работы по выявлению местных строительных материалов, разрабатываются схемы размещения объектов промышленного и гражданского назначения, обеспечиваются природоохранные мероприятия.

Разведка завершается разработкой технико-экономического обоснования (ТЭО) *постоянных разведочных кондиций*. Производится подсчет запасов основных и попутных компонентов по категориям в соответствии с группой месторождений по сложности строения, дается детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Пространственное размещение запасов, их соотношение по категориям устанавливается недропользователем. По завершению работ *месторождение называется разведанным.*

Материалы подсчета запасов, результаты ТЭО и обоснование постоянных разведочных кондиций подлежат государственной экспертизе (геологической, экономической, экологической).

Стадия 5. Эксплуатационная разведка

Эксплуатационная разведка проводится регулярно на эксплуатируемых месторождениях с целью получения достоверных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования добычи, обеспечения наиболее полного извлечения из недр полезных ископаемых. Объектами изучения и оценки являются эксплуатационные этажи, блоки, уступы. Основными задачами при этом являются: уточнение контуров, вещественного состава, внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества запасов по технологическим типам и сорта руд (с их геометризацией), уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным горизонтам, блокам и т. д. Подсчитываются запасы подготовленных к отработке блоков, запасы готовые к выемке.

Для обеспечения рационального использования недр ведется учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Определяются показатели извлечения количества полезного ископаемого и изменения его качества.

В процессе разработки месторождения при резком отклонении в отдельных его частях геологических, горнотехнических и иных условий разработки, а также при изменении экологической конъюнктуры, недропользователь имеет право разработать ТЭО

эксплуатационных кондиций. Они разрабатываются на ограниченный временной период и должны быть привязаны к конкретным участкам эксплуатации.

На протяжении разведки и эксплуатации месторождения ведется учет движения запасов в результате их прироста, добычи, переработки или списания с баланса горнодобывающего предприятия. Информация по движению запасов, добыче, потерях и обеспеченности предприятия разведанными запасами передается в федеральные и территориальные фонды геологической информации.

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для сравнения запасов месторождений одного и того же ископаемого, учета минеральных ресурсов разной изученности в пределах страны и регионов необходимо располагать стандартизующей системой. Такой системой является *классификация запасов.*

В нашей стране классификация месторождений полезных ископаемых утверждалась многократно (1933, 1941, 1953, 1984, 1997, 2007 гг.). Последняя классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых устанавливает единые для Российской Федерации принципы их обоснования (Классификация…, 2007). Запасы полезных ископаемых подсчитываются по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе из изучения и промышленного освоения. Качество полезных ископаемых изучается с учетом необходимости их комплексного использования, технологии переработки на основе определенных требований к качеству полезных ископаемых и технических условий. При этом определяются содержания основных и попутных ценных, токсичных и вредных компонентов, формы их нахождения и особенности распределения в продуктах обогащения и переработки. Объектом подсчета запасов полезных ископаемых является месторождение (или часть месторождения) твердых полезных ископаемых.

Подсчет и учет запасов по месторождению производится в единицах массы или объема в соответствии с экономически обоснованными параметрами кондиций без учета потерь и разубоживания при добыче и переработке полезных ископаемых.

По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них попутных компонентов подразделяются на две группы: балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические); они подлежат раздельному подсчету и учету.

К *балансовым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам (ТЭР) экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К *забаланцевым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно ТЭР экономически не эффективна (убыточна) из-за низких технико-экономических показаний, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий.

Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если ТЭР установлена возможность их последующего извлечения или складирования для использования в будущем.

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономического обоснования (ТЭО), подтвержденного государственной экспертизой. В рамках этой оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений, предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований законодательства РФ.

Запасы полезных ископаемых по *степени геологической изученности* подразделяются на категории *A, B,* C_1 и C_2. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых категорий P_1, P_2 и P_3 в настоящем учебном пособии не рассматриваются. Критерии их выделения в пределах минерализованных участков недр разобраны в учебных пособиях (Баранников, 2011, 2013; Коробейников, 2009; Поротов, 2012 и др.).

Запасы категории A выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологического и должны удовлетворять требованиям: установлены размеры, форма и условия залегания тел полезных ископаемых; изучен характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения; выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки; установлено наличие разрывных нарушений; выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлен их состав, свойства, охарактеризовано качество сортов; изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по горным выработкам и скважинам на основе результатов их детального опробования.

Запасы категории B выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности строения и должны удовлетворять следующим требованиям: установлены размеры, основные особенности и изменчивость внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлено их положение и амплитуды смещения; определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественное соотношение промышленных типов и сортов полезного ископаемого; определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок.

Запасы категории C_1 составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности геологического строения. Также эти запасы могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы. Они должны удовлетворять следующим требованиям: выяснены размеры и характерные

формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения; оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, наличие площадей развития мелко амплитудных нарушений; определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных типов и сортов, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с учетом данных геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории C_2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов, вовлекаемых в разработку. Они должны удовлетворять следующим требованиям: размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений с учетом данных геофизических и геохимических исследований, геологических построений.

Учитывая определенную «монотонность» в изложении вопроса категоризации запасов и, в известной степени, повторяемость предъявляемых требований к обоснованию отдельных категорий запасов, отразим этот материал в таблице 2, приведенной в учебном пособии (Шевелев, 2004). В ней наглядно *отражены особенности* требований к запасам разных категорий.

На разрабатываемых месторождениях *вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы* полезных ископаемых, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок, *подсчитываются отдельно* по категориям в соответствии со степенью их геологической изученностью.

При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классифицированного показателя должны (или могут) использоваться количественные и вероятностные оценки *точности и достоверности* определения основных параметров. Однако конкретных количественных показателей для отдельных категорий запасов до сих пор не разработано. Свой подход в решении этого непростого вопроса рассмотрен А. Б. Кажданом (Каждан, 1977, 1984).

Нет сомнения в том (отмечает этот автор), что категория запасов определяется *густотой сети наблюдений.* В то же время *точность подсчета запасов зависит, прежде всего, от количества наблюдений в пределах разведанного участка* и в меньшей степени – от густоты сети наблюдений. При разной густоте сети, но при сопоставимом числе наблюдений в блоках различных размеров, *погрешности вычисления* среднеблочных оценок могут быть *примерно одинаковыми,* в то время как разведанность блоков будет резко различаться.

Понятия разведанность и точность подсчета запасов могли бы рассматриваться как взаимозависимые только при условии последовательной детализации разведочных данных в блоке установленного размера, когда с уменьшением расстояний между смежными точками наблюдений их количество в блоке закономерно возрастает. В практике разведки это условие обычно не выполняется. При детализации разведочных данных подсчетные блоки категории C_1 разделяются на более мелкие блоки категории *B*, а те в свою очередь на еще более мелкие блоки категории *A*. Поэтому связи между числом наблюдений и густотой разведочной сети не возникает.

Таким образом, при *оценке достоверности* результатов геологоразведочных работ необходимо различать степень разведанности запасов и точность их подсчета в заданных объемах недр (Каждан, 1977).

Степень разведанности запасов характеризуется детальностью выявления условий залегания, форм и строения полезного ископаемого, условий пространственного размещения в недрах. Количественно она может быть оценена *погрешностями геометризации* разведанных скоплений полезного ископаемого в недрах для заданной сети наблюдений.

Точность подсчета запасов может быть охарактеризована *погрешностями оценок их качества и количества* в оконтуренных объемах недр.

Из определения сформулированных понятий вытекает вывод, что при переводе запасов из более низких категорий в более высокие повышается не столько точность ранее подсчитанных запасов, сколько выявляются детали их пространственного размещения в пределах более мелких участков и блоков месторождения. Таким образом, точность подсчета запасов оценивается для категорий *A, B* и C_1 примерно одной и той же погрешностью. Но в зависимости от степени детальности наблюдений эта погрешность относится к разным по величине объемам недр.

На невозможность оценки степени изученности в виде цифровых показателей обращает внимание И. Д. Коган (Коган, 1974). Сказанное он мотивирует тем, что при подсчете запасов невозможно обеспечить заранее заданную величину погрешности для отдельных категорий, так как достоверность всех исходных данных остается практически неименной для разных категорий запасов. Категория запасов может быть понижена в силу иных причин. Например, при низком выходе керна, незавершенности технологических исследований, при ошибках геологической интерпретации.

Специального рассмотрения заслуживают классификации запасов твердых полезных ископаемых, применяемые в основных горнодобывающих странах (Австралии, США, Великобритании, Канаде и др.). Сопоставление отечественной квалификации с зарубежными, описание признаков их сходства и различия необходимо при обосновании инвестиционной привлекательности выставляемых на конкурс отечественных месторождений, а также решения ряда иных вопросов.

Обычно в зарубежных классификациях используются не более трех категорий ресурсов (resourses): измеренные (measured), исчисленные (indicated) и предполагаемые (inferred), а для оценки изученности запасов – даже двух: доказанные (proved) и вероятные (probable).

Несколько иной является классификация МАГАТЭ, используемая для отражения сырьевой обеспеченности атомной отрасли. Все учитываемые количества сырья квалифицируются как ресурсы (recourses). Для характеристики их изученности (достоверности) используются две категории: достоверно установленные (Reasonably Assured Resources – RAR) и дополнительные (Inferred Resources). Сумма оценок по этим категориям рассматривается как установленные ресурсы (Identified). Для оценок ресурсов, связанных с ещё не открытыми месторождениями (Indiscovered), используются категории прогнозные (Prognosticated) и умозрительные, рискованные (Speculative).

Разное целевое назначение российских и зарубежных классификаций затрудняет их однозначное сопоставление. Точного сопоставления между отдельными категориями не может быть в принципе. В то же время при задействовании классификации МАГАТЭ условно можно считать, что категория RAR примерно соответствует категории C_1, Inferred – C_2, Prognosticated – P_1, а Speculative – P_2+P_3.

В 90-х годах ООН был разработан специальный документ, получивший название «рамочный» (frame word) классификатор ООН. Подготовленная основа классификации представляет универсальную трехмерную матрицу, являющуюся ключом-дешифратором. Она позволяет осуществлять переход от одной классификационной системы к другой (рис. 3). В представленной классификации запасы и ресурсы оцениваются с трех позиций:

- геологическая изученность, определяемая стадией выполнения работ – детальная разведка (разведка), предварительная разведка (оценка), поиски, рекогносцировочные геологические наблюдения;
- экономико-технологическая изученность, определяемая стадией технико-экономической оценки (ТЭО постоянных и временных кондиций, оценка по аналогии и т. д.).
- экономичность освоения запасов, определяемая как достаточная или низкая рентабельность.

Каждая из ячеек матрицы имеет цифровую кодировку. В системе этих координат запасы, отвечающие той или иной степени изученности, выделяются как трехмерные тела. Например, запасы, выявленные на стадии разведки (A+B+C_1 по отечественной классификации) и имеющие положительную экономическую оценку на уровне ТЭО постоянных кондиций, получают кодировку 1.1.1.

С 90-х годов XX века в промышленных странах разработан еще один путь согласованного подхода к оценке запасов, определяемый сводами правил («кодексами отчетности»). Одним из таких кодексов, принятых в 2006 г, в ЮАР, Канаде и США, является CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards). Согласно стандарту CRIRSCO эксперты в заключениях должны руководствоваться определенной схемой классификации ресурсов (рис. 4). Стрелками на схеме показаны возможные переходы ресурсов в запасы при осуществлении экономической оценки объекта и обратно (например, при снижении цен), а также вероятные (probable) через измеренные, подсчитанные (measured) в доказанных (proven) при доразведке. Ресурсы предполагаемые (inferred) экономического значения не имеют.

Системы стандартов (CRIRSCO, YORK и др.) успешно задействованы за рубежом. Однако при попытках трансформировать оценки ресурсов в таксоны отечественной

классификации следует иметь в виду, что строго формальные соотношения здесь невозможны.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

Обоснование оптимального комплекса технических средств – кардинальный вопрос разведки месторождений. На выбор технических средств разведки оказывают влияние геологические, горнотехнические и географо-экономические факторы. Их совокупным влиянием определяется пространственная ориентировка разведочных разрезов, расположение разведочных пересечений, техника проходки разведочных выработок (Каждан, 1977, 1985).

Геологические факторы отражают условия формирования, состав и строение полезных ископаемых, закономерности их локализации в геологических структурах, уровень эрозионного среза месторождений. Определяющее значение при этом имеют: характер связи полезных ископаемых с элементами геологического строения; условия залегания и морфология скоплений полезных ископаемых, их размеры; строение и состав залежей полезных ископаемых.

При анализе влияния *горнотехнических факторов* на выбор технических средств разведки должны быть учтены: предполагаемые способы вскрытия и разработки месторождения; гидрогеологические условия, горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород.

Геолого-экономические факторы также могут оказывать влияние. В зависимости от уровня экономической освоенности, климата, ландшафтных особенностей рельефа, энергообеспеченности территории, наличия трудовых ресурсов, дорог и т. д. приходится решать вопросы рационального соотношения горноразведочных, буровых работ и геофизических исследований.

Технические средства геологоразведочных работ различаются по своим возможностям, информативности, стоимости (Шевелев, 2004, Петруха, 2003). Они включают: горные разведочные выработки, буровые скважины, геофизические исследования.

А. *Горные выработки* подразделяются на поверхностные и подземные. К поверхностным относятся канавы и траншеи (магистральные и прослеживающие), мелкие шурфы и дудки, расчистки; к подземным – глубокие шурфы, штольни и шахты с комплексом развиваемых из них горизонтальных выработок (квершлаги, штреки, орты, рассечки), а также наклонных и вертикальных (восстающие, гезенки).

Поверхностные горные выработки используются для вскрытия полезного ископаемого и вмещающих пород в коренном залегании, изучения зоны окисления рудных тел. Проведение этих выработок не требует больших затрат и поэтому широко используется на ранних стадиях изучения месторождений. Ведущее значение имеет проходка *канав.* Обычно их проходят на глубину 2-3 м, реже до 6 м уступами с высотой не более 2 м. При малом объеме работ и их рассредоточенности проходка канав осуществляется вручную. В стадию разведки канавы проходят с применением буровзрывных работ (рыхление, на выброс) и экскаваторами, бульдозерами, канавокопателями, скреперными установками. Те же геологические задачи (вскрытие рудных тел, их документация, опробование) решает

проходка *траншей.* От канав они отличаются большим поперечным сечением и глубиной проходки (до 5 м). Используются современные технические средства – бульдозеры, скреперы, роторные установки. При изучении месторождений, представленных жильными зонами (в том числе, камнесамоцветного сырья) и для отбора технологических проб, возможна проходка *разведочных карьеров* (Петруха, 2003). Форма карьеров в плане, их размеры и глубина определяются целевым заданием. Используются карьеры для разведки полезных ископаемых, выходящих на дневную поверхность или находящихся на небольшой глубине. Глубина карьеров может достигать 50 м, а объем – десятков кубических метров. При проходке применяют разные технические средства.

Для прослеживания и оконтуривания залежей по простиранию при мощности рыхлых отложений более 5 м, а также вскрытия предполагаемых под наносами новых тел полезных ископаемых, предусматривается проходка разведочных *шурфов.* Они подразделяются на мелкие (до 10 м) и глубокие (до 40 м). Площадь сечения шурфов 1,25; 1,5; 2,0; 4,0 м^2. Глубокие шурфы проходят для изучения условий залегания рудных тел, отбора проб монолитов. При необходимости из шурфов проходят рассечки сечением 1,8, 2,7 или 3,6 м^2. Многие годы шурфы служили основным техническим средством при разведке россыпей и других приповерхностных месторождений. Неглубокие шурфы круглого сечения называются *дудками.* Шурфы, проходимые в неустойчивых и рыхлых породах, крепят, а глубиной более 10 м вентилируют.

Механизированная проходка шурфов осуществляется с использованием специализированных технических средств, предназначенных только для бурения (КШК-30А, УБСР-25), или комбинированных, используемых для проходки шурфов и скважин (ЛБУ-50, КБУ-15, УКС-22М).

Подземные горные выработки по целевому назначению подразделяются на подходные (вскрывающие) и собственно разведочные (Шевелев, 2004). К подходным относятся шахты, подходные штольни и квершлаги; к основным – штреки, орты, рассечки и восстающие.

Стволы *разведочных шахт* используются как вскрывающие выработки при разведке месторождений. Сечение разведочных стволов колеблется от 6 до 12 м^2, а глубина – до нескольких сотен метров. *Разведочные штольни* служат горизонтальными вскрывающими выработками при разведке месторождений, залегающих в условиях пересеченного рельефа. Поперечное сечение штолен колеблется в пределах от 6 до 9 м^2. *Квершлаг* также является горизонтальной вскрывающей подземной выработкой и проходится из ствола шахты. Разведочным квершлаг является только в той части, где выработка пересекает залежь полезного ископаемого. *Разведочные штреки* представляют горизонтальные горные выработки, пройденные по простиранию залежей. Их целью является прослеживание по простиранию строения рудных тел, сплошности оруденения. Штрек может быть пройден по полезному ископаемому (*рудный штрек*) или по вмещающим породам (*полевой штрек*). Если тела полезных ископаемых обладают значительной мощностью, то от полевого или рудного штрека через определенные интервалы проходят *орты* (рассечки) или *скважины* с выходом во вмещающие породы для вскрытия продуктивных зон на полную мощность. Эти выработки выполняют роль разведочных пересечений. *Разведочные гезенки* проходят из

квершлагов вверх или вниз, пересекая пологопадающие тела полезного ископаемого по их мощности. *Разведочные восстающие* проходят из штреков по восстанию залежей полезного ископаемого. Проходят восстающие с целью прослеживания залежей полезного ископаемого между основными горизонтами горных работ. При этом появляется возможность изучения сплошности оруденения по восстанию, изменчивости мощности и качества минерального сырья по вертикали.

Площади поперечного сечения в проходке квершлагов и штреков колеблется в пределах 3,6-5,8 м^2, ортов – 2,7-3,6 м^2, восстающих и гезенков – до 4 м^2.

При проходке разведочных выработок используются разнообразные технические средства, осуществляющие буровзрывные, погрузочные, откаточные, подъемные и иные виды работ.

Применение горных работ в качестве технического средства рекомендуется осуществлять с учетом следующих требований (Петруха, 2003):

- при заложении дорогостоящих горных выработок необходимо учитывать геологические особенности объекта (условия залегания, размеры, форма залежей), полученные во многих случаях путем разведочного бурения;
- преобладающая часть горных выработок должна приходиться на вскрытое полезное ископаемое с целью его изучения и опробования;
- горные выработки следует проходить с учетом их дальнейшего использования при эксплуатации месторождения; например: использования разведочных шахт в ранге вентиляционных.

Горные выработки позволяют детально изучить изменчивость параметров оцениваемых объектов (по форме, качеству сырья, сплошности оруденения и т. д.), учет которых крайне необходим при разведке месторождений 3-й и 4-й групп по сложности геологического строения. Примеры размещения горных выработок при вскрытии и разведке тел полезных ископаемых отражены на рисунках, приведенных в учебных пособиях (Петруха, 2003; Шевелев, 2004).

Б. *Буровые разведочные скважины* – наиболее широко применяемые технические средства разведки. Для большинства полезных ископаемых они являются главным и даже единственным техническим средством. Следует учитывать, что скважины дают менее полные сведения об оцениваемом полезном ископаемом, но буровые работы нашли широкое применение благодаря мобильности, скорости проходки скважин, относительной легкости оборудования, меньшим расходом средств на метр проходки (Шевелев, 2004). При всех очевидных преимуществах буровые скважины имеют и недостатки: они вскрывают небольшие участки недр; дают менее точные сведения о составе и строении полезного ископаемого по сравнению с горными выработками; повторное контрольное опробование и отбор проб разного назначения ограничен из-за малого количества получаемого каменного материала; при бурении скважин наблюдается их искривление, что усложняет геометризацию разведанных объемов недр; при бурении по рудоносным интервалам возникают осложнения и отмечается недостаточный выход каменного материала с ненарушенной структурой. Но буровые скважины незаменимы при разведке глубоко

залегающих месторождений. Месторождения 1-ой и 2-ой групп по сложности геологического строения в основном разведуются только бурением.

При разведке месторождений твердых полезных ископаемых скважины бурятся с поверхности и из подземных горных выработок. Для поверхностного бурения используются неглубокие ударно-вращательные, вибрационные скважины и более глубокие ударно-канатные, пневмоударные и гидроударные. При оценке глубоких горизонтов задействуют бурение колонковых скважин и бескерновых скважин вращательного бурения. Из подземных горных выработок бурятся колонковые, шарошечные и перфораторные скважины.

Приповерхностные скважины глубиной до нескольких десятков метров используются для геологического изучения рудовмещающих структур, прослеживания, опробования и оконтуривания приповерхностных участков месторождений (Шевелев, 2004). Возможно использование разного типа буровых установок: УПБ-25 и УБР-2, БУУ-2, УКБ 12/25, БУ-20-2УШ и др.

Колонковое бурение глубиной от десятков метров до 150-200 м осуществляется агрегатами, смонтированными на автомашинах (УКБ-2, БСК, КГК-100 и др.). Более глубокие скважины бурятся агрегатами УКБ-3, УКБ-4, УКБ-5 и станками ЗИФ-650, СБА-500, СБА-800, ЗИФ-1200 и др. В последнее время в практике геологоразведочных работ нашли применение станки, разработанные зарубежными фирмами. Наиболее широко применяются буровые установки компаний Boart Longyear, Atlas Copco, Sandvik, SCHRAMM и их аналогов, произведенных, как правило, в КНР. Известные в нашей стране установки алмазного бурения серии Boart Longyear включают станки LM30, LM45, LM55, LM75. Размещенные на них манипуляторы позволяют ориентировать направление бурения скважины в любую заданную сторону.

Создание новой техники направленного бурения позволило проводить разведку по более рациональным схемам при проходке многоствольных скважин и за счет этого – многократного увеличения массы опробуемого рудного материала (без бурения дополнительных скважин). При этом дополнительные стволы могут располагаться как в одной вертикальной плоскости, искривления в одну сторону, так и задаваться в разных азимутальных направлениях (рис. 5).

Скважины подземного бурения могут являться частью разведочной системы или решать частные задачи, возникающие при геологическом изучении месторождения (прослеживание локальных рудоконтролирующих структур, апофиз, поисков смещенных частей рудных тел и т. д.). Бурение колонковых горизонтальных, наклонных и вертикальный скважин до 100 м осуществляется станками БСК-2М-100, а бескерновое – станками НКР-100. Неглубокие подземные скважины могут буриться с помощью колонковых или телескопных перфораторов без отбора керна глубиной 15-20 м.

В. *Геофизические исследования* играют большую роль в изучении земных недр, в том числе, на стадии разведки месторождений. Несмотря на то, что непосредственной геологической информации эти исследования не дают, геофизика как метод во многих случаях позволяет сократить количество необходимых разведочных пересечений, получить дополнительную ценную информацию. При обосновании и своевременном проведении

комплекса геофизических исследований появляется возможность пересмотра рекомендуемых методик и технических средств разведки. Последние могут меняться в зависимости от конкретной геологической обстановки и разрешающей способности геофизических средств разведки (Шевелев, 2003).

Как основные технические средства, геофизические методы могут применяться для исследования недр в промежутке между разведочными сечениями и при задействовании операций геофизического опробования.

Комплекс геофизических методов для решения основных задач разведки выбирается на основе учета совокупности факторов, определяющих возможную эффективность раздельного и совместного их применения. К таким факторам относятся (Комплексная …, 1990):

- степень дифференциации пород и руд по физическим свойствам, определяющая возможность использования данных каротажа для петрографической характеристики объектов;
- размеры, форма, элементы залегания, число рудных тел, текстурно-структурные особенности руд и их вещественный состав;
- присутствие в разрезе пород, близких по физическим свойствам к рудным образованиям;
- методика ведения горных и буровых работ, техническое состояние скважин.

При обосновании методики разведочных работ в рациональный комплекс необходимо включать минимальное и достаточное число геофизических методов, обеспечивающих получение достоверной информации с наименьшими затратами труда и времени. При задействовании нескольких методов следует предусмотреть последовательную их реализацию, скорректированную в зависимости от результатов каждого предыдущего метода.

