

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Специальность 25.01.02 Прикладная геология
Специализация «Геология нефти и газа»
Квалификация выпускника – горный инженер-геолог

Ставрополь
2018

УДК 553.2 (075.8)
ББК 26.34 я73
О 75

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Северо-Кавказского федерального
университета

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор **А-Г. Г. Керимов**,
канд. геол.- минер. наук, доцент **М. В. Нелепов**
(ООО «НК «Роснефть» – научно-технический центр»)

О 75 **Основы учения о полезных ископаемых:** лабораторный практикум / авт.-сост.: В. В. Дроздов, К. С. Голованов, С. Т. Манукян, А. А. Рожнова. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2018. – 114 с.

В пособии приведены общие сведения о месторождениях полезных ископаемых и площадях их распространения, обобщены данные по вещественному составу, морфологии и условиям залегания тел полезных ископаемых. Дана современная генетическая классификация месторождений, описаны процессы условия их образования, охарактеризованы различные месторождения эндогенной, эндогенно-экзогенной и экзогенной серии.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 25.01.02 Прикладная геология.

УДК 553.2 (075.8)
ББК 26.34 я73

Авторы-составители:

канд. геол.-минерал. наук, доцент **В. В. Дроздов**
ассистент **К. С. Голованов**,
ассистент **С. Т. Манукян**,
старший преподаватель **А. А. Рожнова**

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет», 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью освоения дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых» является приобретение знаний об условиях локализации и закономерностях размещения месторождений полезных ископаемых, изучение их геологического строения и генетических признаков, что позволит самостоятельно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Для достижения этой цели студентам необходимо выполнить следующие задачи:

- усвоить принципы генетической классификации месторождений полезных ископаемых;
- изучить геологические физико-химические условия образования магматических, пегматитовых, карбонатитовых, гидротермальных кор выветривания, осадочных, метаморфических месторождений;
- освоить методы изучения вещественного состава полезных ископаемых.

Дисциплина относится к базовой части Б1.Б.26. Её освоение происходит в 9 семестре.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией (ПК-1);
- применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды (ПК-8).

В результате освоения дисциплины *обучающийся должен:*

знать: типы месторождений металлических, неметаллических, горючих полезных ископаемых; условия формирования, закономерности геологического строения месторождений полезных ископаемых (ПК-1); генетическую классификацию месторождений полезных ископаемых; закономерности размещения месторождений полезных ископаемых; основы проведения природоохранных мероприятий при разработке полезных ископаемых (ПК-8);

уметь: собирать и обрабатывать фондовую и опубликованную геологическую, геохимическую, геофизическую, гидрогеологическую информацию; выполнять графические документы горно-

геологического содержания (**ПК-1**); определять генетический тип месторождений; составлять геолого-генетическое описание месторождений полезных ископаемых; разрабатывать документацию по охране окружающей среды; (**ПК-8**);

владеть: методами графического изображения горно-геологической информации; способностью анализировать и обобщать фондовые геологические данные (**ПК-1**); методами выбора способов разработки месторождений полезных ископаемых, схем вскрытия и подготовки месторождений к отработке; регламентом составления геологических, и методических разделов проектов (**ПК-8**).

Данные лабораторные работы играют важную роль в учебном процессе и позволяют студентам сформировать следующие профессиональные компетенции: использование теоретических знаний при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; применение основных принципов рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. ЗНАКОМСТВО С МЕТОДИКОЙ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РУД

Цель: ознакомить студентов с основными типами структур и текстур рудных полезных ископаемых. В методических указаниях дается понятие о структурах и текстурах и приводится характеристика их различных групп и видов.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

Текстуры и структуры минерального вещества, слагающего месторождения полезных ископаемых, наиболее систематически изучены для рудных образований. На их примере они и будут кратко рассмотрены.

Текстура руды определяется пространственным взаиморасположением минеральных агрегатов, отличающихся друг от друга по форме, размерам, составу и структуре. Текстура может проявляться в крупном и мелком плане. С этой точки зрения можно различать три порядка текстур: мегатекстуру, макротекстуру и микротекстуру. Мегатекстура отличается взаиморасположением крупных по площади минеральных агрегатов, наблюдаемых непосредственно в срезам рудных тел (обнажениях, очистных пространствах, забоях). Макротекстура различается глазомерно в отдельных штуфах руды. Микроструктура наблюдается под микроскопом.