Представления о возможностях геофизических методах формируются на основе *физико-геологической модели* (ФГМ) *объекта.* ФГМ включает геологическую модель, сведения о физических свойствах структурных элементов геологической модели, ожидаемые геофизические поля и аномалии на площади или по отдельным профилям (Сапожников, 2012).

В комплекс *наземных геофизических работ* при разведке месторождений входит широкий перечень методов: электроразведки, магниторазведки, радиометрии и др. Геофизические съемки в масштабе 1:2000-1:1000 позволяют более надежно оконтурить площади развития рудной минерализации, поля измененных околорудных пород, проследить выходы рудных тел, установить элементы их залегания, определить мощность рыхлых отложений и границу коры выветривания. Рассмотрим лишь ведущие из перечисленных методов.

Электроразведка включает группу методов, основанных на изучении естественных или искусственно возбужденных в земной коре электромагнитных полей. Электромагнитное поле зависит от свойств горных пород (удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости, поляризуемости, электрохимической активности). Это позволяет по изменению параметров поля изучать геологическое строение

площади и выявлять залежи полезных ископаемых. Используются следующие основные группы методов.

Электропрофилирование (ЭП) является одним из самых распространенных методов электроразведки и применяется для изучения крутопадающих слоистых толщ при некоторой постоянной глубинности изучения разреза по профилю (Сапожников, 2012). Геологическими предпосылками для применения метода является присутствие в рудах сульфидов, минералов железа и других, обусловливающих их низкое электросопротивление по сравнению с вмещающими породами. Распространенным является вариант ЭП, получивший название срединный градиент (СГ). В этом варианте токовые электроды разносятся на большое расстояние (1-3 км) и остаются неподвижными в процессе измерения удельного электрического сопротивления ρ_k при перемещении приемной установки *MN* постоянного тока и постоянного размера между электродами *AB*. В горизонтальной однородной среде градиент электрического поля ($\Delta U/MN$) практически постоянен и на его фоне заметны проявления неоднородности разреза в виде локальных тел, крутопадающих пластов с аномальными электрическими свойствами (например, зон окварцевания).

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) – метод электроразведки, применяемый для изучения изменения удельного сопротивления по глубине для некоторой вертикальной трассы. Основан метод на постепенном увеличении размеров установки *AB* с общей центральной точкой (точкой зондирования), при котором увеличивается глубина проникновения тока и, соответственно, глубинность исследований. Метод ВЭЗ используется для изучения пространственного положения, морфологии и элементов залегания рудных тел в вертикальном разрезе. Широко задействуют его при геоморфологических исследованиях, для определения позиции и состава кор выветривания, мощности и строения рыхлого покрова, при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях.

Метод вызванной поляризации (ВП) основан на изучении электрохимических процессов, возникающих на границе пород с ионной проводимостью (электронных проводников) и окружающей их жидкостью (электролитом) под воздействием пропускаемого тока. После выключения тока некоторое время в цепи возникает вторичная ЭДС – гальванический источник тока, создающий нестандартное поле вторичной поляризуемости. Метод ВП широко используется при разведке месторождений сульфидных, магнетитовых, редкометалльных и иных руд, при оценке ореолов с рассеянной рудной минерализацией.

Метод естественного поля (ЕП) основан на изучении естественных электрических полей, обусловленных разными электрохимическими процессами, самопроизвольно протекающими в земной коре. Метод эффективен при разведке рудных тел близповерхностного залегания, являющихся электронными проводниками. Используется при разведке сульфидных, магнетитовых, марганцевых и графитовых месторождений.

Метод переходных процессов (МПП) основан на изучении низкочастотного электромагнитного поля. В МПП изучается неустановившееся поле вихревых токов,

возникающих в породах и рудах при ступенеобразном изменении тока в контуре, который может быть расположен как на наземной поверхности, так и в воздухе (Горбунова, 1982).

Магниторазведка основана на изучении пространственных изменений геомагнитного поля, возникающих вследствие неодинаковой намагниченности горных пород и руд. Магнитное поле измеряют с помощью магнитометров, предназначенных для измерения полного вектора напряженности Т и его вертикальной составляющей. Обычно выполняют относительные измерения, находя приращения значений поля между двумя пунктами наблюдений. Интерпретация магнитных аномалий начинается с анализа карт изолиний магнитного поля, по которым судят о морфологии, размерах и природе возмущающих объектов (Сапожников, 2012). Количественную интерпретацию аномалий осуществляют, используя графики по профилям, проходящим крест простирания геологических объектов. Магнитные съемки с высокой детальностью и точностью 1-2 нТл включаются в разведочный комплекс для решения широкого круга вопросов. В том числе: расчленения пород по литологическому составу; выявления локальных структурных элементов (даек, жил, жерловых построек и т. д.); обоснования зональности размещения разных типов метасоматических пород; выявления магнитных руд черных металлов и слабомагнитных – цветных, благородных, редкометалльных; изучения рудных тел в морфоструктурах месторождения; изучения инженерно-геологических условий и т. д.

Гравитационная разведка основана на изучении пространственного распределения плотности в земной коре с помощью измерения силы тяжести σ (в г/см^3). При интерпретации полей силы тяжести используется характеристика избыточной плотности $\Delta\sigma$, представляющая разность плотностей отдельного геологического тела $\sigma_т$ и вмещающих пород $\sigma_{вм}$. Она может быть положительной или отрицательной. Единицей измерения силы тяжести является Галл (см/с^2). Но обычно пользуются более мелкой единицей – миллигалом (1 мГал =10^{-3} Гала). В разведочной геофизике относительные измерения гравитационного поля g выполняются с помощью гравиметров. Прибор позволяет измерять приращение g от точки к точке, т. е. Δg. На этой основе вычисляются аномальные поля Δg, по которым судят о неоднородностях по плотности в земной коре.

Гравиразведка применяется при структурно-геологическом изучении земной коры, разведке разных полезных ископаемых. Наиболее эффективно гравиметровой съемкой выявляются залежи железорудных и хромитовых месторождений, интенсивность аномалий силы тяжести над которыми может достигать 0,4-0,5 мГал. При увеличении детальности съемки возможно обнаружение рудных тел сульфидных месторождений размером 0,1-0,2 км^2, с интенсивностью аномалий 0,2-0,5 мГал (Шевелев, 2004).

Радиометрические методы основаны на изучении радиоактивности руд и горных пород с целью решения поисково-картировочных и разведочных задач, опробования. Наибольшее применение получила *гамма-съемка*, дающая положительные результаты для обнаружения радиоактивных руд и расчленения горных пород. Съемка проводится в аэро-, пешеходном, автомобильном вариантах. Радиоактивность выражается через мощность дозы излучения за единицу времени в А/кг (в системе СИ) или в микрорентгенах в час (1 мкР/час=10^{-12} А/кг). Изменения выполняют с использованием спектрометрической

аппаратуры, позволяющей выделять урановую и калиевую составляющую радиоактивного поля.

Повышенной радиоактивностью обладают породы, в которых в рассеянном состоянии находятся элементы урана, тория. Также повышенная радиоактивность свойственна породам, содержащим изотоп Калий-40. Он присутствует в кварц-серицитовых сланцах, нередко несущих золоторудную минерализацию, полевошпатовых породах, калийных солях.

Геофизические исследования скважин (ГИС) – это отрасль разведочной геофизики, отличающаяся от других методов только по методике исследований. Основные положения теории физических полей, измеряемых в скважинах, остаются теми же, что и в полевой геофизике (Сковородников, 2009, 2016). Роль и значение ГИС постоянно возрастает. В перспективе ГИС открывает путь к бескерновому изучению скважин. В настоящее время в скважинах регистрируется большое количество разных параметров (около 40). При этом стоимость ГИС составляет незначительную часть от общей стоимости сооружения и оборудования скважины.

В ГИС выделяют три больших раздела: каротаж, операции в скважинах и скважинную геофизику.

Каротаж – это геофизические методы изучения геологического строения разрезов скважин. В каротаже исследуются очень небольшие объемы горных пород, прилегающие к стенкам скважины. Отличительная особенность каротажа – высокая детальность и точность исследований. Результаты фиксируются в виде непрерывных диаграмм по стволу скважины или в виде числовых значений с шагом порядка 10-20 см. Каротаж позволяет выполнять литологическое расчленение разрезов скважин, выделять в них интервалы полезного ископаемого, определять физические свойства горных пород и полезных ископаемых in situ. Именно на основании данных каротажа производится интерпретация полевых геофизических методов: электроразведки – по данным об удельном электрическом сопротивлении (УЭС) пород; магниторазведки – по значениям магнитной восприимчивости пород: гравиразведки – по их плотности. Каротаж дает сведения, необходимые для подсчета запасов месторождения – данные о мощности залежей, содержанию полезного компонента и т. д. Изучение скважин подразделяется по природе изучаемых полей на методы электрического, радиоактивного каротажа и прочие методы (Сковородников, 2009, 2016).

Методы электрического каротажа включают:

а) Группу методов кажущегося сопротивления (КС). В эту группу входят: метод КС – наиболее распространенный; резистометрия – метод определения удельного сопротивления жидкости; метод БКЗ (боковых каротажных зондирований) – скважинный аналог метода ВЭЗ; БК – боковой каротаж и др.

б) Методы токового каротажа: метод скользящих контактов (МСК) – при исследовании рудных скважин; метод бокового токового каротажа (БТК) – для исследования углеразведочных скважин.

в) Группа электромагнитных методов: ИК – индукционный каротаж, использующий поля низких частот; ВМП – высокочастотный волновой метод проводимости и др.

г) Группа методов электрохимической активности: ПС – метод потенциалов самопроизвольной поляризации (аналог метода естественного поля); метод электродных потенциалов (МЭП). Методы ПС и ПК стали применяться совместно, получив название стандартного электрического каротажа.

Методы радиоактивного каротажа (РК) включают: ГК – гамма каротаж – регистрация естественного гамма-излучения горных пород; ГГК – гамма-гамма каротаж, имеющий две разновидности – плотностной (ПГГК) и селективный (СГГК); РРК – рентгенорадиометрический каротаж; НГК – нейтронный гамма-каротаж и другие методы.

Скважинная геофизика – это геофизические методы изучения геологического строения межскважинного, околоскважинного и призабойного пространства. В отличие от каротажа, скважинная геофизика отличается большими объемами исследуемых горных пород. Это позволяет увеличить действующую зону влияния скважин, пройденных по разряженной сети, обеспечить получение дополнительной геологической информации о межскважинном пространстве.

Методы скважинной и полевой геофизики подразделяются по природе исследуемых физических полей. Широкое использование в практике разведочных работ получили методы скважинной разведки. Выделены методы, основанные на использовании тока разной природы.

На постоянном токе: метод ЕП-С (естественного поля, скважинный вариант), МЗТ – метод заряженного тела, МЭК – метод электрической корреляции разрезов, ЧИМ – метод частичного извлечения металла.

На переменном токе: метод радиоволнового просвечивания, ДЭМПС – дипольного электромагнитного профилирования скважин, ННП-С – наземной незаземленной петли, скважинный вариант.

На импульсном токе: СП-С – метод вызванной поляризации, скважинный вариант; МПП-С – метод переходных процессов, скважинный вариант.

Задачи геофизических исследований в *горных выработках* во многом близки к тем, что уже были сформулированы выше. В том числе: корреляция рудных подсечений; оконтуривание и оценка размеров рудных тел; поиски пропущенных при разведке рудных тел в межвыработанном, межскважинном и околоскважинном пространстве; оценка положения выработок относительно рудных тел; внедрение в практику геофизического опробования.

Геофизическое опробование дополняет геологическое и во многих случаях его заменяет. Оно осуществляется в скважинах и шурфах, на стенках горных выработок. Также опробуется отбитая рудная масса в вагонетках и на транспортерах. Особенности геометрии среды измерений и условий их проведения отражаются в специфичности аппаратуры, в конструкции датчиков.

При измерении в горных выработках основными методами электроразведки являются (Рудничная…, 1986): метод ПС, электропрофилирование, метод электрической корреляции (МЭК), методы грави- и магниторазведки. С их помощью решаются горнотехнические задачи: определяется плотность горных пород и руд, выявляются подземные полости и зоны обрушения, форма карстовых полостей, коэффициенты

фильтрации подземных вод и другие вопросы геологического обеспечения добычных работ.

СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Метод локальных геологических наблюдений реализуется в разведке посредством *разведочной сети* (РС). Разведочная сеть – это методическое обоснование разведки месторождений полезных ископаемых. Она непосредственно влияет на получаемую разведочную информацию об оцениваемом объекте. От влияния собранной при разведке информации позднее невозможно избавиться никакой последующей обработкой данных (включая математическое и иное моделирование). Обоснование рациональной РС, отвечающей геологическим особенностям оцениваемого объекта, является кардинальным вопросом разведки месторождений.

Обоснование РС опирается на ряд понятий.

Любая разведочная выработка, пересекающая природное скопление полезного ископаемого, представляет искусственное обнажение и в случае выполнения определенных условий может рассматриваться как *единичное разведочное пересечение.* Совокупность разведочных пересечений, расположенных в одной плоскости, образует *разведочное сечение*, а совокупность разведочных сечений в пространстве – *разведочную систему.* Таким образом, *под разведочной системой понимается совокупность разведочных сечений (разрезов), определенным образом ориентированных в пространстве по отношению к рудному телу, позволяющих решать стоящие перед разведкой задачи* (Каждан, 1977; Рудничная…, 1986; Шевелев, 2004). Прослеживание объектов разведки в заданном направлении осуществляется с помощью разведочных пересечений, в заданной плоскости – с помощью разведочных сечений (разрезов), в заданном объеме – с помощью разведочных систем.

Разведочное пересечение должно удовлетворять ряду требований. Главные из них (Шевелев, 2004):

а) должно быть ориентировано в направлении близком к направлению максимальной изменчивости важнейших свойств полезных ископаемых в недрах (чаще – по линии мощности);

б) вскрывать залежи полезных ископаемых на полную мощность с выходом во вмещающие породы.

Разведочное пересечение может быть выполнено с применением разных технических средств: скважин, шурфов, подземных горных выработок и др. Их выбор зависит от задач разведки, природных особенностей объекта, технико-экономических соображений. Чем сложнее строение полезного ископаемого, тем в большей степени должно быть вскрыто тело оцениваемой залежи. Оптимальным при этом является использование разведочных горных выработок.

Разведочное пересечение должно быть сплошным, что обеспечивает полную информацию по изучаемому направлению. Вычисленные по нему средние значения свойств наиболее близки к действительным. Они расходятся только на величину технических погрешностей экспериментальных наблюдений.

Разведочные сечения (разрезы) могут быть поперечными, продольными или косыми по отношению к телам полезных ископаемых, а также горизонтальными или вертикальными. Разведочные пересечения в пределах разрезов могут располагаться параллельно под разными углами или пересекая друг друга. Если сведения о строении и свойствах полезного ископаемого накапливаются по линиям на основе данных разведочных пересечений, то площади (объемы) между смежными разведочными разрезами остаются неосвещенными. Чтобы иметь сведения о свойствах полезного ископаемого в пределах этих площадей, необходимо располагать характеристикой изменчивости залежи и геологической информацией, которая может быть получена только по принципу аналогии.

Несколько иной смысл вкладывал в понятие разведочной системы основоположник учения о поисках и разведке МПИ В. М. Крейтер (1961). В основе предложенной им систематики предлагалось брать необходимый комплекс технических средств разведки. Под системой разведки он понимал «такое пространственное размещение разведочных средств, которое дает возможность построить намеченные разрезы и произвести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезного ископаемого». Все разведочные системы В. М. Крейтер объединил в три группы, взяв за основу технические средства разведки: группы буровых, горных и горно-буровых систем. Позднее в развитие представлений о разведочных системах уже иными авторами были положены такие базовые понятия как характер изменчивости свойств полезных ископаемых, особенность анизотропии в строении залежей, возможности их изучения на основе комплекса технических средств. Так, А. Б. Каждан (1984) предложил классификацию разведочных систем, разделив их на три класса: системы вертикальных, горизонтальных и продольных разрезов, а также входящих в них ряда групп и видов (табл.).

РАЗВЕДОЧНАЯ СЕТЬ, ЕЁ ТИПЫ, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

Типы разведочных сетей

Обоснованность запланированной в проекте разведочной системы раскрывает выбранная разведочная сеть. Под *разведочной сетью* (РЗС) следует понимать взаиморасположение в объекте разведки локальных наблюдений и измерений разведочных параметров (Шевелев, 2004). Практика показала, что при одной и той же разведочной системе могут быть реализованы разные РЗС и, наоборот, разными разведочными системами могут быть созданы одинаковые разведочные сети.

Разведочную сеть характеризуют ряд показателей.

Анизотропия РЗС – это различие в размещении наблюдений и замеров по разным направлениям пространства. Анизотропия проявляется в форме и ориентировке ее ячеек. Если форма ячеек изометричная (квадратная, треугольная), то сеть изотропна. Если ячейка сети обладает удлиненной формой (прямоугольной, ромбической) с одинаковой ориентировкой, то сеть анизотропна.

Геометрия сети может быть разной. Выделяют правильные, неправильные и линейные сети.

Правильные сети – расположение разведочных пересечений подчиняется строгому геометрическому порядку (квадратная, прямоугольная, ромбическая).

Неправильные сети – отсутствует общая геометрическая упорядоченность в расположении разведочных пересечений.

В *линейных сетях* – разведочные пересечения располагаются в плоскости разведочных сечений и образуют отдельные линии на плоскости проекции; они могут быть параллельными или пересекающимися.

РЗС формирует представление об объекте разведки, соответствие которого в действительности можно проверить только в процессе отработки месторождения. Поэтому следует стремиться к обоснованию и реализации на практике «оптимальной» разведочной сети. По мнению В. В. Шевелева (2004) для этого необходимо выполнение ряда условий.

Первое: при ограниченных ассигнованиях на разведку оптимальная РЗС должна быть обеспечена лимитированным количеством разведочных пересечений, позволяющим выполнить разведку с наибольшей точностью и детальностью.

Второе (дополняющее первое): требования по точности и детальности разведки (категоризации запасов) следует реализовать наименьшим количеством разведочных пересечений.

Третье: у разведочной сети должна быть «оптимальная геометрия», отвечающая структурно-морфологическим особенностям объекта.

На примере четырех ведущих морфологических типов полезных ископаемых ниже рассмотрены условия выбора разведочных сетей (Волков, 2006).

1. Горизонтальные пластовые, пластообразные и линзообразные залежи, имеющие в плане изометричную или близкую к ней форму. Элементы анизотропии свойств не выражены. К этой группе следует отнести месторождения осадочного генезиса и кор выветривания: часть месторождений железных руд, марганца, никеля, бокситов, углей, фосфоритов. Если залежь должна быть изучена с одинаковой точностью по всей площади, то для достижения этой цели наиболее эффективна *квадратная сеть* разведочных пересечений (рис. 20). Она дает возможность получить серии взаимно пересекающихся разрезов. Подобная сеть позволяет на отдельных участках более сложного строения дальнейшее развитие РЗС путем проходки детализационных профилей (рис. 21).

При разведке рассматриваемого типа залежей возможны и другие варианты сетей, отвечающих тем же условиям равномерности расположения точек наблюдений. К ним можно отнести *треугольную сеть,* позволяющую построить равноточные разрезы по трем направлениям. При одинаковом расстоянии между точками пересечения у треугольной сети есть преимущество – расстояние до центра ячейки оказывается меньшим (рис. 22). Но треугольная сеть в практике разведок почти не используется (возможности ее дальнейшего развития отсутствуют).

2. Горизонтальные пластовые и пластообразные залежи, обладающие заметно выраженной в плане протяженностью в одном направлении – более распространенный в природе класс залежей по сравнению с предыдущим, шире охватывающий те же типы осадочных и экзогенных месторождений. Наличие у тел длины и ширины определяет анизотропию их строения. Поперек вытянутости залежей изменчивость выше, вдоль тел – меньше. Условию получения равномерной изученности залежей в данном случае наиболее соответствует *прямоугольная сеть,* стороны которой ориентированы по направлению

длины и ширины тела. Короткая сторона ячейки располагается по ширине, а длинная – вдоль вытянутости объекта (рис. 23). Прямоугольная сеть обладает возможностями ее развития – сгущение на отдельных участках, проходка детализационных профилей.

Примером рассматриваемой группы залежей служат сильно вытянутые извилистые в плане тела лентообразной формы с резко выраженной анизотропией свойств (рис. 24). Геометрически правильная прямоугольная сеть при этом нарушается, и она становится близкой к сети следующего типа.

3. Наклонные залежи с отчетливо выраженными элементами залегания являются наиболее распространенным типом объектов разведки. Их морфология соответствует пластам, пластообразным залежам. Залежи такого типа обладают анизотропией морфологии, условий залегания и внутреннего строения. Разведочная сеть подчинена этим признакам. Применяется система параллельных вертикальных сечений (при выдержанном простирании) или непараллельных (при изменчивом простирании), располагающихся на одинаковом расстоянии друг от друга (рис. 25). Способы развития сети точек наблюдений близки к описанным выше. Например, детализация имеющихся профилей, проходка промежуточных линий и выработок.

4. Для крутопадающих залежей, имеющих облик штоков, характерны сложные виды анизотропии (состава, свойств). В этом случае используется комбинированный способ разведки с применением горных выработок и буровых скважин. В одном из вариантов разведки крутопадающее рудное тело рассекается горными выработками по нескольким горизонтальным сечениям. В каждом сечении проходятся поперечные горные выработки и горизонтальные скважины с целью оконтуривания и изучения залежи (рис. 26).

В учебном пособии (Рудничная…, 1986) приведена более лаконичная систематика разведочных сетей. Выделены две системы разведки – по сетке и параллельным сечениям.

В системе разведки по сетке задействованы правильные разведочные сети – квадратная, прямоугольная, ромбическая. Эти РС применяются для крупных по размерам, простых по морфологии и внутреннему строению рудных тел, залегающих горизонтально или слабо наклонно – пластов, пластообразных тел, штокверков, плащеобразных залежей (рис. 27).

В системе разведки по параллельным сечениям следует выделять: а) горизонтальные сечения для крутопадающих тел сложной формы и строения (трубообразных, линейных оруденелых зон); б) вертикальные сечения для любых по форме тел с переменными углами падения, сложным внутренним строением и глубокозалегающим. Иногда системы горизонтальных и вертикальных сечений могут применяться на одной и той же залежи. Здесь верхняя часть разведуется горизонтальными сечениями (горными выработками в комбинации с подземными скважинами), а глубокие горизонты – скважинами с поверхности и подземным бурением, создающими вертикальные сечения.

Принципиальная схема разведки рудных тел линзообразной формы с использованием горноразведочных работ и буровых скважин отражена на рисунке 28.

Плотность разведочной сети, её обоснование

Обсуждение вопроса о плотности разведочной сети имеет высокую актуальность. С одной стороны, этот вопрос касается детальности изучения объекта, а с другой – связан с

затратами средств и времени. Выбор плотности сети ориентируется на изучение *наиболее изменчивых параметров залежей.* В одних случаях для надежной оценки объема и условий залегания полезных ископаемых используются характеристики изменчивости формы залежей; в других – для оценки качества минерального сырья результаты исследования изменчивости линейных запасов или содержаний.

Разведочная сеть создается в плоскости залежей. Плотность (густота) разведочной сети определяется площадью, приходящей на одно разведочное пересечение. Плотность разведочной сети (R) есть безразмерный показатель – отношение объёма залежи (Q) к объему разведочной ячейки (q), т. е. $R=Q/q$. Однако в практике разведки практически всегда используют параметры, характеризующие расстояние между разведочными пересечениями, как в плоскости разведочных сечений, так и между ними.

Плотность разведочной сети зависит от размеров скоплений полезных ископаемых, сложности их геологического строения, целей разведочных работ, размеров оцениваемых (подсчетных) блоков. Чем гуще РЗС, чем меньше размер ее ячейки, тем большей разрешающей способностью она обладает и тем более глубокий уровень в строении оцениваемых объектов она вскрывает. По мере сгущения РЗС у наблюдаемой изменчивости разведочных параметров меняется соотношение между ее случайной и закономерной составляющими в сторону увеличения последней. Суммарная изменчивость остается постоянной, что выражается в постоянстве величины ее дисперсии при разной густоте РЗС (Шевелев, 2004).