Структура руды определяется формой, размером и способом сочетания минералов или их обломков в пространственно обособленных минеральных агрегатах. Различают макроструктуру, наблюдаемую в крупнозернистых минеральных агрегатах на глаз, и микроструктуру, выявляемую в мелкозернистых агрегатах под микроскопом.

Текстуры и структуры руд различного происхождения отличаются друг от друга, а их исследование проливает свет на многие важные особенности формирования месторождений. Ниже они будут кратко охарактеризованы при описании разных генетических классов месторождений полезных ископаемых. Здесь же приводится только краткое сводное систематическое описание текстур и структур руды в основном по А. Бетехтину и др. (1958), П. Рамдору (1962), С. Талдыкину и др. (1954), С. Юшко (1966).

Текстуры руд можно разделить на десять групп с различным количеством их видов внутри каждой группы: массивная, пятнистая, полосчатая, прожилковая, сфероидальная, почковидная, дробления, пустотная, каркасная, рыхлая. Некоторые разновидности текстур в схематичном виде изображены на рис. 1.1 (Приложение 1).

Массивная текстура широко распространена и принадлежит рудам равномерного сплошного мономинерального и полиминерального сложения.

Пятнистая текстура характеризуется неправильными, прерывистыми скоплениями рудных минералов среди нерудной минеральной массы. По размерам этих скоплений она разделяется на собственно пятнистую (такситовую, рис. 1.1 а) и вкрапленную.

Полосчатая текстура отличается чередованием полос различного минерального состава (рис. 1.1 б). Для осадочных образований ее примером может служить слоистая текстура, для метаморфических – гнейсовидная, сланцеватая, плейчатая, для магматогенных – крустификационная (рис. 1.1 в), поточная (флюктуационная) и др. Полосчатая текстура по взаиморасположению минеральных полос различного состава может быть асимметричной (рис. 1.1 б) и симметричной (рис. 1.1 в).

Прожилковая текстура образуется системой сетчатых, пересекающихся или субпараллельных прожилков (рис. 1.1 г).

Сфероидальная текстура характеризуется концентрическими скоплениями рудообразующих минеральных агрегатов. Эта группа довольно разнообразна по видам текстур. Среди них можно отметить кольцевую текстуру руд магматических месторождений, кокардовую (рис. 1.1 д) и друзовую гидротермальных месторождений, конкреционную и секретионную минеральных масс коры выветривания, оолитовую (рис. 1.1е), бобовую и конгломератовую осадочных месторождений.

Почковидная текстура, известная среди руд гидротермального и поверхностного происхождения, формируется вследствие процессов коллоидного минералообразования (рис. 1.1 ж).

Дробления текстура особенно типична для многостадийных месторождений и обуславливается дроблением минеральных масс ранних генераций, сцементированных рудообразующими агрегатами поздних генераций (рис. 1.1 з, 1.1 и).

Пустотная текстура отличается кавернозным строением руды, особенно характерным для продуктов коры выветривания.

Каркасная текстура, также типичная для зоны окисления, формируется в результате развития тонких, более или менее закономерно расположенных перепонок твердых минеральных скоплений, создающих каркас, ячейки которого в той или иной мере выполнены рыхлой минеральной массой (рис. 1.1 к).

Рыхлая текстура развивается среди слабодиагенезированных осадков с обломками и зернами различного размера.

Структуры руд можно разделить на тринадцать важнейших групп с различным количеством их видов в каждой группе: равнозернистая, неравнозернистая, пластинчатая, волокнистая, зональная, тесного срастания, окаймления, замещения, дробления, колломорфная, сферолитовая и обломочная. Некоторые разновидности этих структур схематически показаны на рис. 1.2 (Приложение 2).

Равнозернистая структура определяет строение рудной массы, сложенной относительно равновеликими мономинеральными или полиминеральными агрегатами сравнительно изометрических зерен (рис. 1.2, а). В этой группе выделяется несколько видов структур отложения (гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, сидеронитовая).

Неравнозернистая структура отличается развитием крупных минеральных зерен среди мелкой их массы или, наоборот, наличием мелких зерен среди крупных кристаллов (рис. 1.2 б). В этой группе, как и в предыдущей, известны структуры отложения (порфиновая, пойкилитовая, эмульсионная и др.) и структуры перекристаллизации.

Пластинчатая структура выделяется пластинчатой формой преобладающих зерен мономинеральной или полиминеральной рудной массы (рис. 1.2 в).