Мерой, определяющей степень сгущения разведочной сети, служит выявляемая доля координированной изменчивости свойств залежей полезных ископаемых. Только при ее наличии правомерна геометризация параметров залежей. Составляющая неслучайной (координированной) изменчивости может быть выявлена и оценена горно-геометрическими и математическими методами.

В практике геологоразведочных работ при оптимизации РЗС задействуют следующие методы (способы):

- аналогии;
- разрежения (сгущения) разведочной сети;
- сравнения данных разведки с данными эксплуатации;
- геометро-статистический;
- совокупность математических методов

и ряд других способов.

Способ аналогии применяется в соответствии с принципом аналогии. Первоначально разведочная сеть принимается по аналогии с другими близкими по геологическому строению объектами. Месторождения должны относиться к одному геолого-промышленному типу. В данном случае задействуется *межобъектная аналогия.* Наибольшее значение способ приобретает на стадии оценочных работ в связи с недостатком сведений о геологическом строении оцениваемого объекта.

Способ базируется на отнесении разведуемого объекта к определенной группе сложности строения и выборе плотности РЗС на основе обобщения данных разведки многочисленных месторождений, приведенных в «Методических указаниях по

применению классификации запасов…», МПР РФ, 2007. Накопленный опыт указывает на определенную условность отнесения объектов к той или иной группе. Индивидуальность объектов является основной причиной ошибок при использовании метода. Чем необычней по строению, составу оцениваемые недра, тем ниже оказывается возможность использования способа аналогии.

В пределах месторождения возможно применение *внутриобъектной аналогии* – использование апробированных разведочных сетей на участках выборочной детализации или в пределах отработанных частей залежей. Способ аналогии является наиболее используемым. Однако в рекомендациях ГКЗ подчеркивается, что он является приближенным и обязательно требует заверки соответствующими экспериментами и расчетами.

Способ разрежения относится к категории экспериментальных. Основан на предположении, что достигнутая на объекте густота сети наблюдений заведомо обеспечивает требуемую точность результатов, что чаще не является бесспорным. Способ сводится к последовательному разрежению исходной разведочной сети в 2, 3, 4 и т. д. раз. По разреженной РС определяются средние параметры разведочного участка, сосредоточенные в них запасы, строятся геологические разрезы. Затем производится их сравнение с «истинными» характеристиками, полученными на основе всех разведочных данных по исходной сети. Обнаруживающиеся различия рассматриваются как погрешности, к которым приводит конкретное разрежение сети. Задавая допустимый уровень погрешности, можно установить минимальную густоту сети, при которой во всех вариантах пространственного расположения точек наблюдений погрешности оценки параметра не превысят допустимого значения. Изменение наблюдаемого облика залежи полезного ископаемого при последовательном разрежении сети точек наблюдений отражено на рисунке 29. В тоже время следует отметить, что способ разрежения, как метод сравнения, следует применять в качестве общетеоретического исследования, а не оперативного средства для оценки сети разведуемого объекта (Шевелев, 2004).

Способ сгущения разведочной сети – экспериментальный способ, имеющий конкретную прикладную направленность. Он применяется в тех случаях, когда имеющаяся сеть точек наблюдений признана недостаточно густой или необходим контроль правильности представлений о геологической модели объекта. При последовательном сгущении сети следует постоянно анализировать изменение представлений о морфологии рудных тел, условиях их залегания и иных геологоразведочных параметров. Одним из показателей достаточности РЗС является однозначная увязка геологических элементов и рудных тел на планах и разрезах.

Следует учитывать, что при каждом сгущении сети имеется только один вариант пространственного положения начального пункта сети. Для этого варианта определяется среднее значение исследуемого параметра и вероятная погрешность его оценки. Достаточной признается такая густота сети, которая обеспечивает погрешности ниже допустимой, а увязка данных по соседним разведочным выработкам становится однозначной.

Способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации заключается в сравнении разведочной модели недр с наиболее достоверной, основанной на наиболее детальном изучении недр в процессе эксплуатационных работ. Различие, которое при этом фиксируется, рассматривается как показатель, оценивающий правильность и точность разведки (Комплексная ГЭО…, 1990; Сборник нормативно-методических документов…, 1998, Шевелев, 2004). Данные разведки и отработки сопоставляются в контурах запасов, ранее прошедших экспертизу в ГКЗ РФ, с учетом отработки запасов за пределами этих контуров

Сравнению подлежат запасы полезного ископаемого и их компонентов, все подсчетные параметры (мощность тел полезных ископаемых, содержание полезных и вредных компонентов, объемная масса, площадь тела полезного ископаемого, коэффициент рудоносности и т. д.).

При сопоставлении должны анализироваться не только параметры и общие цифры запасов, но и выявленные изменения в представлениях об особенностях геологического строения месторождения; анализируется их влияние на количество и качество запасов полезного ископаемого. Должны вскрываться причины расхождений сопоставляемых данных разведки и отработки. Должна быть доказана достоверность данных эксплуатационной разведки, эксплуатационного опробования очистных выработок, геолого-маркшейдерского и фабричного учета, достоверность учета потерь и разубоживания (рис. 2, 30, 31).

Необходимо отметить, что результаты эксплуатации месторождения нельзя рассматривать как безошибочные. При разработке месторождения не всегда полностью учитываются потери и разубоживание минерального сырья, а это искажает представление о морфологии и качестве тел полезных ископаемых. Подготовительные и очистные работы часто не проводятся в тектонически сложных зонах, на участках размыва залежей, их расщепления или выклинивания, что снижает достоверность собранных сведений. Поэтому на практике применение способа чаще ведется путем сравнения не с данными добычи, а с результатами эксплуатационного опробования.

В результате сопоставления данных разведки и разработки даются рекомендации, направленные на повышение достоверности исходных разведочных данных, методики разведки, оконтуривания и подсчета запасов.

Геометро-статистический способ имеет достаточно надежный и относительно простой математический аппарат, широкий диапазон применения. Возможности использования метода для решения комплекса горно-геологических задач рассмотрены ранее (см. раздел 11.3). Здесь приведена методика решения лишь одной задачи – определения рациональной плотности разведочной сети.

Для решения прикладных геологоразведочных задач обычно используют данные эксплуатационной разведки. Подбор данных проводится на профилях, ориентированных по простиранию и падению рудных тел. Размеры между точками наблюдений соответствуют расстояниям между точками отбора проб в горных выработках или скважинах. Длина профилей соответствует параметрам рудных тел по исследуемым направлениям. Обработка материалов заключается в построении одномерных графиков изменчивости геологических

параметров в системе координат: содержание полезного компонента (мощность залежи) – расстояние. Затем проводится выравнивание (сглаживание) исходных данных, оценка уровненного строения, частотных и амплитудных характеристик изучаемых полей (геохимических, морфометрических).

Для обоснования плотности и геометрии разведочной сети применяется *способ геометрической автокорреляции,* соответствующий геометро-статистической модели (Рудничная…, 1986; Петруха, 2003). Способ позволяет вычислять значение радиуса геометрической автокорреляции (R_q, м) после выравнивания исходных данных по формуле: $R_q=L(1+2K_q)^{-1}$, *где* L – длина участка аппроксимации (исследуемого профиля), м; K_q – количество экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на профиле; q – структурный уровень. Оптимальный шаг разведки принимается равным среднему значению радиуса геометрической автокорреляции, вычисленному по сечениям рудного тела (по простиранию и падению).

Геометро-статистическая модель используется для установления связи между уровнями частотной изменчивости параметра (R_q) и категориями разведанных запасов. Применение модели оправдано при преобладании закономерной составляющей изменчивости признака над случайной составляющей или при их равных соотношениях.

Обоснование оптимальной плотности разведочной сети для медноколчеданных месторождений Урала, выполненное Л. М. Петрухой (1991), позволило установить, что распределение меди, цинка, серы в рудных телах месторождений в основном изометричное. Оценка анизотропии (A) изменчивости геологоразведочных параметров, определенной как соотношение значений (R_q) по простиранию и падению рудных тел ($A=R_{q1} / R_{q2}$), показала, что среднее значение A=1,1, т. е. близко к единице. В связи с этим разведочная сеть на медноколчеданных месторождениях должна быть квадратной, а не прямоугольной (как это отражено в Методических рекомендациях ГКЗ).

Обоснование плотности разведочной сети с использованием аппарата стационарной случайной функции и геостатистической модели рассмотрены ранее (см. раздел 11.3).

Контрольные вопросы к теме 3

1. Принципы разведки. Для чего они разработаны?
2. В чем заключается принцип последовательных приближений?
3. Как реализуется принцип аналогии?
4. В чем заключается принцип максимальной эффективности?
5. На какие этапы и стадии подразделяется процесс геологического изучения недр?
6. На какой стадии геологоразведочных работ рудопроявление переходит в разряд месторождений?
7. Что такое – месторождение оценённое, месторождение разведанное?
8. Какой документ подготавливается по результатам разведки месторождения? Каково его содержание?
9. Какие виды горных выработок применяются при разведке? Охарактеризуйте условия их применения.
10. Перечислите преимущества и недостатки применения при разведке буровых скважин.

11. Какие геофизические методы применяются при изучении поверхности месторождений?
12. Какие задачи при разведке позволяет решать каротаж скважин?
13. Какие данные позволяют получить применение геофизических методов при изучении межскважинного пространства?
14. Что такое система разведки?
15. Типы разведочных сетей.
16. Плотность разведочной сети; какие факторы определяют ее обоснование?
17. В чем сущность способов аналогии и разрежения при обосновании плотности разведочной сети?
18. Как осуществляется сопоставление данных разведки и эксплуатации при обосновании плотности сети наблюдений?
19. Что лежит в основе математических методов обоснования плотности разведочной сети (статистического, геометро-статистического, геостатистического и др.)?

Тема 4
Подсчет запасов полезных ископаемых

КОНДИЦИИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающим наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения (Методические рекомендации…, 2007; Временное руководство…, 1997). Кондиции – это основной инструмент геолого-экономической оценки месторождений. Они разрабатываются и уточняются в процессе геолого-экономической оценки месторождений по материалам их разведки и эксплуатации на основе специального технико-экономического обоснования (ТЭО).

Для подсчета запасов рудных месторождений, а также отдельных видов нерудного сырья (горно-химического, плавикового шпата, барита, графита, талька, асбеста, слюды), кондиции могут включать следующие параметры:

- бортовое содержание компонента в пробе или условия оконтуривания рудных тел в геологических границах;
- минимальное содержание компонента в краевой выработке;
- минимальное промышленное содержание компонента в подсчетном блоке, запасы которого относятся к балансовым;
- коэффициенты приведения содержания попутных компонентов к основному в комплексных рудах и минимальное их содержание, учитываемое при приведении;
- максимально допустимое содержание вредных примесей в краевой пробе, оконтуривающей выработке и по месторождению;
- минимальная мощность тел полезного ископаемого или минимальный метропроцент (метрограмм);
- максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;
- минимальный коэффициент рудоносности для месторождений с прерывистым и гнездовым распределением полезных компонентов;
- минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым.

По остальным типам месторождений полезных ископаемых (карбонатные породы, магнезиты, дуниты, цементное сырье и другие) кондиции для подсчета запасов включают:

- требования к качеству полезного ископаемого (или получаемой из него продукции) в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями или обусловленными результатами технологических испытаний;
- условия подсчета запасов по сортам (классам, маркам) конечной продукции;
- минимальную мощность тела полезного ископаемого;
- максимально допустимую мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;

- минимальный выход конечной продукции.

Для каждого месторождения, в зависимости от геологического строения, горно-технических условий разработки и требований промышленности к качеству минерального сырья, учитывают только те их перечисленных параметров, которые необходимы для геолого-экономической оценки его промышленного назначения.

Рассмотрим важнейшие кондиционные показатели.

Бортовое содержание – это наименьшее содержание полезных компонентов в пробах, включенных в подсчет запасов, при оконтуривании по мощности тела полезного ископаемого в случае отсутствия четких геологических границ. Оно должно отвечать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. В комплексных месторождениях бортовое содержание выражается суммой содержаний полезных компонентов, имеющих промышленное значение. Эта сумма должна быть приведена к содержанию условного основного компонента, имеющего максимальную извлекаемую стоимость. Примеры оконтуривания месторождений при различных вариантах бортового содержания приведены на рисунках (рис. 32, 33).

Бортовое содержание определяется на основе повариантных подсчетов запасов. В качестве исходного варианта целесообразно применять бортовое содержание месторождения, аналогичного оцениваемому (по типу оруденения, размерам, морфологии рудных тел, вещественному составу руд, условиям разработки). Варианты с более высокими или низкими бортовыми содержаниями следует подбирать таким образом, чтобы разница в запасах руды, подсчитываемых при снижении (повышении) бортовых содержаний, составляла, как правило, не менее 10 % от общих запасов ближайшего варианта. Количество вариантов обычно не превышает 5 и чаще всего ограничивается значением 3. В случаях, когда сведения о бортовом содержании на аналогичном месторождении отсутствуют, первоначальную ориентировочную величину этого параметра в качестве исходного варианта определяют аналитическим путем, исходя из цены полезного компонента, коэффициента сквозного извлечения, разубоживания при добыче, удельных затрат на добычу и переработку. Последние определяются, исходя из укрупненных показателей намеченных систем добычи и переработки полезных ископаемых и предполагаемого масштаба месторождения. Для аналитического выражения бортового содержания применяются следующие формулы:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$С_{борт} = [(З_д + З_о) / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%,$$

где $З_д$ и $З_о$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.; $Ц_к$ – цена 1 т полезного компонента в концентрате без налога на добавленную стоимость (НДС), руб.; $И_о$ – коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.; р – разубоживание при добыче, доли ед.;

б) при ценах на товарные концентраты ($Ц_к$) с установленным в них содержанием ($С_к$) полезного компонента:

$$С_{борт} = [((З_д + З_о) \cdot С_к) / (Ц_к \cdot И_о \text{ x } (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Оконтуривание рудных тел в соответствии с вычисленной величиной бортового содержания и подсчет запасов позволяют установить, какова будет экономическая

эффективность разработки месторождения, а также наметить величину прочих вариантов бортового содержания. При этом верхний предел бортового содержания не должен быть выше минимального промышленного содержания, подсчитанного с учетом налогов, платежей и отчислений; нижний предел бортового содержания не должен быть ниже уровня содержаний, при которых полезный компонент не извлекается в товарную продукцию.

Минимальное содержание компонента в краевой выработке устанавливается в тех случаях, когда выявлено закономерное снижение содержаний полезных компонентов в краевых частях рудного тела. Оконтуривание рудных тел в соответствии с минимальным содержанием в краевых выработках должно соответствовать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. Это минимальное содержание определяется вариантным способом.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке – это содержание, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат и получение минимальной установленной прибыли.

Минимальное промышленное содержание без учета налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$С_{мин} = [(З_у + К_у \cdot Е) / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%,$$

где $З_у$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.; $К_у$ – удельные капитальные вложения в строительство горнопромышленного предприятия, руб.; Е – учетная ставка банка, доли ед.; при отсутствии инфляции принимается 5-6 %;

б) при ценах на товарные концентраты:

$$С_{мин} = [(З_у + К_у \cdot Е) \cdot С_к] / [(Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Минимальное промышленное содержание с учетом налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент

$$С_{мин.\ н} = [(З_{ун} + К_у \cdot Е + Н_у) / (Ц_к \cdot И_о \times (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%\ ,$$

где $З_{ун}$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды с учетом налогов, которые входят в структуру эксплуатационных затрат; $Н_у$ – налоги, платежи, отчисления на прибыль в расчете на 1 т годовой добычи руды;

б) при ценах на товарные концентраты

$$С_{мин.\ н} = [(З_{ун} + К_у \cdot Е + Н_у) \cdot С_к / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Приведенное содержание полезных компонентов комплексных руд к содержанию условного компонента осуществляется с использованием переводных коэффициентов. Эти коэффициенты определяются исходя из соотношения цен полезных компонентов и коэффициентов извлечения при обогащении руд. Минимальное содержание, учитываемое при приведении к содержанию условного компонента, принимается равным содержанию, при котором минеральное образование не извлекается при принятой технологии обогащения:

$$К_{пр} = (Ц_п \cdot И_п) / (Ц_о \cdot И_о),$$

где $Ц_о$ и $Ц_п$ – цена 1 т основного и попутного компонента в концентрате, руб.; $И_о$ и $И_п$ – соответственно их коэффициенты извлечения, доли ед.

Максимальные допустимые содержания вредных примесей у полезных ископаемых, используемых без обогащения, устанавливаются в пробе или в интервале разведочной выработки в соответствии с требованиями промышленности. Если при отработке месторождения предусматривается усреднение добытого минерального сырья, максимально допустимое содержание вредных примесей может быть установлено для подсчетного блока. При обогащении полезного ископаемого, когда вредные примеси полностью или частично переходят в концентрат и не извлекаются из него в дальнейшем, соответствующие ограничения вводятся для подсчетного блока. В случае, когда для удаления вредных примесей из концентрата требуется дополнительная переработка, их содержание в подсчетном блоке учитывается через величину минимального промышленного содержания полезного компонента.

Минимальная мощность полезного ископаемого и *максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых* устанавливается исходя из принятого способа и системы разработки месторождения. Целесообразность отработки рудных тел меньшей мощности, но с повышенным содержанием полезных компонентов, определяется по *метропроценту* (*метрограмму*) исходя из установленной минимальной мощности тела полезного ископаемого и бортового содержания.

В случае сложного строения рудных тел, когда рудные интервалы чередуются с безрудными, для уточнения величины максимально допустимой мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд проводится подсчет запасов при разной мощности этих слоев по каждому из оцениваемых вариантов бортового содержания. Оценка влияния прослоев на размеры и форму рудных тел и последующую эффективность добычи и переработки полезного ископаемого позволяет установить оптимальную величину этого параметра кондиций.

Коэффициент рудоносности применяется в случае невозможности выделить и оконтурить в процессе геологоразведочных работ отдельные рудные тела. Минимальная величина коэффициента рудоносности устанавливается для подсчетного блока, исходя из минимально приемлемой рентабельности разработки месторождения, при определении которой наряду с общепринятыми затратами учитываются дополнительные, связанные с доразведкой и оконтуриванием рудных тел и их селективной выемкой.

Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым ($Q_{мин}$), устанавливаются исходя из дополнительных расходов, связанных с их вскрытием и отработкой, по формуле:

$$Q_{мин} = [К_д \cdot (1\text{-}р)] / [(Ц_{из} – З_{ун} – Н_у – К_д \cdot Е) \cdot (1\text{-}п)],$$

где $К_д$ – капитальные вложения, необходимые на проходку дополнительных вскрышных выработок, руб.; $Ц_{из}$ – извлекаемая в концентрат ценность полезных компонентов из 1 т руды, руб.; п – потери при добыче, доли ед.

ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАПАСОВ

Оконтуривание является одной из самых ответственных операций при подсчете запасов. Оно заключается в ограничении рудных тел или их разведанных участков на площади и в разрезе.

Оконтуривание запасов ведется по промышленным кондициям. Запасы оконтуриваются по трем направлениям: *мощности, простиранию и падению* рудной залежи. Исходными материалами для оконтуривания служат данные геологической документации и результаты опробования.

Контур может представлять собой: 1) естественные границы рудных тел; 2) линию с бортовым содержанием; 3) линию с нулевым содержанием полезного компонента; 4) линию с минимальной промышленной мощностью рудного тела; 5) линии разных типов и сортов руд; 6) линии, разграничивающие запасы разных категорий; 7) линии участков с разными условиями вскрытия и разработки; 8) линии предельного содержания вредных примесей. Некоторые типы контуров приведены на рисунках 34, 35.

Если тело не имеет естественных природных границ, его оконтуривают чаще всего по бортовому содержанию или по минимальной промышленной мощности.

При оконтуривании запасов различают внутренний и внешний контуры. *Внутренний контур* – линия, соединяющая крайние точки с кондиционными содержанием и мощностью; *внешний контур* – линия, проведенная за пределами этих точек по более низким (некондиционным) показателям. Площадь между внутренним и внешним контурами принято называть *межконтурной полосой* (рис. 36).

Оконтуривание начинается с определения *опорных точек,* через которые затем проводится линия контура. Положение опорных точек устанавливают методами интерполяции и экстраполяции. *Метод интерполяции* заключается в определении мощности или содержания между смежными выработками. *Метод экстраполяции* состоит в определении мощности или содержания за пределами выработок. Различают *ограниченную экстраполяцию,* когда внешняя контурная линия проводится между рудной и безрудной точками, и *неограниченную экстраполяцию*, когда эта линия проводится за пределами контура выработок, где данные о параметрах рудного тела отсутствуют.

Положение опорной точки между двумя пробами определяется с помощью интерполяции, если содержание полезного компонента изменяется закономерно, то есть переход между рудой и вмещающими породами постепенный. При незакономерном изменении содержания промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами с кондиционным и некондиционным содержанием или даже через крайнюю кондиционную пробу. Положение опорной точки при экстраполяции принимается на половине, трети или четверти расстояния между выработками или определяется по естественным формам выклинивания рудных тел.

Для полого залегающих плоских изометричных тел площадь оконтуривается в плане, для крутопадающих плоских тел – на продольных разрезах и вертикальных проекциях. Для крутопадающих тел с выдержанными углами падения оконтуривание площади иногда проводят на проекции, параллельной плоскости падения.

Как во внутренних, так и во внешних контурах, производится блокировка запасов по категориям, типам и сортам руд, условиям залегания, вскрытия, разработки и т. д.

Вначале оконтуривание выполняется по отдельным выработкам, затем по отдельным разведочным сечениям (вертикальным или горизонтальным) и только потом в целом по рудному телу.

*Оконтуривание рудных тел в пределах отдельных разведочных выработок з*ависит от их ориентировки относительно рудного тела. В *секущих* выработках при наличии четких геологических контактов с вмещающими породами границы тела определяются по данным непосредственных наблюдений в забое горных выработок или по керну буровых скважин. При отсутствии четких геологических контактов границы тела полезного ископаемого определяются по результатам опробования и проводятся между породами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента. При этом возможны 2 случая: а) если опробование выполнено сплошной бороздой, контур тела проводится по границе последней пробы, показавшей кондиционное содержание; б) если опробование проводится с интервалом между пробами, то границы промышленной части тела проводят между пробами способом интерполяции.

При незакономерном изменении содержания полезного компонента промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента (рис. 37).

В *прослеживающих* выработках кроме распределения полезного компонента необходимо учитывать и характер выклинивания рудного тела. При резком выклинивании контур проводится по данным непосредственных наблюдений. При постепенном выклинивании учитывается характер изменения содержания и мощности.

Если содержание полезного компонента снижается постепенно, а мощность остается постоянной, то оконтуривание производится по содержанию. Здесь существуют те же два варианта, что и для секущих выработок: при опробовании сплошной бороздой контур проводят через границу последней кондиционной пробы, а при поинтервальном опробовании – методом интерполяции по приведенной выше формуле.

Если наблюдается постепенное уменьшение мощности тела, а содержание остается постоянным, то контур проводится либо по мощности, либо по метропроценту (метрограмму). Граница промышленной части тела определяется по следующим формулам:

$$X=L(M_{мин}-M_B)/(M_A-M_B),$$

где X – расстояние от точки B с некондиционной пробой пробы до контура тела; L – расстояние между кондиционной (A) и некондиционной (B) пробами; M_A и M_B –мощности тела соответственно в точках A и B; $M_{мин}$ – минимальная мощность, установленная кондициями;

$$X=L(M\%_{мин} - M\%_B)/(M\%_A - M\%_B),$$

где $M\%_{мин}$ – минимальный метропроцент, установленный кондициями; $M\%_A$ и $M\%_B$ – значение метропроцента соответственно в точках A и B.

Положение контура тела может быть намечено также по данным непосредственных замеров мощности в выработках.

Наконец, при одновременном уменьшении мощности тела и содержания полезного компонента оконтуривание производится по минимальному метропроценту (метрограмму).

Положение контура тела между двумя точками можно определять также графическим способом или специальной палеткой (транспарантом).

Учитывая, что расстояния между пробами обычно небольшие, особенно для руд цветных, редких металлов и золота, нередко поступают проще: проводят контур посередине между кондиционной и некондиционной пробами.

Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок производится на планах, разрезах или проекциях. При этом различают 3 случая проведения контура: 1) по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках; 2) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными; 3) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – отсутствием полезного ископаемого.

Проведение контура по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках, выполняется двумя путями. При наличии четких геологических границ рудных тел опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках (рис. 38). При отсутствии четких границ опорные точки определяются в пределах каждой выработки по данным химических анализов описанными выше способами. Оконтуривание состоит в соединении опорных точек.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными, производится в зависимости от характера распределения полезного компонента. При равномерном распределении и постепенном изменении содержания полезного компонента опорные точки определяются рассмотренным выше способом интерполяции с использованием приведенных формул, графически или с помощью палетки. При неравномерном распределении полезного компонента или неравномерном изменении мощности контур обычно проводят через середину расстояния между выработкой с кондиционными и выработкой с некондиционными показателями. На месторождениях с крайне неравномерным распределением полезного компонента контур рудного тела часто проводят через крайние кондиционные выработки.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие тела полезного ископаемого, осуществляется в зависимости от характера выклинивания тела. При резком выклинивании промышленный контур проводят через середину расстояния между выработками, то есть способом ограниченной экстраполяции. Кондиционная мощность тела, вскрытая выработкой, распространяется до середины расстояния между выработками. При закономерном, постепенном выклинивании рудного тела нулевой контур также проводят через середину расстояния между выработками, а положение подсчетного контура определяется способом интерполяции между выработкой с промышленной концентрацией полезного ископаемого и принятым нулевым контуром (рис. 39).

Описанные приемы оконтуривания тел обычно применяются для определения положения контура не только между разведочными выработками (рис. 40), но и между разведочными разрезами (линиями).

Определение контуров тел полезных ископаемых за пределами разведочных выработок, или неограниченная экстраполяция, практикуется для запасов низких категорий C_1 и C_2, подлежащих дальнейшей разведке. При оконтуривании используются разнообразные геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические приемы.

ПАРАМЕТРЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Подсчет запасов полезных ископаемых в общем случае осуществляется по следующей схеме:

1) определяется объем залежи V как произведение площади S на среднюю мощность M: $V = S \cdot M$;

2) определяется запас руды Q как произведение объема V на объемную массу D: $Q = V \cdot D$, при этом обязательно учитывается естественная влажность руд;

3) определяется запас металла P как произведение запаса руды Q на среднее содержание металла C: $P = Q \cdot C \cdot 10^{-2}$, если содержание выражено в %, или $P = Q \cdot C \cdot 10^{-6}$, если в г/т.

Для одних полезных ископаемых (многие виды строительных материалов, природный газ, а в западных странах и нефть) подсчет запасов останавливается на вычислении объема. Количество некоторых иных видов сырья (железные руды, хромиты и др.) подсчитываются в виде запасов руды. Для большинства рудных элементов требуется расчет запасов металла.

Из приведенной схемы видно, что основными параметрами, необходимыми для подсчета запасов, являются площадь, средняя мощность, объемная масса руды и среднее содержание в ней полезных компонентов. Кроме того, могут использоваться разные поправочные коэффициенты.

Площадь устанавливается в результате оконтуривания рудных тел на планах и проекциях. Простые по конфигурации площади измеряются как геометрические фигуры, сложные – с помощью палетки, планиметра или курвиметра. В современных условиях площадь определяется с помощью компьютерных программ.

При наклонном залегании тела полезного ископаемого необходимо привести полученный замер площади к истинному значению, для чего вводят поправку на угол падения залежи β для замеров на плане по формуле:

$$S_{ист.} = S_{изм.} / \cos\beta,$$

для замеров на вертикальной проекции по формуле:

$$S_{ист.} = S_{изм.} / \sin\beta.$$

Мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчета запасов определяется по данным горных и буровых работ, а также каротажа скважин. Если рудные тела имеют четкие геологические границы с вмещающими породами, их мощность устанавливается непосредственно с помощью замеров. Если четких геологических контуров нет, мощность рассчитывают по результатам секционного опробования по бортовому или минимальному промышленному содержанию полезного компонента.

В горных выработках мощность определяют замером расстояния от кровли до подошвы залежи при их документации и опробовании. Мощность рудных тел по данным бурения устанавливают прямыми или косвенными способами. Прямой способ – это расчет

мощности по керну при колонковом бурении и по данным опробования шлама при ударном бурении, косвенные – по данным каротажа скважин или по наблюдениям в процессе бурения за изменением скорости углубки скважин, за цветом или составом шлама.

Разведочные выработки часто пересекают тело полезного ископаемого не по истинной мощности, а под некоторым углом. При пологом залегании замеряется вертикальная мощность $M_в$, при крутом падении – горизонтальная $M_г$. По керну или геофизическим данным мощность определяется длиной рудного интервала $M_{скв}$. Эти так называемые наблюдаемые мощности отличаются от истинной мощности $M_{ист}$ и приводятся к ней по геометрическим формулам (рис. 41):

$$M_{ист.} = M_г \cdot \mathrm{Sin}\alpha,$$

$$M_{ист.} = M_в \cdot \mathrm{Cos}\alpha;$$

$$M_{ист.} = M_{скв.} \cdot \mathrm{Cos}(\alpha\text{-}\beta) \cdot \mathrm{Cos}\gamma,$$

где α – угол падения залежи, β – зенитный угол наклона скважины в месте пересечения залежи; γ – угол между азимутальным направлением скважины и азимутом падения залежи.

Среднее значение мощности определяется среднеарифметическим или средневзвешенным способом. Метод среднего арифметического применяют при более или менее равномерном распределении пунктов замера мощностей. В этом случае средняя мощность M определяется по формуле:

$$M = \sum m / n,$$

где n – количество замеров мощности.

Способ средневзвешенного применяется при резко неравномерном распределении точек замера и установленном направлении закономерностей изменчивости мощности. Средневзвешенная мощность рассчитывается по формуле:

$$M=\sum m \cdot l / \Sigma l,$$

где l – расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

Объемная масса руды должна быть установлена с учетом естественной пористости, трещиноватости и кавернозности полезного ископаемого. Она определяется лабораторным или полевым способами. При применении лабораторного способа объемная масса определяется путем взвешивания образцов, покрытых пленкой парафина, в воздухе и в воде или взвешиванием и определением их объема в мерном сосуде. При полевом способе проходится горная выработка и вся добытая горная масса взвешивается, а пройденное пространство замеряется. Соотношение массы полезного ископаемого и объема даст объемную массу. Считается, что для определения объемной массы этим способом достаточно 10 м^3 полезного ископаемого. Этот способ более точный.

Объемная масса должна определяться для каждого сорта и типа полезного ископаемого, запасы которых учитываются самостоятельно. Количество определений объемной массы должно быть достаточным для надежного обоснования средних величин. Считается, что для однообразных по сложению полезных ископаемых достаточно 10-20, а для более сложных 20-30 определений объемной массы типичного материала для каждого сорта полезного ископаемого.

При этом обязательно учитывается *естественная влажность руды*, которая может достигать у отдельных полезных ископаемых 30-40 % и более. Учет естественной влажности необходим в связи с тем, что анализы проводятся с сухими навесками после просушивания проб при 105-110 ºС, а содержание полезных компонентов определяется для воздушно-сухой массы. Поэтому необходима поправка в содержание на влажность руды по формуле:

$$C_{вл.} = C_{сух.} \cdot (100 - B) / 100,$$

где $C_{вл.}$ – содержание полезного компонента по влажной руды, % или г/т; $C_{сух.}$ – то же в сухой руде; В – влажность, при которой определена объемная масса, %.

Чаще пересчитывают не содержание на сырую руду, а объемную массу сырой руды $D_{вл.}$ на сухую $D_{сух.}$ по формуле:

$$D_{сух.} = D_{вл.} \cdot (100 - B) / 100.$$

Естественная влажность определяется как отношение потери массы штуфа в результате высушивания к массе влажного образца и вычисляется путем сравнения массы проб влажного минерального сырья $Q_{вл.}$ с массой тех же проб, просушенных до постоянной массы при 105-110 ºС, $Q_{сух.}$, по формуле:

$$B = 100 \cdot (1 - Q_{сух.} / Q_{вл.}).$$

Необходимо учитывать, что влажность не является величиной постоянной и изменяется в зависимости от глубины залегания полезного ископаемого, времени года, уровня грунтовых вод и др.

Среднее содержание определяется как среднеарифметическое или средневзвешенное по скважине, выработке, горизонту, блоку, участку и месторождению в целом. Чаще всего применяют среднее содержание, взвешенное на длину проб, то есть на их мощность.

Поправочные коэффициенты вводятся для *уменьшения запасов* при прерывистом (дискретном) оруденении, разобщенности рудных тел, наличии безрудных даек, участков пустых пород, валунов и т. п. Коэффициенты для *увеличения запасов* применяются при избирательном выкрашивании рудных компонентов из керна, при намыве ценных компонентов при разработке россыпей. Могут вводиться поправочные коэффициенты на систематические погрешности химанализов, замеров мощностей в скважинах и др.

МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Существует довольно много разных методов подсчета запасов. Все они основаны на определении объема подсчетных контуров, которые сравниваются с равновеликими геометрическими фигурами. Запасы подсчитываются по простейшим формулам:

$$V = S \cdot m,\ Q = V \cdot d,\ P = Q \cdot C / 100,$$

где V – объем тела полезных ископаемых, S – площадь тела на проекции, m – средняя мощность, Q – запасы руды, d – объемная масса руды, C – среднее содержание полезного компонента в %.

Наибольшим распространением пользуются методы геологических и эксплуатационных блоков, разрезов и статистический.

Метод геологических блоков является универсальным для подсчета запасов плоских тел. При этом методе выделяют блоки разной величины, отличающиеся по степени разведанности, мощности, содержанию полезных компонентов, типам и сортам руд, технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям (рис. 42).

Частным случаем этого метода является *метод среднего арифметического,* когда все тело рассматривается как один подсчетный блок.

Метод эксплуатационных блоков применяется также для подсчета запасов плоских тел, разделенных горными выработками и буровыми скважинами на эксплуатационные блоки. Оконтуривание и подсчет запасов по каждому блоку аналогично методу геологических блоков (рис. 43).

Метод разрезов применяют для подсчета запасов изометричных, трудообразных и сложных по форме тел (рис. 44, 45). Разрезы могут быть *вертикальными* или *горизонтальными*. Заключенная между смежными разрезами часть рудного тела рассматривается как призма, если площади смежных сечений близки, или как пирамида, если эти сечения существенно различаются по площади. Объем части рудного тела между двумя разрезами определяется соответственно по формуле для призмы или пирамиды. Объем крайних блоков, каждый из которых опирается на один разрез, определяется по формуле клина. При непараллельных разрезах вносятся соответствующие поправки к подсчету объемов. Среднее содержание определяют вначале для каждого разреза. В блоке, ограниченном двумя разрезами, оно вычисляется как среднеарифметическое или средневзвешенное на площадь сечения.

При крайне дискретном оруденении подсчет запасов проводят *статистическими методами*. Это относится в основном к месторождениям IV группы, когда совмещаются разведка и эксплуатация. По результатам этих работ оценивается средняя продуктивность исследуемого участка и распространяется на менее изученную потенциально рудоносную часть месторождения.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ СОПУТСТВУЮЩИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

К попутным полезным ископаемым относятся минеральные комплексы (горные породы, руды, подземные воды, рассолы), добыча которых при разработке основного полезного ископаемого экономически целесообразна. К *попутным компонентам* относятся заключенные в полезных ископаемых минералы, металлы и другие химические элементы в их соединениях, которые не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождения, но при переработке полезных ископаемых могут быть рентабельно извлечены и реализованы на внутреннем или международном рынке.

Попутные полезные ископаемые и компоненты в зависимости от форм нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и компонентами и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к условиям их разработки (извлечения), разделяются на три группы (Шевелев, 2004). *К первой группе* относятся попутные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные рудные тела:

- железные руды на марганцевых месторождениях;

- серный колчедан, барит-полиметаллические руды, золотосодержащие кварциты на медноколчеданных месторождениях;
- свинцовые и медно-свинцовые руды на месторождениях медистых песчаников;
- огнеупорные глины, каолины на месторождениях бокситов и угля и др.

К этой же группе относятся вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов или для других целей, а также торф и в некоторых случаях почвенно-растительный слой и породы, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

К жидким попутным полезным ископаемым относятся подземные воды, участвующие в обводнении подземных горных выработок, если они пригодны для водоснабжения, извлечения из них ценных компонентов или бальнеологических целей.

Ко второй группе относятся попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые при обогащении могут быть выделены в самостоятельные концентраты или промпродукты, а в отдельных случаях накапливающиеся в продуктах обогащения основных компонентов в количестве, допускающем их последующее извлечение на экономически рациональной основе.

В эту группу могут быть объединены:
- титановые, медные и ванадийсодержащие минералы, золото- и кобальтсодержащий пирит, иногда апатит, гатчеттолит, бадделеит в железных рудах;
- сера (пирит и другие сульфиды), минералы свинца, цинка, серебра, самородное золото, кобальтсодержащий пирит в медноколчеданных рудах;
- молибденит в меднопорфировых месторождениях в гранитоидах, ванадийсодержащие минералы, апатит, титаномагнетит – в габброидах;
- минералы кобальта и серебра в медно-никелевых месторождениях;
- минералы меди, висмута, серебра, барит, флюорит в полиметаллических рудах и др.

К третьей группе относятся разного рода примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические, микровключения собственных минералов и др.), а также органические, металлические или металлоорганические соединения в углях и углистых породах. Преобладающую часть попутных компонентов третьей группы составляют рассеянные элементы, широко распространенных в разных твердых полезных ископаемых при весьма низком содержании. К этой же группе относятся примеси в рудных минералах золота, серебра, платиноидов, тантала, молибдена и др.

При обогащении полезных ископаемых эти компоненты накапливаются в концентратах основных компонентов, а при переработке концентратов или непосредственном использовании полезных ископаемых в металлургическом, химическом, энергетическом и других производствах концентрируются в товарных продуктах или отходах.

К этой же группе относятся попутные компоненты, присутствующие в нефти и газе и выделяемые лишь при их переработке, а также заключенные в подземных минерализованных водах или рассолах. Состав попутных компонентов третьей группы зависит от вида полезного ископаемого и типа руд.

В полиметаллических рудах присутствует сурьма, кадмий, теллур, таллий, галлий, иногда германий.

Медноколчеданные руды обычно содержат селен, кадмий, теллур, реже таллий, индий, иногда кобальт, висмут, галлий и германий. В медистых песчаниках присутствует рений, реже германий, селен и таллий. В медно-никелевых рудах содержатся платиноиды, кобальт, сера, селен, теллур, таллий, галлий, германий.

Для медно-молибденовых руд характерно присутствие рения, селена, теллура, в меньшей степени индия, германия и галлия. Высокими концентрациями рения и низкими селена, теллура, германия и галлия характеризуются молибденовые руды.

Сульфидно-касситеритовым рудам обычно свойственны повышенные концентрации индия, кварц-касситеритовым и вольфрамитовым – скандия, иногда тантала. В кварц-золоторудных месторождениях нередко присутствует теллур, а в золотосульфидных – индий, кадмий, селен, теллур и платина.

Бокситы содержат галлий, ванадий, скандий, алуниты и нефелины – галлий и ванадий. Иногда в алюминиевом сырье в небольшом количестве содержится германий. В месторождениях калийных солей присутствует бром и рубидий, иногда цезий, в некоторых месторождениях каменной соли – литий.

В апатит-нефелиновых рудах содержится титан, галлий, стронций, редкие земли.

Угли и углистые породы могут содержать повышенное содержание германия, урана, галлия, реже – ванадия и рения. В подземных водах наряду с йодом и бромом присутствуют соединения магния, калия, бора, иногда лития, рубидия, цезия, стронция, германия и другие компоненты.

Изучение и геолого-экономическая оценка попутных полезных ископаемых и компонентов производится на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе освоения месторождения.

Запасы попутных полезных ископаемых (компонентов руд) должны подсчитываться способом, отвечающим характеру их залегания в месторождении или распределения в рудах, также учитывающим особенности промышленного использования запасов, которые определяют уровень и показатели их оценки.

При подсчете запасов попутных полезных ископаемых первой группы, образующих самостоятельные рудные и нерудные залежи во вскрыше месторождений, используются способы, применяемые при подсчете запасов аналогичных видов сырья в самостоятельных месторождениях.

Подсчет запасов попутных компонентов второй группы осуществляется в контурах запасов основного полезного ископаемого в соответствии с существующими для них требованиями. Для их изучения и оценки проводятся специальные минералого-геохимические исследования руд и отбираются групповые пробы.

Запасы попутных компонентов третьей группы подсчитываются и учитываются в месторождениях, целесообразность промышленного освоения которых обеспечивается экономикой извлечения основного компонента. При этом подсчет запасов попутных компонентов данной группы выполняется исключительно в пределах контура подсчета балансовых и забалансовых запасов основного компонента.

Комплексное изучение полезных ископаемых должно сопровождаться статистической обработкой результатов опробования на основные и попутные компоненты для обоснования возможности подсчета попутных компонентов корреляционно-регрессионным способом. Статистической обработке должно предшествовать выявление по данным минералогических исследований геохимической связи между отдельными попутными и основными компонентами, выражающейся в преобладании приуроченности того или иного попутного компонента к минералам одного из основных компонентов.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны содержать:

- для каждого технологического типа полезного ископаемого – перечень попутных компонентов, запасы которых подлежат подсчету как балансовые;
- минимальное содержание попутных компонентов, учитываемые при приведении к условному содержанию основного компонента; переводные коэффициенты;
- минимальные содержания попутных компонентов в подсчетных блоках и отдельных рудных телах (залежах, пластах), если раздельная выемка и переработка полезных ископаемых с целью извлечения этих компонентов технически возможна и экономически целесообразна;
- дополнительные условия подсчета валовых и извлекаемых запасов попутных компонентов: по содержанию в рядовых или групповых пробах, по содержанию в минералах или концентратах, в целом по месторождению, по отдельным рудным телам или в подсчетных блоках.

ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Сопоставление данных разведки и эксплуатации показывает, что расхождения в определении контуров рудных тел, подсчетных параметров, количественных и качественных показателей неизбежны. Причины этого в том, что разведка осуществляется по прерывистой сети наблюдений, а за пределами разведочных выработок параметры оруденения определяются путем интерполяции и экстраполяции. С другой стороны, при эксплуатации имеют место потери и разубоживание руд, которые при проектировании эксплуатации учитываются приближенно, что тоже вносит свой вклад в расхождение данных разведки и эксплуатации.

Небольшие отклонения рассматриваются как погрешности подсчета запасов. Если ошибки значительны, то говорят о неподтверждении запасов или качества минерального сырья.

Погрешности, возникающие при подсчете, подразделяются на три основные группы: геологические, технические и методические.

Геологические погрешности, или ошибки аналогии, возникают в результате распространения фактических данных, полученных при разведке по отдельным выработкам и скважинам, на соседние участки. Эти погрешности подвержены резким колебаниям, величина их зависит от степени изменчивости параметров оруденения, а также от плотности и равномерности разведочной сети. Геологические погрешности приводят к наиболее крупным ошибкам подсчета запасов, достигающим для категорий А и В до 10-15 %, а в отдельных случаях и выше.

Наиболее типичными геологическими ошибками являются объединение разрозненных мелких рудных тел в крупные, включение в один блок разных по качеству, технологии переработки или условиям залегания руд.

Технические погрешности связаны с техникой замеров и определения исходных параметров для подсчета запасов. Эта группа включает точность замеров мощности, химических анализов, определения объемной массы, естественной влажности и т. д.

Технические ошибки могут быть случайными и систематическими. Неизбежные случайные погрешности обычно не оказывают существенного влияния на точность определения запасов, поскольку, обладая переменным знаком, они взаимно компенсируются.

Систематические погрешности значительно более опасны, так как искажают результаты подсчета запасов, регулярно завышая или занижая их. Если имеются данные о систематических погрешностях, то категории запасов должны быть снижены. Систематические погрешности и их величина устанавливаются специальными контрольными методами, которые позволяют определить соответствующие поправочные коэффициенты и откорректировать результаты подсчета. К ним относятся коэффициент рудоносности, поправочный коэффициент к результатам химических анализов, к объемной массе и др. Систематические погрешности считаются недопустимыми и требуют устранения, хотя это не всегда удается.

Методические погрешности связаны с применением разных методов подсчета запасов. В целом, применение того или иного метода не оказывает существенного влияния на результаты подсчета. Различия обычно составляют 1-5 %, что находится в пределах точности технических операций подсчета. Снизить методические погрешности до минимума позволяет выбор метода подсчета запасов, который наиболее полно соответствует методике разведки и особенностям геологического строения месторождения, дает возможность учитывать распределение качественных показателей (типов и сортов руд) и в то же время сократить затраты времени и средств на разведку.

Оценка погрешностей подсчета запасов в процессе разведки является довольно сложной операцией. В действующих нормативных документах рекомендуется осуществлять подсчет запасов несколькими методами (Шевелев, 2004; Авдонин 2007).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

В последнее время при подсчете запасов все в большей степени используют компьютерные технологии. В том числе, применяют приемы блочного моделирования, реализуемые на основе геоинформационных систем (Micromine, Surpak, Datamine и др.).

При обосновании методики моделирования необходимо учитывать особенности геологического строения месторождения, степень его изученности и последовательность проведения разведочных работ. Общая схема компьютерного моделирования и подсчета запасов включает:

- импорт базы геологоразведочных данных;
- проверку базы данных, ввод дополнительной информации;

- статистический анализ данных опробования и определение природных (естественных) бортовых содержаний компонентов;
- оконтуривание рудных тел с использованием кондиций и естественного бортового содержания;
- геометризацию месторождения – каркасное моделирование рудных тел, тектонических нарушений и т. д. (рис. 46);
- геостатистический анализ исследуемых компонентов;
- определение параметров интерполяции;
- блочное моделирование (рис.47);
- интерполяцию содержаний в блочную модель, используя альтернативные методы (обычный кригинг, индикаторный кригинг, метод обратных расстояний и др.);
- оценку запасов и их сравнение с более ранними оценками;
- классификацию запасов/ресурсов.

Схема построения блочной модели (БМ) показана на рисунке 48 (Рекомендации…, 2014).

Блочное моделирование основывается на разделении пространства месторождения на элементарные блоки (ячейки), в которых значения свойств объекта (в частности содержания полезного компонента) интерполируются из исходных данных опробования с учетом рассчитанных весовых коэффициентов. Для этого используются разные методы интерполяции, среди которых чаще применяются метод обратных расстояний (детерминистический способ) и кригинг (геостатистический метод).

Наиболее перспективным является *кригинг*, в основе которого лежат геостатистические исследования данных опробования. Геостатистика на сегодня является наиболее мощным инструментом для получения достоверной информации о запасах полезных ископаемых в недрах, оптимального планирования их отработки и проведения геологоразведочных работ. Геостатистический метод решает *две основные задачи*: нахождение наиболее вероятной оценки запасов руды и определение точности этой оценки.

Предварительной стадией геостатистического исследования является статистический анализ: расчет гистограммы распределений значений содержаний компонентов полезных ископаемых по классам, построение графика накопленных частот, подбор законов распределения данных и определение основных статистических параметров. Вид гистограммы позволяет фиксировать явные погрешности в исходных данных геологического опробования. Следующий этап – вариограммный анализ (вариография). Используется экспериментальная вариограмма, которая строится по результатам опробования (выборочным данным) и учитывает все пары проб, удаленных на некоторое расстояние. Вариограммный анализ начинается без учета направления вектора расстояния. Полученная функция отражает такие свойства случайной величины как: стационарность, наличие эффекта самородков, значение порога и зону влияния. Эти характеристики подбираются в интерактивном режиме с помощью моделирования теоретической функцией, аппроксимирующей дискретную экспериментальную вариограмму. Для дальнейшего исследования необходимо изучить характер корреляционных связей между пробами в различных направлениях, для чего следует

построить вариограммы по направлениям. Для каждого направления определяется зона влияния (см. раздел «11.3. Математические способы…). Это необходимый шаг для выявления анизотропии залежи и взаимного влияния значений случайных величин.

Следующей стадией после вариограммного анализа залежи является ее моделирование и оценка запасов. Размеры блоков блочной модели выбираются с таким расчетом, чтобы получить наиболее детальную оценку запасов по всему объему месторождения. Заключительный этап анализа – кригинг (геостатистическая оценка содержаний полезных ископаемых).

Кригинг. Предпосылкой развития геостатистических методов послужило расхождение между содержаниями многих металлов в разведочных пробах и в реально извлекаемых объемах руд. Точность оценки зависит от ряда факторов: количества проб и их значений, расположения проб (здесь важна равномерность их размещения), расстояния между пробами и точкой в середине оцениваемого блока, наличие пространственной непрерывности рассматриваемой переменной. Кригинг – метод интерполяции, который учитывает все эти факторы, был придуман южноафриканским горным инженером Д. Криге и потом усовершенствован Ж. Матероном.

В большинстве методов интерполяции сначала задается диаметр поискового круга (или эллипса). Все точки, попавшие в поисковый круг, используются для расчета взвешенного среднего, которое будет приписано середине элементарного блока. Веса, с которыми будут учитываться исходные точки, зависят (в той или иной мере) от расстояния от узла до этой точки. Разные методы интерполяции – это разные способы взвешивания исходных данных в зависимости от расстояния. В кригинге, как методе интерполяции, взвешивание производится сложнее, чем в других методах. Допустим, что в поисковый круг попали несколько проб. Расстояния между пробами и расстояния между серединой оцениваемого блока или его границами используется для снятия вариограмных значений с модельной вариограммы. Затем вариограмные значения заносятся в матрицы системы линейных уравнений; рассчитываются коэффициенты уравнений, которые и являются весами значений компонента в пробах. После рассчитывается оценка элементарного блока модели рудной залежи.

При решении способом, выбранным Ж. Матероном, появляется небольшое по величине число μ – множитель Лагранжа. Чем множитель меньше, тем более надежно решена система линейных уравнений.

Кригинговая оценка рассчитывается по формуле:

$$Z_k = \sum_{i=1}^{n} a_i Z_i,$$

где Z_k – кригинговая интерполяционная оценка изучаемой переменной; Z_i – значения переменной в n точках, попавших в круг поиска; a_i – веса. Обычно на практике в поисковый круг попадает несколько десятков или также сотен окружающих проб. Соответственно и матричное уравнение расширяется до сотен строк и столбцов. Считается, что кригинг – это интерполяционная процедура, дающая оценки с наименьшей дисперсией.

Другие методы интерполяции основаны на наличии заданной аналитической зависимости между значениями в пространстве, выраженной формулой. Наиболее часто используются линейные интерполяторы. К ним относится *метод обратных расстояний*

(IDW).При его использовании учитываются расстояния ячейки от близлежащих разведочных выработок. Чем дальше находится разведочная выработка от ячейки, тем слабее ее влияние. Значение параметра *z* в ячейке находят по формуле средневзвешенного:

$$z = \sum_{i=1}^{n}(z_i p_i / \sum p_i),$$

где z_i – значения параметра в разведочных выработках; p_i – весовые коэффициенты, зависящие от расстояния *r* ячейки от разведочных выработок; *n* – количество близлежащих разведочных выработок. Весовые коэффициенты определяют по формуле $p_i = 1/r_i^2$. В расчет параметра *z* включают разведочные выработки, расположенные не далее некоторого заранее заданного расстояния от ячейки. Если центр ячейки совпадает с какой-либо разведочной выработкой, значение *z* принимается таким же, как в разведочной выработке (Поротов, 2004).

В ГКЗ за последние два десятилетия накоплен достаточно большой опыт применения блочного моделирования при подготовке ТЭО и подсчете запасов. Примерами объектов, где блочное моделирование использовалось для решения сформулированных задач, являются золоторудные месторождения (Наталкинское, Тасеевское, Куранах, Дегдекан, Чертово Корыто, Верненское, участок Перевальный, Попутненское, Штурмовское и др.), урановорудные (Орловское, Березовское, Горное), медно-порфировые (Михеевское, Песчанка, Молмыж, Томинское и др.), редкометалльные (Зашихинское), а также ряд других. Запасы золоторудного месторождения Кючус утверждены ГКЗ по данным блочного моделирования (Рекомендации…, 2014).

Удовлетворительная сопоставимость результатов подсчета запасовдля разных вариантов кондиций отмечается для месторождений с зональным типом пространственного размещения оруденения, например, на медно-порфировых объектах (Песчанка, Томинское, Михеевское, Молмыж). Для корректной геометризации запасов в них может быть применена методика локального анизотропного кригинга (ЛАК). Она позволяет определить ориентировку осей анизотропии в локальных участках объекта на основе минимизации дисперсии по пробам, попадающим в границы эллипсоида при разных вариантах его положения. Эта процедура наиболее эффективна при достаточно плотной сети наблюдений.

На месторождениях сложного строения с высокой изменчивостью геологоразведочных параметров расхождения в оценке запасов отмечаются наиболее часто. Дополнительными факторами, осложняющими применение блочного моделирования, являются недостаточная плотность сети по отдельным участкам месторождения и высокие значения эффекта самородков. К объектам этого типа можно отнести жильные зоны, штокверки и штокверкоподобные золоторудные месторождения.

Основным приемом, позволяющим добиться удовлетворительной сопоставимости результатов для разных способов подсчета запасов, является построение каркасов, опирающихся на рудные интервалы, выделенных по соответствующим кондиционным показателям. Этот прием требует построения отдельных «жестких» каркасов для каждого варианта бортового содержания, но считается достаточно трудоемким.

Таким образом, информационные технологии являются т*ехническим*, а геостатистическое и блочное моделирование месторождений твердых полезных ископаемых – *методическим средством* подсчета запасов и технико-экономического

обоснования кондиций, удовлетворяющим требованиям международного аудита. Учет их необходим для рационального недропользования в Российской Федерации, а также привлечения иностранных инвестиций.

Контрольные вопросы по теме 4

1. Содержание и назначение промышленных кондиций
2. Основные кондиционные показатели
3. Применение и определение бортового содержания
4. Применение и определение минимального промышленного содержания
5. Виды контуров запасов полезных ископаемых
6. Последовательность оконтуривания запасов
7. Методические приемы оконтуривания запасов
8. Определение параметров подсчета запасов
9. Характеристика ведущих методов подсчета запасов
10. Особенности подсчета запасов попутных полезных ископаемых

Тема 5
Геолого-экономическая оценка месторождений

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЭО

Геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождений заключается в определении количества и качества запасов полезного ископаемого в недрах, выявлении условий залегания и добычи, обосновании технико-экономических показателей разработки. ГЭО – важнейшая составная часть геологоразведочного процесса. Она призвана определить промышленную значимость объекта в наиболее эффективном варианте его возможного промышленного освоения.

Основными задачами ГЭО являются (Временное…, 1998):

- определение количества и качества балансовых и забалансовых запасов, а также обоснование кондиций для их подсчета;
- расчет технико-экономических показателей промышленной ценности месторождения;
- обоснование оптимального варианта освоения месторождения;
- расчет размера регулярных платежей за право пользования недрами и др.

ГЭО промышленного значения месторождений производится на всех без исключения стадиях геологоразведочных работ и разработки (см. раздел 5 «Стадийность ГРР»). Однако содержание этого вида исследования во многом зависит от фактического материала, позволяющего дать объективную оценку качества и количества выявленных запасов или прогнозных ресурсов. Только на стадии разведки, в меньшей степени на стадии оценочных работ, могут быть получены достаточно полные сведения о геологическом строении объекта, позволяющие объективно охарактеризовать качество и количество запасов полезного ископаемого, технологические свойства минерального сырья, горнотехнические, гидрогеологические, экологические условия отработки. На стадиях регионального геологического изучения недр и поисковых работ оцениваются лишь прогнозные ресурсы. Практическая значимость прогнозных ресурсов определяется по результатам их ГЭО, когда устанавливается вероятное промышленное значение прогнозируемых месторождений.

Геологическое обоснование прогнозных ресурсов осуществляется в соответствии с Методическим руководством (Методическое руководство по оценке…, Богданов и др., 1986) и с учетом современных представлений по геолого-промышленных типам месторождений (на основе принципиальных геолого-генетических моделей процессов рудообразования).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЭО

Географо-экономическая характеристика района

Приводится географическое и административное положение месторождения, его удаленность от ближайшей железнодорожной станции, автомобильных дорог, населенных пунктов и возможного потребителя сырья; природно-климатические условия; освоенность района, население, его занятость, возможные источники энергоснабжения, обеспеченность стройматериалами.

Геологическое строение района

Приводятся краткие сведения об изученности и геологическом строении района, о закономерностях размещения месторождений всех видов минерального сырья.

Геологическое строение месторождения

Особенности геологического строения; структурные, литологические и иные факторы, определяющие условия залегания, морфологию рудных тел, вещественный состав руд, распределение основных и попутных компонентов, а также вредных примесей; наличие обогащенных участков и закономерности их размещения; сведения об изменчивости основных параметров рудных тел по простиранию и падению. Наличие промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, подлежащих раздельной добыче и переработке; характеристика их качества. Наличие и закономерности распределения безрудных прослоев, характеристика слагающих их пород.

Для россыпных месторождений – характеристика особенностей формы, размеров и состава продуктивного «пласта», состава и мощности «торфов», строение плотика; содержание ценных компонентов; размер, форма и прочие особенности зерен полезных минералов, пробность золота.

Группа сложности месторождения в соответствии с классификацией запасов и прогнозных ресурсов.

Методика геологоразведочных работ

Сведения о проведенной топографической съемке, системе координат и привязке разведочных выработок.

Изученность поверхности месторождения – геологическая съемка, геохимические и геофизические исследования, проходка шурфов и канав.

Изученность глубоких горизонтов месторождения – система разведки; плотность разведочной сети; обоснование участка, разведанного по более высокой категории; сводная таблица видов и объемов геологоразведочных работ; объем выработок, участвующих в подсчете запасов.

Глубина, диаметры и конструкция разведочных скважин, способ и технология бурения, результаты замеров зенитных и азимутальных искривлений скважин. Выход керна линейный, по массе или объемный; интервалы с низким выходом керна, избирательное истирание керна, поправочные коэффициенты, выход шлама по массе или объемный при шарошечном или ударном бурении.

Методика и техника геофизических работ – основные результаты, случайные и систематические погрешности геофизических измерений.

Методика опробования буровых скважин и горных выработок, качество опробования, оценка достоверности результатов, наличие систематических погрешностей, поправочные коэффициенты, схема обработки проб. Групповые пробы, методика их составления.

Аналитические работы: объемы, методы проведения основных, контрольных и арбитражных анализов, соответствие их действующим стандартам или другим нормативным документам. Результаты обработки данных контроля, качество анализов,

оценка влияния низкого качества анализов на результаты подсчета запасов (определение мощности, площади рудных тел, содержания и т. п.). Обоснованность предполагаемых поправочных коэффициентов.

Методы и число определений объемной массы для разных типов и сортов полезных ископаемых. Обоснование значений объемной массы, принятых для подсчета запасов.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Основные водоносные горизонты, наиболее обводненные участки и зоны, их взаимосвязь с поверхностными водотоками, химический состав и бактериологическое состояние поверхностных и подземных вод; величина ожидаемых, а также максимально возможных водопритоков в горные выработки. Для россыпных месторождений, предназначенных для дражной отработки – возможность устройства плотин с целью подъема воды.

Источники питьевого и технического водоснабжения горного предприятия, оценка дальнейшего использования подземных вод месторождения для целей водоснабжения или извлечения ценных компонентов, а также их очистки при сбросе в поверхностные водотоки.

Инженерно-геологические особенности пород месторождения – состав, трещиноватость, тектоническая нарушенность, способность полезных ископаемых к самовозгоранию, радиационная характеристика полезного ископаемого и вмещающих горных пород, возможность возникновения оползней, селевых потоков и т. д. При наличии многолетней мерзлоты необходимо выявить глубины распространения и температурный режим.

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

Способ разработки месторождения

Выбор способа разработки месторождения зависит от глубины и условий залегания тел полезных ископаемых и производится с учетом экономико-географических и горно-технологических факторов. Оценке подлежат следующие варианты освоения месторождения:

- открытый способ,
- подземный,
- открытый и подземный (комбинированный),
- геотехнологический.

Применение открытого способа разработки устанавливается с помощью предельного коэффициента вскрыши ($К_в^п$), вычисляемого по формуле:

$$К_в^п = (С_п – С_о) / С_в,$$

где $С_п$ – себестоимость добычи 1 т руды при подземном способе разработки, руб.; $С_о$ – то же при открытых работах без учета затрат на выемку пустых пород; $С_в$ – себестоимость 1 т вскрыши, руб.

При комбинированном способе границу освоения месторождения открытым способом устанавливают исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого открытым и подземным способами.

Система разработки

Выбор системы разработки и ее основных элементов производится исходя из анализа геологических и горнотехнических условий месторождения.

Потери и разубоживание

Их величину следует устанавливают в значениях, характерных для принятой системы разработки с учетом горно-геологических условий месторождения.

Величина потерь обычно составляет:

- 3-7 % при системах отработки с креплением и закладкой очистного пространства;
- 8-20 % с открытым выработанным пространством и магазинированием руды;
- 15-20 % с массовым обрушением;
- 4-6 % при открытом способе разработки.

Величины разубоживания:

- 5-10 % при системах с магазинированием, креплением и закладкой выработанного пространства;
- 15-20 % при системах с массовым обрушением;
- 5-10 % при открытом способе разработки.

Производительность предприятия и продолжительность периода разработки являются важнейшими оценочными показателями, определяющими себестоимость добычи, капитальные вложения в промышленное строительство и сроки строительства предприятия. Устанавливаются в зависимости от запасов месторождения, особенностей геологического строения, горно-технических условий эксплуатации. Если существуют ограничения потребности в данном сырье, особые природоохранные и другие факторы, регламентирующие добычу, то ограничивается и производительность предприятия.

В зависимости от величины эксплуатационных запасов, горно-геологических особенностей месторождения и способа отработки, годовую производительность можно определить, руководствуясь горно-техническими условиями. Порядок ее расчета установлен в нормах технологического проектирования и осуществляется при оценке объекта по результатам разведки в базовых вариантах оконтуривания.

Для расчета годовой производительности по добыче руды при оценке по результатам поисковых и оценочных работ можно использовать метод аналогии или рекомендовать упрощенные методы, отражающие статистическую зависимость между величиной эксплуатационных запасов и средней продолжительностью работы рудника. В этих целях используются табличные материалы, подготовленные ВИЭМС и представленные в методических разработках для практических занятий.

Для расчета эксплуатационных запасов руд ($З_э$) используется следующая формула:

$$З_э = З \cdot (1 - п) / (1 - р),$$

где З – запасы полезного ископаемого в недрах, тыс. т; п – потери при добыче, доли ед., р – разубоживание при добыче, доли ед.

Коэффициент изменения качества руды при добыче (Р) можно рассчитать, допуская отсутствие полезного компонента в засоряющих породах, по формуле:

$$Р = 1 – р.$$

Этот упрощенный метод, предложенный Тэйлором (Хилл, 1999), позволяет рассчитывать годовую производительность как частное от деления эксплуатационных запасов на срок эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что рассчитанная тем или иным способом годовая производительность предприятия является проектной и ее достижение требует определенного срока. Применительно к оценочным расчетам в условиях рыночных отношений неучет фактора времени достижения проектной производительности приводит к существенному искажению результатов экономической эффективности освоения месторождения независимо от того, проводится ли оценка по результатам поисковых, оценочных или разведочных работ.

Нужно учитывать также опыт рационального обеспечения запасами горнорудных предприятий:

- на 20-25 лет обычно обеспечиваются запасами рудники и карьеры черной металлургии, а крупные горнодобывающие комбинаты – не менее чем на 40 лет;
- на 30-40 лет – крупные горнорудные предприятия алюминиевой, медной, свинцово-цинковой и никелевой промышленности;
- на 20-30 лет – крупные предприятия по добыче вольфрама, молибдена, олова и др.;
- на 15-20 лет – золоторудные предприятия;
- на 5-10 лет – небольшие предприятия, эксплуатирующие богатые месторождения цветных металлов, золота и ценных видов неметаллического сырья, а также россыпные месторождения благородных и редких металлов, горнодобывающие предприятия химической промышленности и промышленности строительных материалов.

При определении фактического коэффициента вскрыши отстраивают схему освоения месторождения открытым способом. Верхний контур карьера откладывают соответственно результирующему углу наклона бортов карьера. Эти углы зависят от крепости пород (по М. М. Протодьяконову) и глубины карьера. Рекомендуемые значения также приводятся в специальных таблицах, представленных в методических разработках для практических занятий.

Для выполнения расчетов следует:

- вынести на план контуры верхнего и нижнего оснований карьера, а при необходимости и промежуточного контура (на уровне рыхлых отложений);
- определить объем карьера ($V_к$) по формулам:

$$V_к = [(S_в + S_н) / 2] \cdot H \text{ или } V_к = [(S_в + S_н + \sqrt{S_B \cdot S_H}) / 3] \cdot H,$$

где $S_в$ и $S_н$ – площади верхнего и нижнего оснований карьера, м^2; H – глубина карьера, м. Вторая формула применяется, если $S_в > S_н$ на 40 %;

- вычислить объемный коэффициент вскрыши ($K_в$):

$$K_в = (V_к – V_р) / V_р,$$

где $V_к$ – объем карьера, м^3; $V_р$ – объем руды, м^3;

- рассчитать (при необходимости) предельный коэффициент вскрыши ($K_в^п$):

$$K_в^п = (З_п – З_о) / З_в,$$

где $З_п$ – затраты (себестоимость) на добычу 1 т руды при подземном способе разработки, руб.; $З_о$ – то же при открытых работах; $З_в$ – затраты на выемку 1 т вскрышных пород при открытом способе, руб.

Если фактически коэффициент вскрыши меньше предельного ($К_в<К_в^п$), то целесообразен открытый способ разработки месторождения; если отмечена обратная зависимость ($К_в>К_в^п$), то подземный.

Расчет годовой производительности горнодобывающего предприятия во многом определяется горнотехническими условиями отработки и зависит, в первую очередь, от величины эксплуатационных запасов. Таблицы для упрощенного определения годовой производительности также приводятся в методических разработках для лабораторных занятий (Угрюмов, Дворник, 2004; Баранников, Макарова, 2002).

Годовая производительность по руде ($А_р$) может быть также определена по формуле:

$$А_р = З / Т,$$

где $Т$ – срок существования рудника, лет.

Производительность горнодобывающего предприятия по горной массе ($А_{гм}$) определяется по формуле:

$$А_{гм} = А_р \cdot (1+К_в).$$

Для расчета производительности по горной массе также можно воспользоваться эмпирической зависимостью:

$$А_{гм} = 42S – 10^5 \cdot S^2,$$

где S – средняя по глубине горизонтальная площадь проектного карьера.

Расчет годовой производительности по нормам технологического проектирования осуществляется, как правило, в базовых вариантах оконтуривания. В промежуточных вариантах годовую производительность по руде ($А_р$) рассчитывают по формуле:

$$А_р = \sqrt[a+b]{З_э},$$

где $З_э$ – эксплуатационные запасы руды, тыс. т; a, b – числовые коэффициенты, определяемые путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} A_{p1} = \sqrt[a+b]{З_{э2}} \\ A_{p2} = \sqrt[a+b]{З_{э1}} \end{cases}$$

В соответствии с принятой системой разработки и выбранной производительностью в горнотехнической части также рассматриваются: условия воздухо- и водоснабжения, вентиляции, откатки и подъема полезного ископаемого при подземной разработке, транспортировки вскрыши в отвал, а полезного ископаемого на фабрику. С учетом этого выбирается основное оборудование, режим работы предприятия, определяются укрупнено объемы работ по электро-, тепло- и водоснабжению.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

Обоснование технологии переработки минерального сырья. Базируется на данных изучения его вещественного состава, структурно-текстурных особенностей, физико-механических и других свойств, на результатах технологических испытаний, а также передового опыта переработки (обогащения) аналогичных видов минерального сырья. При

наличии на месторождении нескольких технологических типов руд, подлежащих раздельной переработке, технология переработки обосновывается для каждого из них.

Объемы и виды технологических исследований. Должны быть достаточны для выбора технологической схемы переработки минерального сырья и обоснования ее основных показателей. К ним относятся качество получаемой товарной продукции, ее выход от исходного минерального сырья, а для рудных месторождений – извлечение основных и попутных компонентов в товарную продукцию в процентах.

В соответствии с выбранной схемой обогащения составляется материальный баланс, согласно которому количество металла, поступившего на обогащение, равно количеству металла, просуммированного по продуктам обогащения. Связь основных показателей обогащения выражается в виде следующей формулы:

$$И_{об} = (В_к \cdot М_к) / М_р,$$

где $И_{об}$ – извлечение при обогащении, %; $В_к$ – выход концентрата, %; $М_к$ и $М_р$ – содержание металла в концентрате и добытой руде, соответственно, %.

При упрощенных расчетах, когда широко используются технико-экономические показатели предприятий-аналогов, коэффициент извлечения металла в концентрат иногда принимают по аналогии. В этом случае может оказаться необходимым обосновать уже другой показатель – выход концентрата (Вк) в тоннах по формуле:

$$В_к = [И_{об} \cdot М_р \cdot (1 - р)] / М_к,$$

где р – показатель разубоживания, доли ед.

При этом расход руды на получение 1 т концентрата (q):

$$q = 1 / В_к.$$

Добытое полезное ископаемое может перерабатываться на вновь построенной на месторождении обогатительной фабрике или на действующих в регионе предприятиях, имеющих свободные мощности или требующих увеличения мощностей по переработке сырья. Выбор местонахождения обогатительной фабрики обосновывается экономическими расчетами.

Производительность обогатительной фабрики по руде в конкретных условиях зависит от масштаба производства снабжающих ее рудников. Как правило, при оценке месторождений она принимается равной годовой производительности предприятия по добыче руды.

При оценке рудных месторождений конечной товарной продукцией обычно является сам металл. Поэтому процесс переработки минерального сырья следует оценивать, включая металлургический передел. Для этого необходимы сведения о технологической схеме переработки концентратов, извлечении полезных компонентов в конечную товарную продукцию, а также перечень выпускаемой конечной товарной продукции по маркам. Эти показатели принимаются по фактическим данным металлургических предприятий, на которых предусматривается переработка концентратов и промпродуктов из руд оцениваемого месторождения.

Сквозное извлечение металла в конечный товарный продукт (И) с учетом металлургического передела:

$$И = И_{об} \cdot И_м,$$

где $И_м$ – извлечение при металлургическом переделе, доли ед.

Изучение поведения попутных компонентов в процессе переработки. Изучается содержание попутных компонентов в продуктах обогащения, баланс распределения каждого попутного компонента по минералам и продуктам.

Определение состава и свойств отходов. Исследуется состав и свойства отходов, возможность их промышленного использования, целесообразность учета количества отдельных видов отходов или утверждение их запасов.

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Изучение и прогнозирование воздействия результатов геологоразведочных работ, а также разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду, является обязательной составной частью ГЭО (Временное…, 1998). Полученные при этом данные должны способствовать ликвидации их негативных последствий, получению исходных данных, необходимых для комплексного промышленного освоения, а также разработке рационального комплекса природоохранных мероприятий, определению их стоимости на разных стадиях изучения и геолого-экономической оценке месторождений. Результаты отмеченных исследований проходят экологическую экспертизу.

Влияние геологоразведочных работ и промышленного освоения месторождений на окружающую среду многоаспектно. Оно может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель и других негативных воздействиях. Характер и степень этого влияния в значительной мере обусловлены способом ведения геологоразведочных работ и отработки месторождения, а также составом добываемых и перерабатываемых полезных ископаемых, технологией их обогащения, металлургического и химического передела, степенью очистки отходящих газов и сточных вод.

Предотвращение или нейтрализация отрицательного воздействия освоения месторождения на природную среду возможны только при наличии максимально полной информации о характере объекта и условиях его эксплуатации. Она должна быть получена в процессе разведочных работ и использована для выработки соответствующих проектных решений и природоохранных мероприятий.

Все эти вопросы, разобранные с той или иной степенью достоверности (в зависимости от собранного материала), находят отражение в разрабатываемых ТЭД и ТЭО.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

В данном разделе приводится обоснование величины инвестиций (капитальных вложений и оборотных средств) в освоение месторождения, а также эксплуатационных затрат, связанных с добычей и обогащением полезного ископаемого. Рассчитываются показатели эффективности освоения месторождений, выбирается оптимальный вариант их освоения.

В практике оценки месторождений полезных ископаемых существует два основных метода определения капитальных затрат и производственных (эксплуатационных)

расходов: 1 – прямой расчет и 2 – метод аналогии. *Прямые расчеты* более точны и надежны. Они позволяют учесть все специфические особенности проекта. Однако на ранних стадиях изучения объекта данных для прямого расчета недостаточно, и тогда для предварительной оценки необходимых вложений используется *метод аналогии*, который может применяться в двух модификациях. В первом случае выбирается непосредственный объект-аналог – месторождение того же геолого-промышленного типа, расположенное в том же регионе, близкое по геологическим, горнотехническим и горно-технологическим условиям. Технико-экономические показатели объекта-аналога принимаются за основу для проведения расчетов. Вторая модификация предусматривает оценку необходимых затрат с помощью укрупненных показателей – удельных капиталовложений на разные виды работ. Удельные капвложения – это затраты, отнесенные на единицу объема работ – на 1 т руды, на 1 км строительства дороги, на 1 км проведения ЛЭП и т. д. Удельные показатели определяются отраслевыми институтами – ВИЭМС в Москве, ИГД в Екатеринбурге и др. на основе анализа деятельности профильных предприятий, и позиционируются как соответствующие нормативы.

Обоснование инвестиций в освоение месторождений

Инвестиции включают в себя капитальные вложения на фонды промышленного и непромышленного назначения, а также инвестиции в оборотный капитал.

К *фондам промышленного назначения* относятся рудник с комплексом горно-капитальных выработок, зданий, сооружений и оборудования; обогатительная фабрика с объектами хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения; участок автомобильных дорог и железнодорожных путей от месторождения до существующих путей сообщения; службы энерго-, водо- и теплоснабжения, канализации и т. д. *Непромышленные фонды* – это объекты социального, жилищного и бытового назначения.

1. Капитальные вложения в строительство рудника.

Определяются в соответствии с намеченным способом разработки, исходя из годовой производительности и капитальных удельных вложений на горно-капитальные работы, оборудование, здания и сооружения в соответствии с глубиной разработки и с учетом территориального поправочного коэффициента. Учитываются также затраты на получение лицензий: права на пользование землей и недрами, на определенные виды деятельности; организационные расходы, включая регистрацию предприятия; затраты по компенсации потерь от изъятия земель и другие расходы, связанные со строительством объектов.

Капитальные вложения в строительство карьера, рудника могут быть определены по формуле:

$$K_{\text{р}} = K_{\text{ур}} \cdot A_{\text{р}},$$

где $K_{\text{ур}}$ – удельные капитальные затраты на 1 т годовой производительности по руде или горной массе, руб.; $A_{\text{р}}$ – производительность рудника по руде или горной массе, т/год. Удельные показатели принимаются в соответствии с действующими нормативами, приведенными в методических разработках к лабораторным занятиям.

2. Капитальные вложения в строительство обогатительной фабрики.

Определяются с учетом ее производительности и удельных затрат на 1 т производственных мощностей по переработке минерального сырья, а также территориального поправочного коэффициента.

Для определения капитальных вложений в строительство обогатительной фабрики на основе удельных показателей используется формула:

$$K_{ф} = K_{уд} \cdot A_{ф},$$

где $K_{уд}$ – удельные капвложения на 1 т годовой производительности, руб.; $A_{ф}$ – годовая производительность фабрики.

3. Капитальные вложения в строительство автомобильных и железных дорог, линий электропередач, водоснабжение и прочее также определяются в соответствии с нормативами удельных капитальных вложений на 1 км сооружений, их протяженностью и поправочными коэффициентами, учитывающими район строительства и рельеф местности.

4. Капитальные вложения на предстоящие геологоразведочные работы учитываются, исходя из запасов месторождения, а также из удельных затрат на разведку 1 т руды запасов категорий $A+B+C_1$, и относятся к первому году строительства горнорудного предприятия. Они определяются по данным объектов-аналогов или методом прямого расчета путем составления сметы на проведение геологоразведочных работ.

5. Прочие капитальные вложения в строительство объектов жилищного, коммунального и культурно-бытового назначения определяются исходя из числа трудящихся на горном предприятии и удельных затрат на одного человека при строительстве этих объектов.

6. Общие капитальные затраты ($K_{общ}$) определяются как сумма затрат на строительство рудника (карьера), обогатительной фабрики, затрат на транспорт, строительство линий электропередач, затрат на геологоразведочные работы и прочих.

Прочие капитальные вложения ориентировочно можно принять в размере 10-15 % для малых и средних объектов и 20-25 % для крупных от суммы капитальных затрат на строительство рудника (карьера) и обогатительной фабрики.

Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты, связанные с добычей и обогащением полезного ископаемого, состоят из цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов. Они определяют себестоимость продукции горно-обогатительного предприятия. Эксплуатационные затраты также устанавливаются прямым расчетом или с использованием показателей существующих предприятий, разрабатывающих аналогичные месторождения в сходных географо-экономических условиях.

1. Цеховые эксплуатационные затраты

При подземной добыче полезного ископаемого цеховые эксплуатационные затраты определяются с помощью укрупненных нормативных показателей себестоимости добычи руды в зависимости от годовой производительности рудника, глубины разработки, варианта вскрытия и системы добычи.

При открытой добыче цеховые затраты рассчитываются с помощью укрупненных нормативов в зависимости от годовой производительности, типов и размеров основного оборудования, транспортных средств, глубины карьера и коэффициента вскрыши.

Затраты на рекультивацию нарушенных земель, которые входят в цеховые эксплуатационные затраты, определяются исходя из площади нарушенных земель и удельных затрат на рекультивацию 1 га.

Затраты по обогащению полезного ископаемого определяются с помощью укрупненных нормативных показателей цеховой себестоимости в соответствии с намеченной производительностью фабрики, способом обогащения и составом руд.

2. Общекомбинатские расходы зависят от цеховой себестоимости добычи, обогащения и составляют обычно 8-10 % от цеховых расходов.

3. *Внепроизводственные расходы* складываются из цеховых погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки концентрата до линии железной дороги общего пользования. Укрупненно они могут быть приняты в размере 3-5 % от цеховой себестоимости.

Затраты по охране окружающей среды зависят от характера производственной деятельности и местных условий, рассчитываются отдельно и включаются в эксплуатационные затраты.

Общая величина эксплуатационных затрат определяется как сумма цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов, а также затрат по охране среды.

Показатели эффективности освоения месторождения

При оценке эффективности освоения месторождения соизмерение разновременных затрат и показателей осуществляется путем приведения (дисконтирования) их к базисному моменту времени – началу строительства горнодобывающего предприятия. Это реализуется их умножением на коэффициент дисконтирования:

$$K_{\text{д}} = \frac{1}{(1+\text{E})^{t}},$$

где t – номер расчетного года, начиная от начала строительства горнодобывающего предприятия; E – норма дисконтирования, которая принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода или прибыли на капитал (процентная ставка). Эта норма устанавливается на таком уровне, который позволил бы инвестору не только компенсировать риск, но и получить требуемую прибыль. Обычно эта норма при постоянных ценах в горной промышленности колеблется в следующих пределах:

- от 10-12 % при разработке месторождений строительных материалов;
- 15-18 % при разработке месторождений черных и цветных металлов;
- до 20-25 % при разработке месторождений золота.

Кроме того, для учета фактора времени в экономических расчетах применяется коэффициент ежегодной ренты (аннуитета), который определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{а}} = \frac{(1+\text{E})^{\text{Тэ}} - 1}{(1+\text{E})^{\text{Тэ}} \text{ x E}}$$

Коэффициенты дисконтирования и аннуитета, рассчитанные для разных значений E и t, приводятся в виде справочных таблиц в методических разработках по практике ГЭО.

Основными показателями экономической эффективности освоения месторождения являются:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости капитальных вложений (То);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам (Рф);
- рентабельность предприятия по отношению к эксплуатационным затратам (Рэ).

Чистый дисконтированный доход определяется как сумма чистых доходов за весь расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - \text{З}_t)\cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^t}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^t}\right),$$

где t = 1, 2, 3…T – количество лет от начала строительства до ликвидации предприятия; Ц_t – стоимость продукции (выручка) в t-м году, руб.; З_t – эксплуатационные затраты, произведенные в том же году без учета амортизационных отчислений, руб.; K_t – капитальные вложения (инвестиции) в t-м году, руб.; Е – норма дисконтирования.

С использованием соответствующего коэффициента дисконтирования формула несколько упрощается:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - \text{З}_t)\cdot K_{\text{д}}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot K_{\text{д}}\right).$$

Если ЧДД положителен, освоение месторождения эффективно; при отрицательном ЧДД освоение окажется неэффективным как не отвечающее установленной норме дохода.

На начальных стадиях изучения месторождения не представляется возможным определить величину выручки, эксплуатационных затрат и капитальных вложений по отдельным годам. Поэтому величины выручки и затрат принимаются постоянными за все время разработки, а величину капитальных вложений – постоянной за все время строительства. Средняя величина дохода определяется по формуле:

$$\text{Д}_\text{г} = \text{Ц}_\text{г} - \text{З}_\text{г},$$

где $\text{Д}_\text{г}$ – среднегодовой доход; $\text{Ц}_\text{г}$ – среднегодовая стоимость продукции (выручка) за год; $\text{З}_\text{г}$ – среднегодовые эксплуатационные затраты, включая амортизационные отчисления.

Среднегодовой доход с амортизационными отчислениями ($\text{Д}^1_\text{г}$) будет:

$$\text{Д}^1_\text{г} = \text{Д}_\text{г} + \text{А}_\text{о},$$

где $\text{А}_\text{о}$ – амортизационные отчисления.

В этом случае ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \text{Д}^1_\text{г}\cdot\frac{(1+\text{Е})^{T_\text{э}}-1}{(1+\text{Е})^{T_\text{э}}\text{ x Е}} - K_\text{г}\cdot\frac{(1+\text{Е})^{T_\text{с}}-1}{(1+\text{Е})^{T_\text{с}}\text{ x Е}},$$

где $K_\text{г}$ – среднегодовая величина капитальных вложений; $T_\text{э}$ – срок эксплуатации месторождения; $T_\text{с}$ – срок строительства предприятия.

Подставляя коэффициенты дисконтирования и аннуитета, формулу можно значительно упростить:

$$\text{ЧДД} = \text{Д}^1_\text{г}\cdot K_{\text{аэ}}\cdot K_{\text{дс}} - K_\text{г}\cdot K_{\text{ас}},$$

где $K_{\text{аэ}}$ – коэффициент аннуитета на срок эксплуатации, $K_{\text{дс}}$ – коэффициент дисконтирования на срок строительства, $K_{\text{ас}}$ – коэффициент аннуитета на срок строительства.

Индекс доходности (ИД) показывает, во сколько раз приведенные доходы превышают приведенные капитальные вложения:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - 3_t)\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right]}{\sum_{t=1}^{T}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right)}$$

Или на начальных этапах изучения месторождения:

$$\text{ИД} = \frac{Д_г^1\cdot\frac{(1+\text{E})^{T_э}-1}{(1+\text{E})^{T_э}\cdot\text{E}}\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^{T_c}}}{\text{Кг}\cdot\frac{(1+\text{E})^{T_c}-1}{(1+\text{E})^{T_c}\text{ x E}}}.$$

Или с использованием коэффициентов:

$$\text{ИД} = (Д^1_г \cdot К_{аэ} \cdot К_{дс}) / (К_г \cdot К_{ас}).$$

Разработка месторождения эффективна, если индекс доходности больше 1.

Срок окупаемости капитальных вложений ($T_о$) – временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы уравнивают приведенные капитальные вложения. Срок окупаемости определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{To}\left[(\text{Ц}_t - 3_e)\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right] = \sum_{t=1}^{To}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right)$$

или на начальных стадиях изучения месторождений

$$T_о = -\frac{\log\left\{1-\frac{K_г}{Д_г^1}[(1+\text{E})^{tc}-1]\right\}}{\log(1+E)}.$$

Логарифмирование производится по любому основанию, так что можно применять как натуральные логарифмы, так и десятичные.

Возможно определение $T_о$ и графическим способом (рис. 49).

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина приведенных доходов уравнивает приведенные капитальные вложения. ВНД определяется из условия (в неявной форме):

$$\sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - 3_e)\cdot\frac{1}{(1+\text{ВНД})^t}\right] = \sum_{t=1}^{T}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{ВНД})^t}\right)$$

На начальных стадиях изучения месторождения ВНД определяется из условия:

$$Д^1_г\cdot\frac{(1+\text{ВНД})^{T_э}-1}{(1+\text{ВНД})^{T_э}\cdot\text{ВНД}} = К_г\cdot\frac{(1+\text{ВНД})^{T_c}-1}{(1+\text{ВНД})^{T_c}\cdot\text{ВНД}}$$

Ориентировочная величина ВНД определяется соотношением: ВНД = 75 / $T_о$, %.

На практике часто применяется простой графический способ определения ВНД. Для этого рассчитывается 3 значения ЧДД при разной величине Е и строится график, на котором в выбранном масштабе по вертикальной оси откладываются ЧДД, а по горизонтальной – Е. По трем точкам проводится прямая, которая пересечет горизонтальную ось в точке, соответствующей значению ВНД (рис. 50).

Рентабельность разработки месторождения по отношению к основным производственным фондам ($Р_ф$) вычисляется по формуле:

$$Р_ф = П_ч / Ф \cdot 100\ \%, \text{ или } Р_ф = Д_г / К \cdot 100\ \%,$$

где $П_ч$ – среднегодовая прибыль после уплаты налогов; Ф – стоимость производственных фондов предприятия (основных и оборотных средств); $Д_г$ – среднегодовой доход; $К$ – капитальные вложения в освоение месторождения.

Рентабельность предприятия по отношению к годовым эксплуатационным затратам ($Р_з$) может быть определена по формулам:

$$Р_з = П_ч / З_г \cdot 100\ \% \text{ или } Р_з = Д_г / З_г \cdot 100\ \%,$$

где $З_г$ – годовые затраты, руб.

С учетом, платежей, налогов и отчислений расчет показателей ГЭО осуществляется в следующем порядке.

Величина годовой прибыли ($П_г$) определяется по формуле:

$$П_г = Ц_г – (З_г + Н_э),$$

где $Ц_г$ – среднегодовая стоимость продукции без налога на добавленную стоимость (выручка); $З_г$ – среднегодовые эксплуатационные затраты с учетом амортизационных отчислений; $Н_э$ – величина налогов, платежей, отчислений, учитываемая в структуре эксплуатационных затрат. К ним относятся, в первую очередь, налог на добычу и дорожный налог.

Величина чистой годовой прибыли ($П_ч$) определяется по формуле:

$$П_ч = П_г – Н_п,$$

где $Н_п$ – величина налогов, платежей, отчислений, изымаемая из прибыли. Основную их часть составляют налоги на прибыль и на имущество.

Величина чистой годовой прибыли с амортизационными отчислениями ($П^1_ч$) определяется по формуле:

$$П^1_ч = П_ч + А_о,$$

где $А_о$ – амортизационные отчисления, определяемые в соответствии с действующими нормами амортизации.

При расчетах показателей эффективности используется чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями ($П^1_ч$) за исключением расчета рентабельности ($Р_ф$, $Р_з$), где используется чистая годовая прибыль $П_ч$.

Вычисление показателей экономической эффективности освоения месторождения с учетом существующих налогов, платежей и отчислений осуществляется по формулам:

$$ЧДП = \sum_{t=1}^{T}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right),$$

$$ИП = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right]}{\sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right)}$$

$T_о$ определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{To}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right] = \sum_{t=1}^{To}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right)$$

ВНП определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{T}\left[П_t^1 \cdot \frac{1}{(1+ВНД)^t}\right] = \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+ВНД)^t}\right)$$

На начальных стадиях изучения используются соответственно следующие формулы:

$$ЧДП = П_ч \cdot \frac{(1+Е)^{Tэ}-1}{(1+Е)^{Tэ} \cdot Е} - K_г \cdot \frac{(1+Е)^{Tс}-1}{(1+Е)^{Tс} \cdot Е} \text{ или}$$

$$ЧДД = П_ч \cdot К_{аэ} – K_г \cdot K_{ас},$$

$$\text{ИП} = \frac{\text{П}^1_\text{ч} \cdot \frac{(1+\text{Е})^{T_\text{э}} - 1}{(1+\text{Е})^{T_\text{э}} \cdot \text{Е}} \cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^{T_\text{с}}}}{\text{Кг} \cdot \frac{(1+\text{Е})^{T_\text{с}} - 1}{(1+\text{Е})^{T_\text{с}} \cdot \text{Е}}}, \text{ или ИП} = \text{П}_\text{ч} \cdot K_\text{аэ} / K_\text{г} \cdot K_\text{ас},$$

$$T_\text{о} = - \frac{\log\left\{1 - \frac{K_\text{г}}{\text{П}^1_\text{ч}}[(1+\text{Е})^{T_\text{с}} - 1]\right\}}{\log(1+E)},$$

ВНП определяется из условия:

$$\text{П}^1_\text{ч} \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_\text{э}} - 1}{(1+\text{ВНД})^{T_\text{э}} \cdot \text{ВНД}} = K_\text{г} \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_\text{с}} - 1}{(1+\text{ВНД})^{T_\text{с}} \cdot \text{ВНД}},$$

$$\text{Р}_\text{ф} = \text{П}_\text{ц} / \Phi \cdot 100\ \%,$$

$$\text{Р}_\text{з} = \text{П}_\text{ц} / \text{З}_\text{г} \cdot 100\ \%.$$

Денежный поток при разработке месторождения является дополнительным показателем эффективности освоения. Его составляющими являются приток и отток средств по годам с начала деятельности горного предприятия. Источниками притока средств являются выручка от реализации производственной продукции и реализации остаточных производственных фондов при ликвидации предприятия, сокращение величины оборотных средств. Основными составляющими оттока средств являются эксплуатационные расходы, налоговые выплаты, платежи и отчисления, которые не входят в структуру эксплуатационных затрат, увеличение оборотных средств, отчисления в развитие геологоразведочных работ и т. д. Суммарная разность между притоком и оттоком средств за весь период существования предприятия называется *чистым денежным потоком*. Если величины этого потока приводят к началу разработки месторождения, то суммарная величина этих значения является дисконтированным чистым денежным потоком. При определении денежного потока при разработке месторождения конкретным частным предприятием при оттоке средств, кроме того, учитывается погашение взятого кредита банка на строительство горного предприятия и выплата процентов по этому кредиту.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обоснование оптимального варианта освоения месторождения осуществляется на основе сопоставления его технико-экономических показателей при разных значениях бортового содержания, а именно: величины запасов полезных компонентов, размера капитальных вложений, эксплуатационных затрат, чистого дисконтированного дохода и т. д. Полный перечень этих показателей, а также пример повариантных технико-экономических расчетов для полиметаллического месторождения приводится в методических разработках для лабораторных занятий по дисциплине «Разведка и ГЭО МПИ».

Ни один из показателей не является достаточным для окончательного вывода о предпочтении того или иного варианта оконтуривания или подсчета запасов. Однако каждый из них должен отвечать заранее обусловленным требованиям инвестора: чистый дисконтированный доход и внутренняя норма доходности должны быть не меньше заранее установленной величины; срок окупаемости капитальных вложений – не более намеченного времени и т. п.

В целом, промышленное значение месторождения определяется экономической эффективностью его разработки. Наряду с этим необходимо учитывать потребность промышленности в данном виде минерального сырья, наличие трудовых ресурсов, а также социальное положение населения в районе расположения объекта, экологическую ситуацию и т. п. Неполное удовлетворение потребности конкретного района в минеральном сырье может служить основанием для предложения о снижении налогов и предоставлении льгот при разработке месторождения.

Контрольные вопросы к теме 5

1. Цели и задачи ГЭО МПИ
2. Геологические показатели ГЭО
3. Горнотехнические показатели ГЭО
4. Технологические показатели ГЭО
5. Обоснование инвестиций в освоение месторождения
6. Определение эксплуатационных затрат при разработке
7. Назначение и применение коэффициента дисконтирования, ставки дисконта, коэффициента аннуитета
8. Основные показатели эффективности освоения месторождения
9. Определение чистого дисконтированного дохода
10. Определение индекса доходности
11. Определение срока окупаемости инвестиций
12. Определение внутренней нормы доходности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Становление учения о разведке недр прошло длинный исторический путь, постепенно накапливая опыт и знания при изучении и оценке различных типов месторождений полезных ископаемых. К настоящему времени *разведка* представляет *самостоятельную научную дисциплину,* имеющую объекты изучения, методологические подходы, геолого-экономическую основу оценки полученных результатов.

Накопленный опыт разведки и геолого-экономической оценки месторождений получил отражение в многочисленных литературных источниках: монографиях, учебниках и учебных пособиях, научных статьях, методических разработках и рекомендациях. Направления совершенствования геологоразведочных работ, обоснованные еще в 80-90-е годы XX столетия, во-многом актуальными и в настоящее время. К числу сформулированных при этом задач следует отнести (Комплексная…, 1990):

- повышение достоверности утверждаемых по результатам разведки запасов;
- обоснование комплексного использования минерального сырья на основе совершенствования рациональной технологии переработки полезных ископаемых;
- совершенствование методов опробования и способов обработки проб;
- повышение уровня изученности вещественного состава и технологических свойств полезного ископаемого;
- повышение роли геофизических и геохимических исследований при оконтуривании залежей полезных ископаемых, изучении их внутреннего строения;
- совершенствование методики разведки и геолого-экономической оценки месторождений на основе обобщения передового отечественного и зарубежного опыта.

В то же время нельзя оперировать только накопленным опытом. С течением времени меняются экономические условия хозяйствования, совершенствуются подходы к оценке промышленной значимости месторождений. В современных условиях необходимо внедрение в геологоразведочный процесс геоинформационных технологий. При этом возможны следующие направления сбора информации и её обобщения:

- перевод накапливаемой геологической информации по месторождениям с бумажных носителей на цифровые;
- создание банка цифровых данных по всем разведанным пересечениям, включающим результаты опробования, аналитических, инженерно-геологических и иных исследований;
- разработка цифровых моделей месторождений, позволяющих на базе 3D моделирования анализировать форму и условия залегания тел полезных ископаемых, пространственное распределение качественных показателей в объеме рудных тел, оценивать роль и значение рудоконтролирующих факторов на прилегающих к месторождению территориях (в пределах рудных районов и узлов);
- производить подсчет запасов и ГЭО, обосновывать кондиции на минеральное сырье, укреплять и стабилизировать добычу минерального сырья требуемого качества на горнорудных предприятиях и т. д.

Все изложенное определяет высокую актуальность подготовки квалифицированных кадров в рамках высшей школы, владеющих не только глубокими геологическими

знаниями, но и современными приемами сбора и обработки накопленной информации с использованием IT-технологий.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

для обучающихся по специальности:

***21.05.03* Технология геологической разведки**

Екатеринбург

Под промышленными типами понимаются такие естественные геолого-минералогические типы месторождений, при эксплуатации которых в сумме во всем мире извлекается несколько процентов данного вида полезного ископаемого.

Кроме этого, промышленными называются месторождения с балансовыми запасами, которые экономически целесообразно разрабатывать при современном состоянии техники отработки и технологии переработки руд. Промышленный тип месторождения определяется прежде всего геологическими условиями залегания и морфологией рудных тел, минеральным и вещественным составом руд, от которых зависят методы отработки месторождения и технология получения металлов.

По своему содержанию дисциплина «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» – это ветвь науки о геологии месторождений, главной задачей которой является изучение определенных геолого-промышленных типов месторождений в земной коре. Познание закономерностей размещения месторождений, строения слагающих их рудных тел, изучение масштабов объектов, их характерных особенностей, все это необходимо для организации и проведении геологоразведочных работ различного назначения и в совокупности составляет основные цели изучения дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых».

Целью освоения учебной дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» является ознакомление студентов с главными и второстепенными типами месторождений полезных ископаемых по каждому виду минерального сырья. Приобретение студентами навыков на основе описания месторождения, по геологической карте или разрезу, и по предоставленной коллекции образцов отнесение месторождения к определенному геолого-промышленному типу.

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- приобретение студентами знаний по минеральным типам руд, их структурно-текстурным особенностям, требованиям промышленности к рудам различных промышленных типов месторождений, их качеству и величине запасов.

- получение представлений по комплексному использованию руд для разработки рациональной системы их обогащения.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 118 часов.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					82
1	Повторение материала лекций	1 тема	0,1-4,0	2,0 х 13= 26	26
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	3,0 х 13 = 39	39
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,4 х 13 = 4,2	4
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	0,35 х 37= 13	13
Другие виды самостоятельной работы					
5	Подготовка к экзамену	1 экзамен		27+9	27+9
	Итого:				118

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Общие сведения о дисциплине промышленные типы месторождений полезных ископаемых

Основные понятия, задачи и содержание дисциплины. Группировка промышленных месторождений по запасам. Понятие качества руд. Требования

промышленности к качеству полезного ископаемого (кондиции). Разделение руд по качеству. Промышленная классификация.

Раздел 2. Промышленные типы месторождений черных металлов

Главные и второстепенные промышленные типы месторождений железа. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд. Главные промышленные минералы железных руд. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений главных и второстепенных промышленных типов.

Промышленные типы месторождений марганца. Области применения марганцевых руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам марганцевых руд. Главные промышленные минералы руд марганца. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений.

Промышленные типы месторождений хрома. Области применения хромитовых руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам хромитовых руд. Главные промышленные минералы руд хрома. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 3. Промышленные типы месторождений легирующих металлов

Промышленные типы месторождений титана и ванадия; области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд титана и ванадия. Главные промышленные минералы руд титана и ванадия. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений никеля. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд никеля. Главные промышленные минералы руд никеля. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений кобальта. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд кобальта. Главные промышленные минералы руд кобальта. Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений вольфрама. Области его использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам вольфрама. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений молибдена. Области использования этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам молибдена. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 4. Промышленные типы месторождений цветных металлов

Главные промышленные типы месторождений алюминия. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд алюминия. Минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов. Второстепенные промышленные типы и потенциальные источники получения алюминия (не из бокситов).

Главные промышленные типы месторождений меди. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд меди. Главные промышленные минералы руд меди. Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений свинца и цинка. Области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд свинца и цинка. Главные промышленные минералы руд свинца и цинка.

Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений сурьмы и ртути. Области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд сурьмы и ртути. Главные промышленные минералы руд сурьмы и ртути. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 5. Промышленные типы месторождений благородных металлов

Главные промышленные типы месторождений золота. Области использования золота и изделий из него. Кондиции, предъявляемые промышленностью к золоторудным месторождениям. Главные промышленные минералы руд золота. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений платины и платиноидов. Области ее использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

Раздел 6. Промышленные типы месторождений редких и радиоактивных металлов

Промышленные типы месторождений лития. Области использования лития и его соединений. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам лития. Главные промышленные минералы руд лития. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений бериллия. Области его использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам бериллия.

Главные промышленные минералы руд бериллия. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов. Промышленные типы экзогенных и метаморфогенных месторождений урана. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры месторождений. Коэффициент радиоактивного равновесия.

Промышленные типы гидротермальных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры месторождений. Промышленные типы месторождений ниобия и тантала. Области использования этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам ниобия и тантала.

Главные промышленные минералы руд. Подразделение месторождений по содержанию главных полезных элементов. Связь месторождений тантала и ниобия с различными породными комплексами. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений циркония. Области использования этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам циркония. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 7. Промышленные типы месторождений химического и агрохимического сырья

Промышленные типы месторождений минеральных солей. Области применения солей и их соединений. Минеральный состав главных промышленных руд. Масштабы месторождений различных типов. Промышленные типы месторождений фосфатного сырья. Области использования апатитов и фосфоритов. Кондиции для месторождений апатитового и фосфоритового сырья. Главные минеральные разновидности руд фосфоритов и апатитов. Форма рудных тел. Примеры для каждого промышленного типа.

Промышленные типы месторождений серы. Области использования серы и ее соединений. Кондиции, предъявляемые промышленностью к серным рудам. Форма рудных тел месторождений различных генетических типов. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов. Промышленные типы месторождений бора. Области использования руд бора. Кондиции, предъявляемые промышленностью к борным рудам. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

Раздел 8. Промышленные типы месторождений индустриального сырья

Промышленные типы месторождений слюд. Области использования слюды. Минеральный состав главных промышленных руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к слюдяным рудам. Масштабы месторождений слюд. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов. Промышленные типы месторождений талька и пирофиллита. Области их использования. Генетические типы месторождений. Формы и размеры промышленных тел в главных месторождениях. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

Промышленные типы месторождений графита. Области использования графита в промышленности. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам графита. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений магнезита и брусита. Области использования магнезита и брусита в промышленности. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам магнезита и брусита. Примеры месторождений. Промышленные типы месторождений хризотил-асбеста. Области применения изделий из хризотил-асбеста. Основные типы руд и содержание в них асбестового волокна. Условия образования месторождений различных промышленных типов и их масштабы. Примеры месторождений ведущих геолого-промышленных типов.

Промышленные типы месторождений амфибол-асбеста. Области применения амфибол-асбеста. Основные минеральные разновидности руд. Условия образования месторождений различных промышленных типов и их масштабы. Примеры месторождений ведущих геолого-промышленных типов.

Промышленные типы месторождений цеолитов. Области использования цеолитового сырья. Условия образования и генетическая природа цеолитовых месторождений. Основные разновидности цеолитов. Промышленные типы месторождений барита и витерита. Области использования этих минералов и их руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к баритовым и витеритовым рудам. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

Раздел 9. Промышленные типы месторождений оптического сырья.

Основные промышленные типы месторождений кварца. Условия их образования и вмещающие породы главных промышленных типов месторождений. Примеры наиболее известных месторождений главных геолого-промышленных типов. Промышленные типы месторождений флюорита. Области использования флюоритового сырья. Кондиции, предъявляемые добывающей промышленностью к качеству флюоритовых руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 10. Промышленные типы месторождений алмазов и камнесамоцветного сырья.

Промышленные типы месторождений алмазов с примерами для каждого из них. Области использования алмазов. Основные разновидности алмазов, в том числе по месту их использования. Кондиции для месторождений коренных руд и для россыпей. Разновидности месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Главные минералы, относящиеся к каждой из перечисленных групп. Месторождения, представленные ювелирными, ювелирно-поделочными и поделочными камнями. Условия

образования этих месторождений и вмещающих их пород. Примеры месторождений основных геолого-промышленных типов.

Раздел 11. Промышленные типы месторождений цементного сырья.

Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию. Промышленные типы месторождений цементного сырья. Процесс производства портланд-цемента.

Раздел 12. Промышленные типы месторождений керамического сырья (каолина, глин, пегматитов, гранитов).

Промышленные типы месторождений керамического сырья. Области использования разнообразных керамических изделий. Кондиции, предъявляемые промышленностью к керамическому сырью. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

Раздел 13. Промышленные типы месторождений стекольного сырья

Промышленные типы месторождений стекольного сырья. Области использования стекла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к стекольному сырью. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

План лабораторных занятий по дисциплине «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»

1. Знакомство с литературой по описанию конкретных месторождений полезных ископаемых;
2. Описание каждого месторождения в табличной форме;
3. Зарисовка плана или разреза месторождения;
4. Изучения коллекции образцов по каждому месторождению;
5. Коллоквиум по каменному материалу.

На лабораторные занятия преподавателем объявляется список месторождений подлежащих изучению студентами. Этот список, как правило, не превышает четырех-пяти объектов за занятие по одному или двум близким видам минерального сырья. Студентам дается время 40-50 минут от занятия, для изучения литературы и описания месторождений.

Описание месторождений производится в отдельной тетради, которая озаглавливается – «Каталог месторождений». На титульном листе каталога должна быть написана фамилия студента, группа, изучаемая дисциплина. Пример оформления титульного листа дается в приложении № 1.

Характеристика месторождения полезных ископаемых производится на развернутом листе тетради в табличной форме. На одном листе следует помещать не более двух месторождений. В таблице описания месторождений левый лист делится пополам и на правой его половине помещается разрез месторождения. Всего на странице помещаются следующие столбцы по порядку:

1. Номер по порядку;
2. Название месторождения;
3. Генетический класс месторождения;
4. Извлекаемые полезные ископаемые;
5. Масштаб месторождения;
6. Разрез месторождения с условными обозначениями.

Правый лист делится на три равных столбца:

1. Формы рудных тел;
2. Минеральный состав руд и вмещающие породы;
3. Структуры и текстуры руд.

Пример заполнения таблицы приводится на рисунке 1.

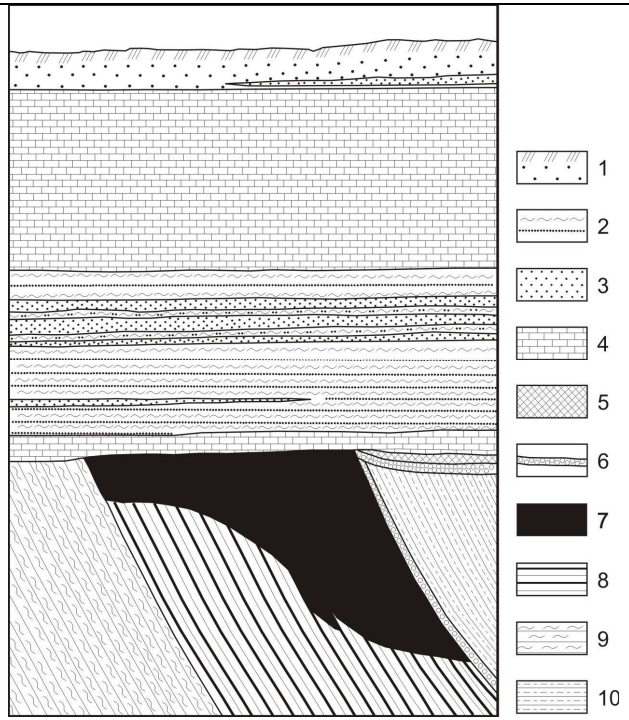
№пп	Название месторождения	Генетический класс	Извлекаемые ПИ	Масштаб месторождения	Разрез (план) месторождения	Форма рудных тел	Минеральный состав руд и вмещающих пород	Структуры и текстуры руд
1	КМА (Яковлевское)	Метаморфизованный	Fe	12 000 млн. т.	 1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.	Пластовая, смятая в складки, пластообразная, плащеобразная	Магнетит, гематит, мартит. Железистые кварциты	Структуры: Мелко- и скрытозернистые, Текстуры: массивные, полосчатые, плойчатые, слоистые.

Рис.1. Пример заполнения каталога месторождений

Зарисовка плана или разреза месторождения обязательно делается от руки, что позволяет, с одной стороны, научить студента делать геологические зарисовки с условными обозначениями и другими атрибутами геологической документации. С другой стороны рисунок от руки позволяет лучше запоминать особенности геологического строения каждого из месторождений, что понадобится студентам для правильного ответа на один из вопросов экзаменационного билета.

Вторая часть лабораторного занятия продолжительностью 40-50 минут отводится для изучения каменного материала по отдельным месторождениям полезных ископаемых. Каждая коллекция состоит из 15-20 образцов характеризующих минеральный состав основных полезных ископаемых месторождения, минералы-спутники полезного ископаемого, наиболее характерные их структуры и текстуры, а также вмещающие породы, содержащие полезные минералы.

Список месторождений необходимых для изучения на лабораторных занятиях по курсу «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»:

Железо

Яковлевское месторождение (КМА);
Керченская группа месторождений (Крым);
Соколовское месторождение (Южный Урал);
Качканарское месторождение (Средний Урал);
Кусинское месторождение (Средний Урал);
Западно-Каражальское (Казахстан);
Ковдорское месторождение (Кольский п-ов);

Марганец

Никопольское месторождение (Украина);

Хром

Кемпирсайская группа месторождений;
Центральное месторождение (Полярный Урал, массив Рай-Из);
Сарановское месторождение (Северный Урал);

Титан

Иршинская ильменитовая россыпь (Украина);

Никель

Талнахское месторождение (Сибирь);
Бурыктальское месторождение (Южный Урал);
Ховуаксинское месторождение (Тува);
Черемшанское месторождение (Средний Урал);

Молибден и вольфрам

Коунрадское месторождение (Казахстан);
Каджаранское месторождение (Армения);
Тырныаузское месторождение (Северный Кавказ);
Месторождение Восток-II (Дальний Восток);
Джидинское месторождение (Забайкалье);

Алюминий

Месторождение Красная шапочка СУБР (Северный Урал);
Тихвинское месторождение (Ленинградская обл.);

Медь

Гайское месторождение (Южный Урал);
Сафьяновское месторождение (Средний Урал);
Дегтярское месторождение (Средний Урал);
Джезказганское месторождение (Центральный Казахстан);
Удоканское месторождение (Забайкалье);

Свинец и цинк

Риддер-Сокольное месторождение (Рудный Алтай);
Садонское месторождение (Осетия);
Тетюхенское (Дальнегорское, Верхнее) месторождение (Дальний Восток);
Миргалимсайское месторождение (Южный Казахстан);

Олово

Депутатаское месторождение (Якутия);

Сурьма

Сарылахское месторождение (Якутия);
Кадамджайское месторождение (Рудный Алтай);

Ртуть

Хайдарканское месторождение (Киргизия);
Никитовское месторождение (Украина);

Золото

Месторождение Мурун-Тау (Узбекистан);
Кочкарское месторождение (Южный Урал, Челябинская обл.);
Березовское месторождение (Средний Урал);
Воронцовское месторождение (Средний Урал);
Балейское месторождение (Забайкалье);
Месторождение Сухой Лог (Иркутская область);

Уран

Далматовское месторождение (Курганская область)

Алмазы

Трубка «Мир»
Трубка «Аргайл»

Графит

Курейское (Ногинское)
Завальевское

Слюды

Мамско-Чуйская провинция
Слюдяногорское
Ковдорское

Асбест

Баженовское
Сысертское

Тальк
Шабровское
Киргитейское

Магнезит
Саткинское

Кварц
Кыштымское

Соли
Верхнекамское

Апатиты и фосфориты
Каратау
Егорьевское
Хибиногорское
Просяновское-глины
Дальнегорское-бор
Гаудакское-сера
Вознесенское-флюорит

На заключительном этапе обучения дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» на последнем в семестре лабораторном занятии проводится коллоквиум по каменному материалу. Студенту выдается пять образцов разных полезных ископаемых, которые необходимо охарактеризовать по следующему плану:

1. Структура полезного ископаемого;
2. Текстура руды;
3. Минеральный состав руды;
4. Извлекаемое полезное ископаемое;
5. Возможный генетический класс месторождения;

Также по возможности необходимо по выданной преподавателем коллекции образцов полезных ископаемых определить возможный геолого-промышленный тип месторождения полезных ископаемых, возможные типы руд, их минеральный состав, назвать промышленные кондиции и возможные масштабы месторождений.

Критерии оценивания: правильное определение структуры руды – 1 балл, правильное определение текстуры руды – 1 балл, правильное и подробное определение минерального состава руды – 1 балл, выявление полезного ископаемого – 1 балл, геолого-промышленный тип МПИ – 1 балл.

Кроме этого на коллоквиуме студентам выдаются разрезы или планы неизвестных им месторождений и по строению геологического разреза месторождения рудных или нерудных полезных ископаемых необходимо провести обоснование возможного геолого-промышленного типа месторождения – 2 баллов, представление графического материала – 1 балл, выводы по первоочередным промышленным типам минерального сырья – 2 балла.

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям, выполнена самостоятельно и без существенных замечаний (9-10 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям, выполнена практически самостоятельно, а имеющиеся ошибки и неточности были сразу исправлены после указания на них преподавателем (7-8 баллов)

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа не совсем соответствует критериям, выполнена с большими ошибками и неточностями, а при исправлении имеющихся ошибок и неточностей, указанных преподавателем возникли трудности (5-6 баллов)

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа не соответствует критериям, выполнена с существенными ошибками и неточностями, а ошибки и неточности, указанные преподавателем не были исправлены (0-4 балла)

Для изучения дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже.

Ниже приводятся контрольные вопросы по курсу «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых», в экзаменационном билете содержится один теоретический вопрос по металлическим полезным ископаемым и одно практико-ориентированное задание в одном семестре (Часть 1), во втором семестре теоретический вопрос и практико-ориентированное задание посвящено неметаллическим полезным ископаемым

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 1

1. Главные и второстепенные промышленные типы месторождений железа. Кондиции, минералы, ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры.
2. Промышленные типы месторождений марганца. Области применения таких руд. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений хрома. Области применения таких руд. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
4. Промышленные типы месторождений титана и ванадия. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
5. Промышленные типы месторождений никеля. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
6. Промышленные типы месторождений кобальта. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
7. Главные промышленные типы месторождений алюминия. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов. Второстепенные промышленные типы и потенциальные источники получения алюминия (не из бокситов).
8. Главные промышленные типы месторождений меди. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
9. Главные промышленные типы месторождений свинца и цинка. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

10. Главные промышленные типы месторождений сурьмы и ртути. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
11. Главные промышленные типы месторождений золота. Области его использования Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
12. Промышленные типы месторождений лития. Области его использования Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
13. Промышленные типы месторождений бериллия. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
14. Промышленные типы экзогенных и метаморфогенных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры. Что такое коэффициент радиоактивного равновесия?
15. Промышленные типы гидротермальных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры.
16. Промышленные типы месторождений ниобия и тантала. Области их использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
17. Промышленные типы месторождений вольфрама. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
18. Промышленные типы месторождений молибдена. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
19. Промышленные типы месторождений циркония. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
20. Главные промышленные типы месторождений платины и платиноидов. Области ее использования Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

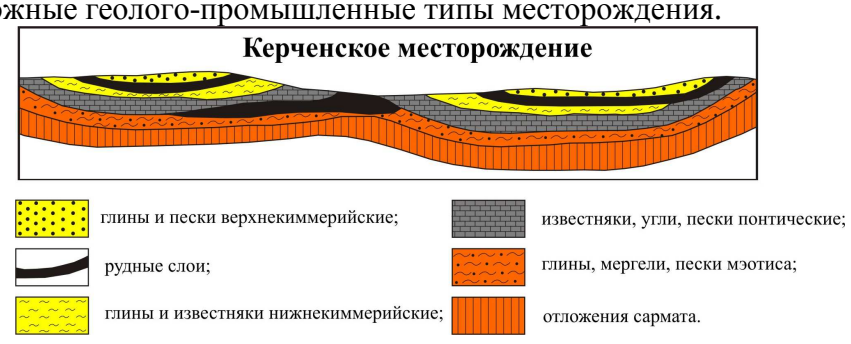
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 2

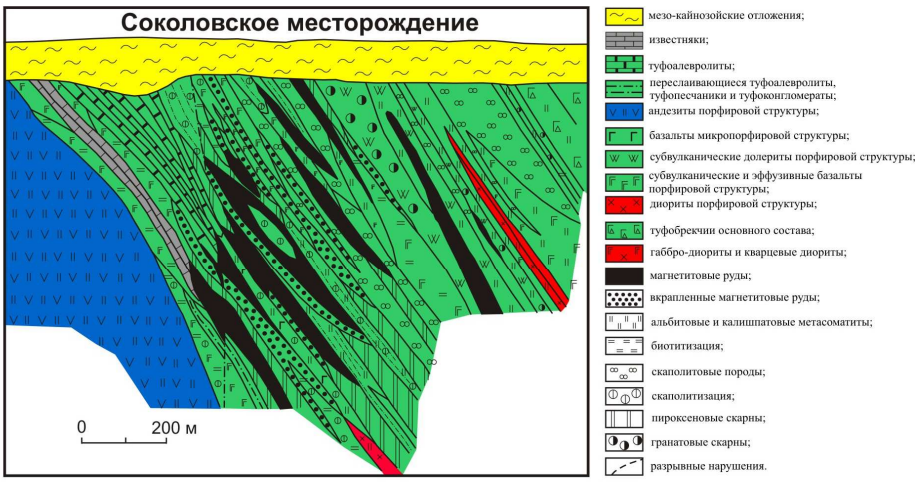
1. Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию
2. Промышленные типы месторождений слюд. Области использования. Минеральный состав, кондиции, масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений алмазов. Где они используются. Перечислите их разновидности. Кондиции для коренных руд и для россыпей. Назовите главные промышленные типы месторождений с примерами для каждого из них.
4. Промышленные типы месторождений талька и пирофиллита. Области их использования. Генетические типы. Форма и размеры промышленных тел. Примеры.
5. Промышленные типы месторождений графита. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
6. Промышленные типы месторождений минеральных солей. Области применения. Минералы, масштабы месторождений различных типов.

7. Промышленные типы месторождений фосфатного сырья. Области использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Примеры для каждого промышленного типа.
8. Промышленные типы месторождений магнезита и брусита. Применение. Кондиции. Примеры.
9. Промышленные типы месторождений хризотил-асбеста. Применение. Основные типы руд и содержание в них асбестового волокна. Условия образования. Примеры.
10. Промышленные типы месторождений амфибол-асбеста. Области применения. Основные минеральные разновидности. Условия образования. Примеры.
11. Разновидности месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Какие из минералов относятся к каждой из перечисленных групп и какими месторождениями они представлены. Условия их образования и вмещающие породы. Примеры.
12. Основные промышленные типы месторождений кварца. Условия их образования и вмещающие породы. Примеры.
13. Промышленная классификация неметаллических полезных ископаемых. Деление различных видов сырья на основные группы по свойствам и главным направлениям применения в промышленности. Основные требования, предъявляемые к качеству неметаллического сырья.
14. Промышленные типы месторождений флюорита. Области его использования. Кондиции. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
15. Промышленные типы месторождений цеолитов. Области их использования, условия образования и генетическая природа. Охарактеризуйте основные их разновидности.
16. Промышленные типы месторождений цементного сырья. На базе каких пород производится цемент. Рассмотрите процесс производства портланд-цемента.
17. Промышленные типы месторождений серы. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
18. Промышленные типы месторождений бора. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
19. Промышленные типы месторождений барита и витерита. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
20. Промышленные типы месторождений керамического сырья. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
21. Промышленные типы месторождений стекольного сырья. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

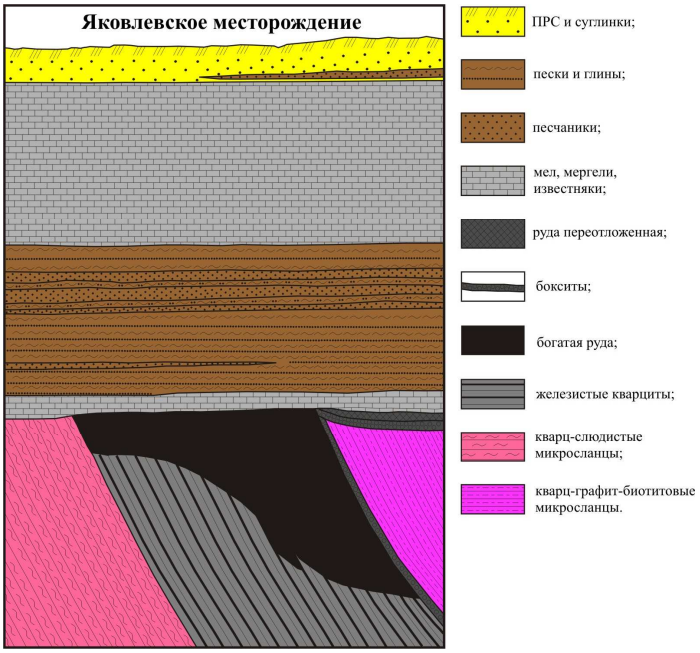
ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

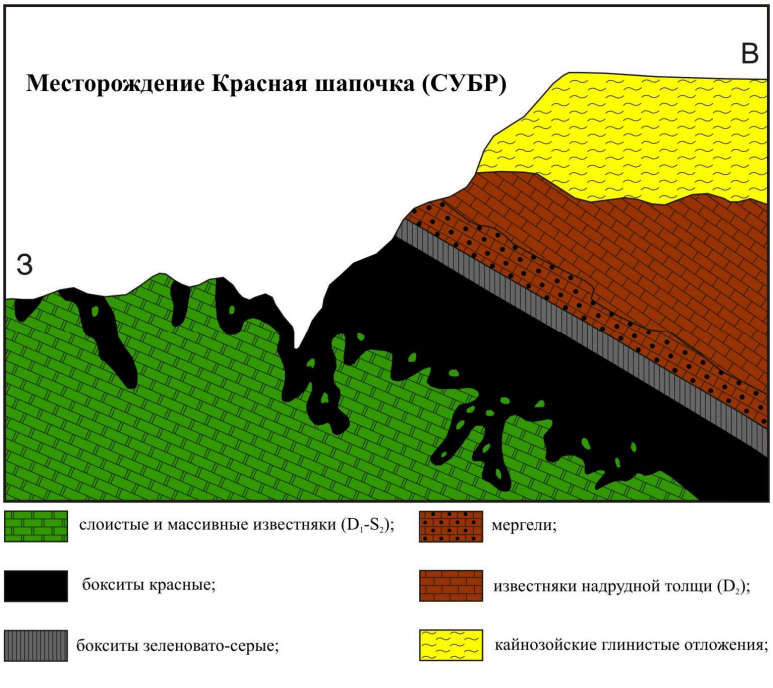
По строению геологического разреза месторождения полезных ископаемых определить возможные геолого-промышленные типы месторождения.

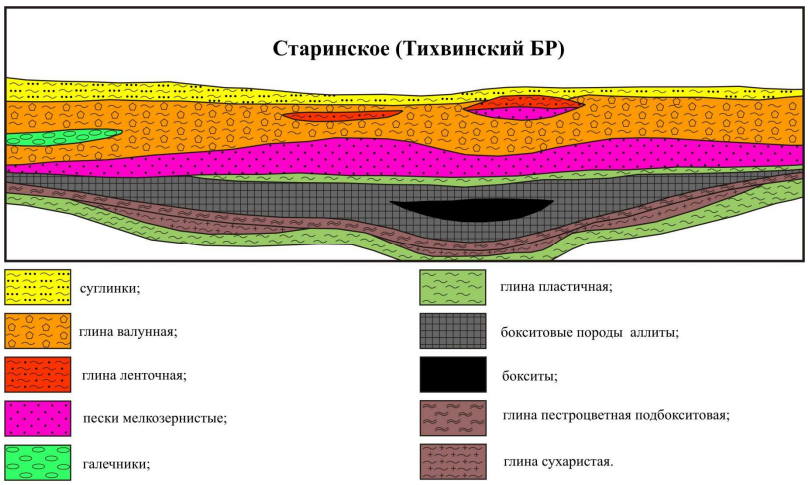



Соколовское месторождение
0
200 м
мезо-кайнозойские отложения;
известняки;
туфоалевролиты;
переслаивающиеся туфоалевролиты, туфопесчаники и туфоконгломераты;
андезиты порфировой структуры;
базальты микропорфировой структуры;
субвулканические долериты порфировой структуры;
субвулканические и эффузивные базальты порфировой структуры;
диориты порфировой структуры;
туфобрекчии основного состава;
габбро-диориты и кварцевые диориты;
магнетитовые руды;
вкрапленные магнетитовые руды;
альбитовые и калишпатовые метасоматиты;
биотитизация;
скаполитовые породы;
скаполитизация;
пироксеновые скарны;
гранатовые скарны;
разрывные нарушения.

1 2 3 4 5 6


Яковлевское месторождение
ПРС и суглинки;
пески и глины;
песчаники;
мел, мергели, известняки;
руда переотложенная;
бокситы;
богатая руда;
железистые кварциты;
кварц-слюдистые микросланцы;
кварц-графит-биотитовые микросланцы.


Месторождение Красная шапочка (СУБР)
В
З
слоистые и массивные известняки (D_1-S_2);
мергели;
бокситы красные;
известняки надрудной толщи (D_2);
бокситы зеленовато-серые;
кайнозойские глинистые отложения;



МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Основная литература

1. Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В. Авдонин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, Трикса, 2016. — 719 c. — 978-5-8291-2504-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60030.html

2. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. Учебное пособие. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007.-459 с.

3. Промышленные типы месторождений металлических полезных ископаемых. Учебное пособие / Малахов И.А., Бурмако П.Л., Алексеев А.В .- Екатеринбург, Изд.УГГГУ, 2007. 208 с

4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. Учебное пособие / Малахов И.А., Алексеев А.В., Бурмако П.Л. - Екатеринбург, Изд.УГГГУ, 2010. 208 с.

2 Дополнительная литература

1. Курс рудных месторождений: учебник для вузов / Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Григорьев В.М., Яковлев Г.Ф. М.: Недра, 1986.-360 с.

2. Курс рудных месторождений: учебник / Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Яковлев Г.Ф. М.: Недра, 1981.-348 с

3. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. Учебное пособие для вузов –М.: Недра, 1986. –358с

4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых: Учебник для вузов /Карякин А.Е., Строна П.А.,Шаронов Б.Н. и др. М.: Недра, 1985.- 286с.

5. Геолого-промышленные типы месторождений урана: Учебное пособие / В.Е. Бойцов, А.А. Верчеба, 2008. -310 с.

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к лабораторным занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в т. ч. изучение каменного материала по ведущим месторождениям.

Приложение № 1

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

КАТАЛОГ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

по дисциплине **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Студент: Иванов И.И.

Группа: РМ-18

Екатеринбург, 2019

МИНОБРНАУКИ РОССИЙ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
21.05.03 Технология геологической разведки

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 за-		28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		даниями без посторонней помощи.			
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	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		ошибки. Прислушивается к замечаниям.				знать и исправлять свои недостатки.
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 простым 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
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.03 Технология геологической разведки

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://twitter.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.

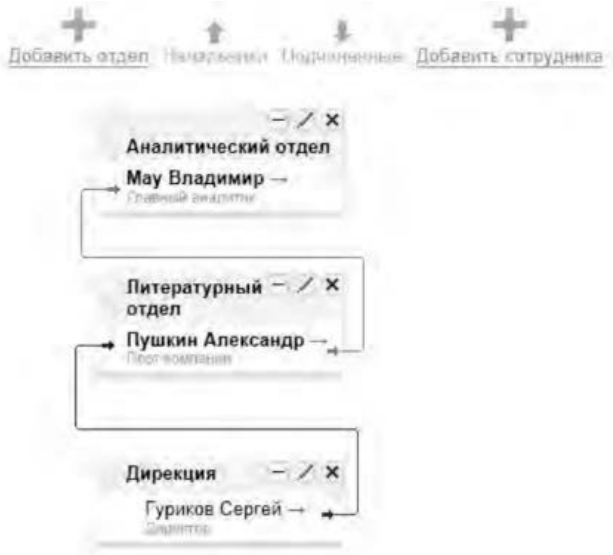


Рис. 3 Организационная структура предприятия

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.

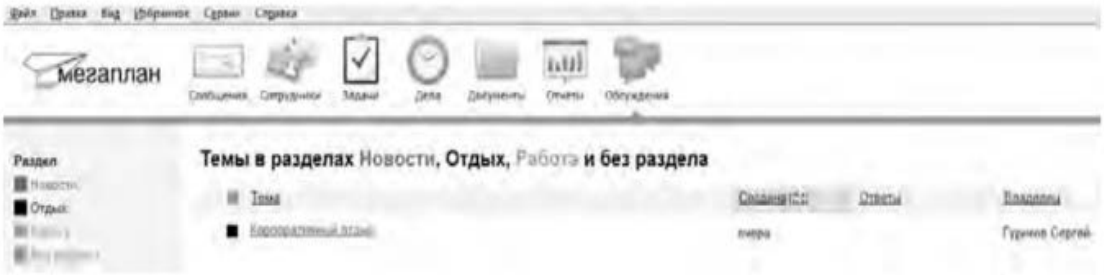


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

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.

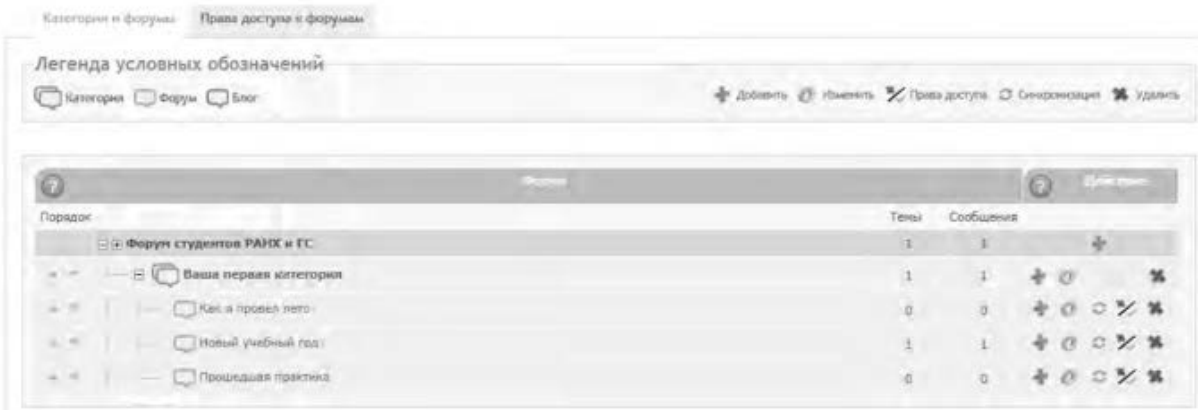


Рис. 7. Структура форумов

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.

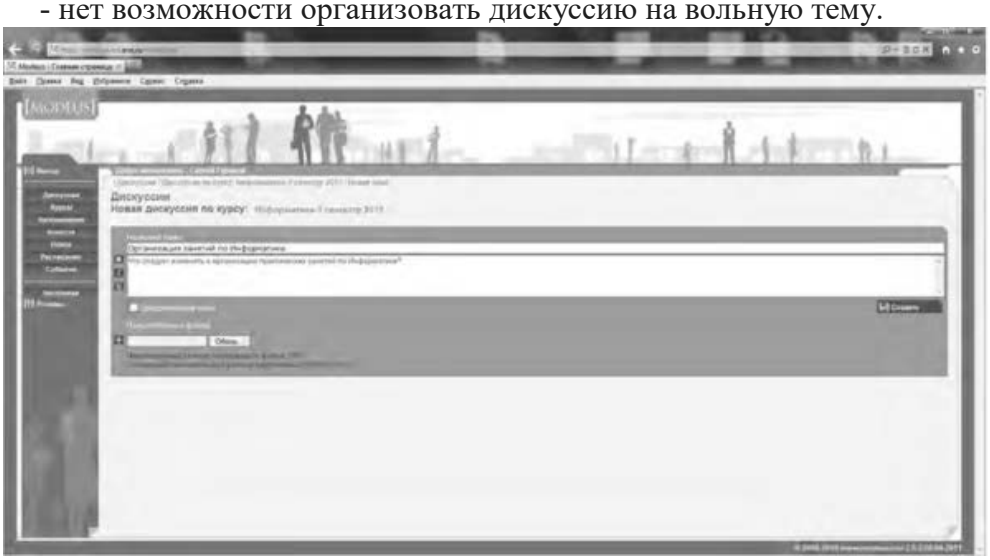


Рис. 10 Создание новой темы

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.

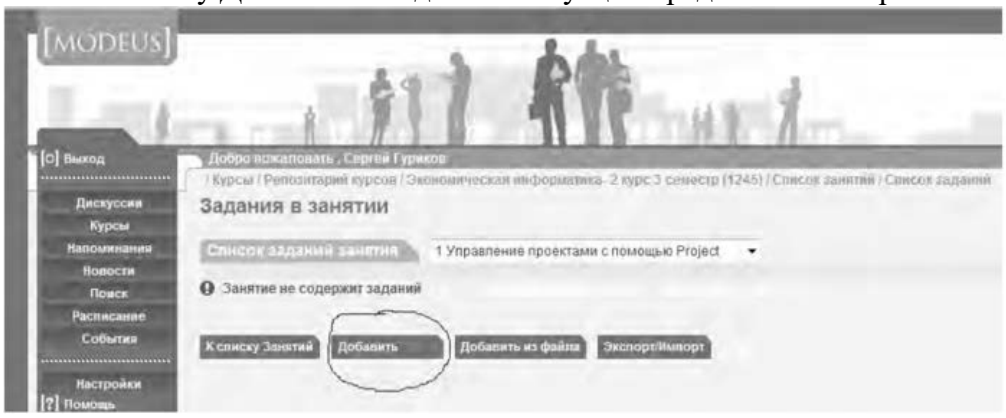


Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

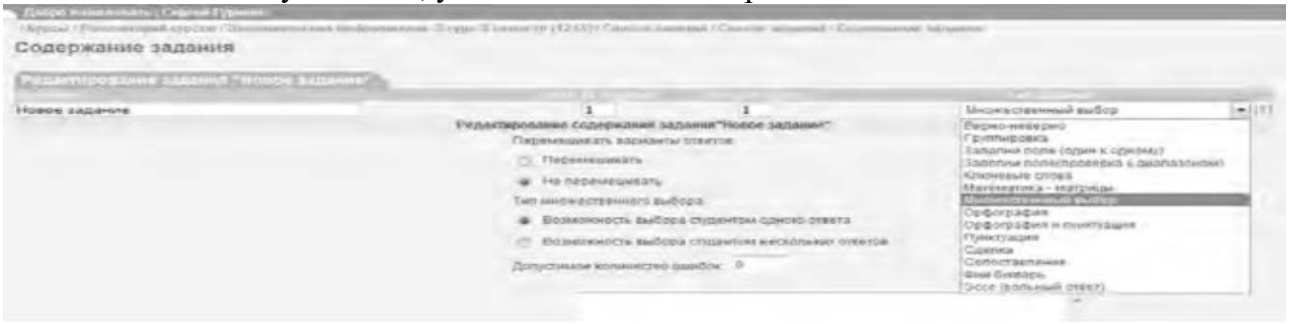


Рис.13. Выбор типа задания

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.

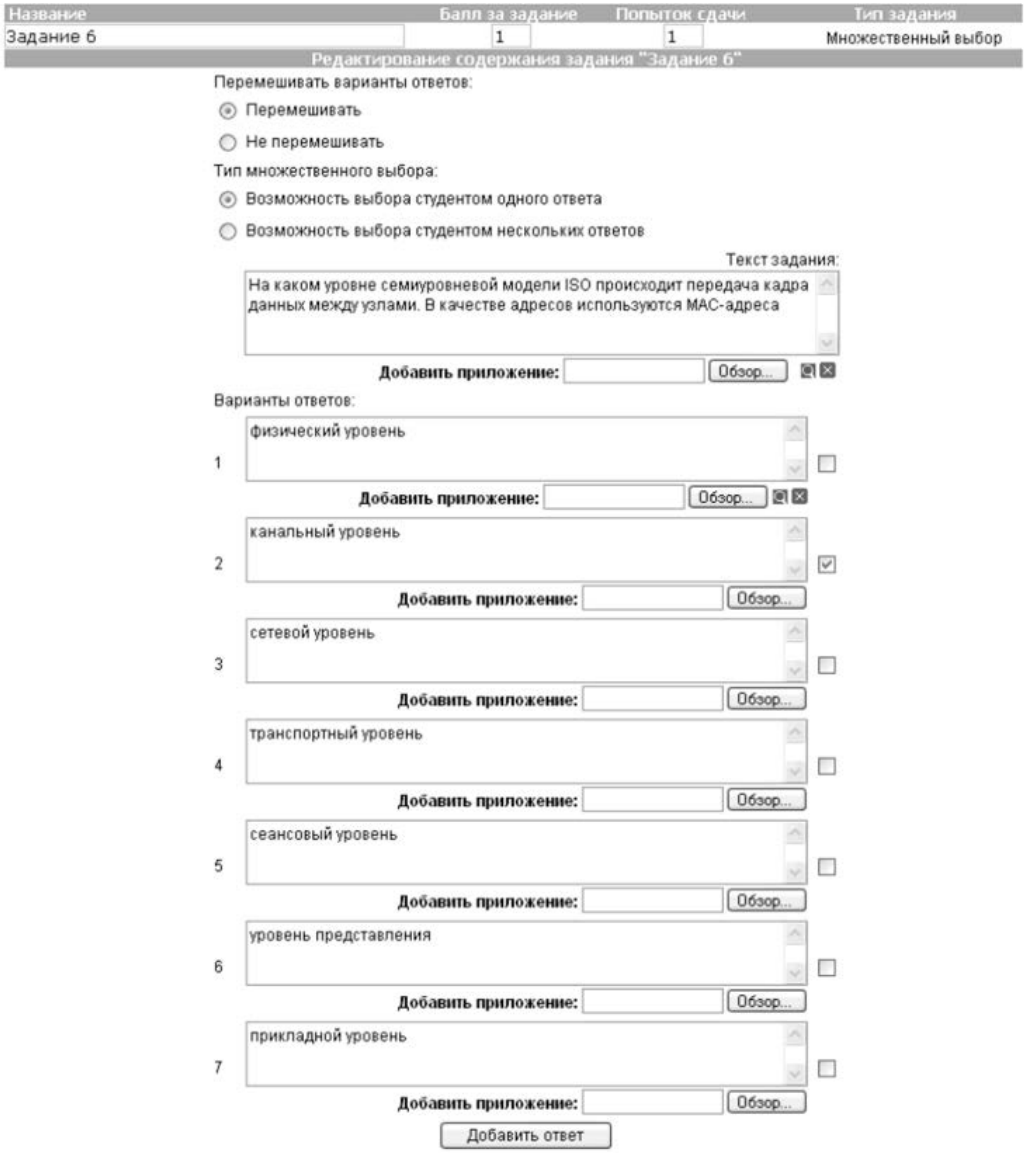


Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

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.

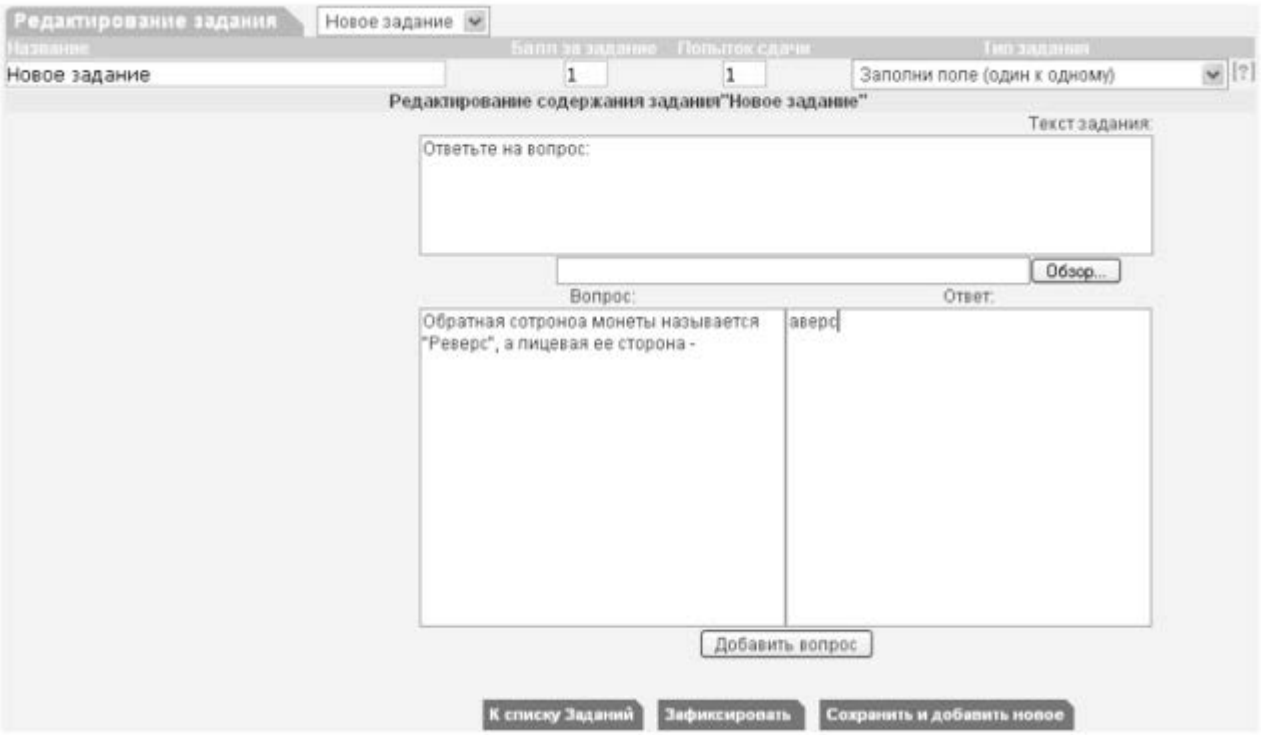


Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

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.

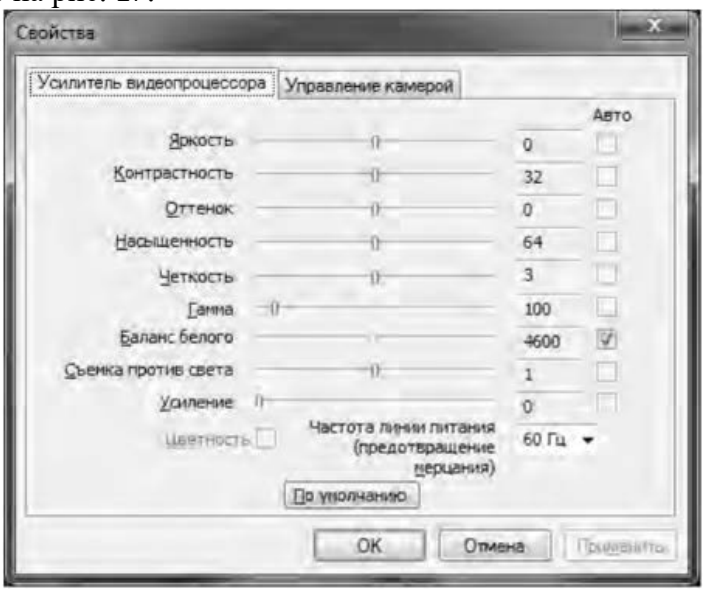


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

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.

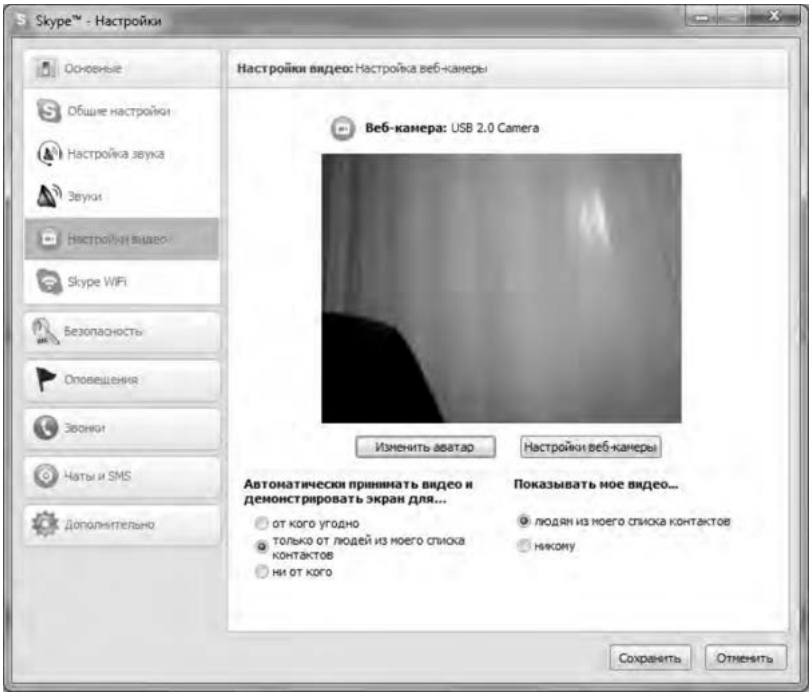


Рис.18. Окно Настройки

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
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

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 для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

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 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