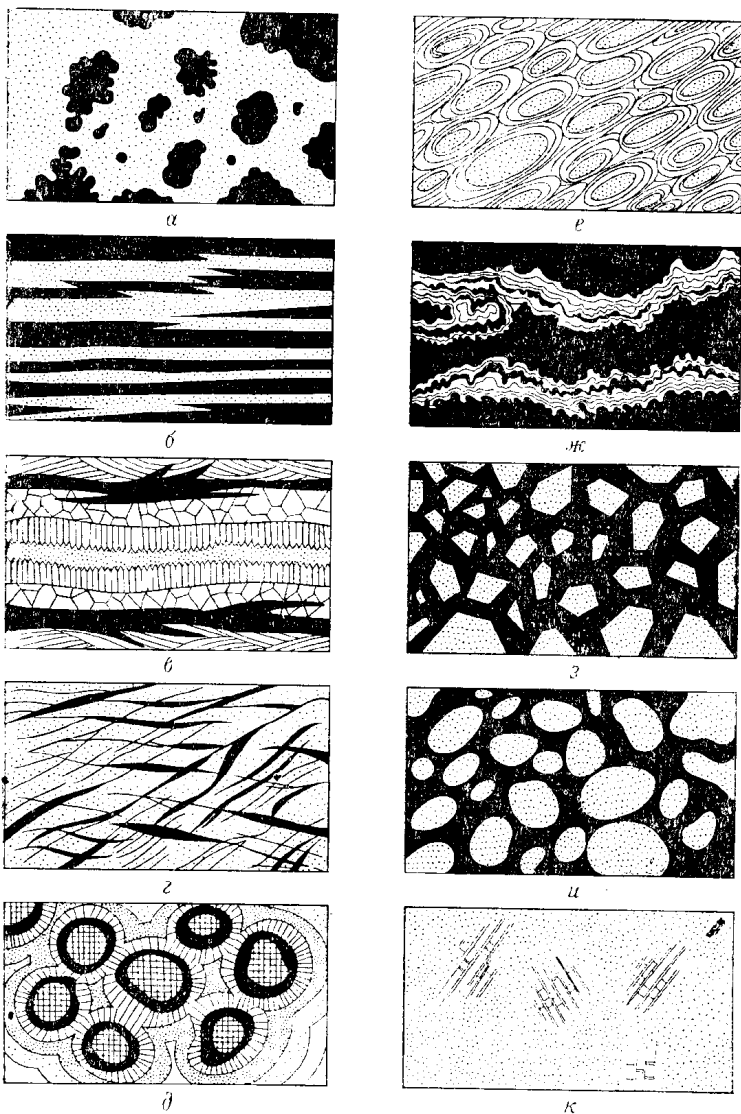


Рисунок 1.1. Некоторые типы текстур руд (схемы):
 а – пятнистая; б – полосчатая; в – крустификационная;
 г – прожилковая; д – кокардовая; е – оолитовая; ж – колломорфная
 (по С. Юшко); з – брекчиевая; и – брекчиевидная; к – фрагменты
 каркасно-ящичной текстуры

Волокнистая структура характеризуется тонконитевидным волокнистым строением слагающих руду минеральных агрегатов (рис. 1.2 г).

Зональная структура создается при зональном чередовании полос минеральных выделений, возникших вследствие их последовательного замещения ранее выделившихся минералов более поздними (рис. 1.2 д).

Кристаллографически – ориентированная структура контролируется размещением одного или нескольких минералов по кристаллографическим направлениям другого минерала (по спайности и др., рис. 1.2, е).

Тесного сростания структура характеризуется глубоким проникновением одних минералов в другие (рис. 1.2 ж).

Окаймления структура возникает в результате развития оторочек одного минерала вокруг другого.

Замещения структура формируется при метасоматическом развитии поздних минералов по контурам ранее отложившихся минералов (рис.1.2 з).

Дробления структура обусловлена отложением последующих минералов по механическим нарушениям ранее образовавшихся (рис. 1.2 и).

Колломорфная структура возникает при коллоидном рудообразовании (рис.1.2 к).

Сферолитовая структура типична для руды, состоящей из сферолитовидных выделений с различно проявленным лучистым их строением.

Обломочная структура характерна для осадочных минеральных масс, иногда сцементированных или замещенных рудным веществом.

Оборудование и материалы

Образцы различных руд, атласы текстур и структур рудных полезных ископаемых, таблицы, графики, рисунки.

Указания по технике безопасности приведены в приложении 4.

Задания

1. Опишите структуры и текстуры предложенных образцов рудных полезных ископаемых.

2. Зарисуйте структуры и текстуры различных руд и дайте их описание.

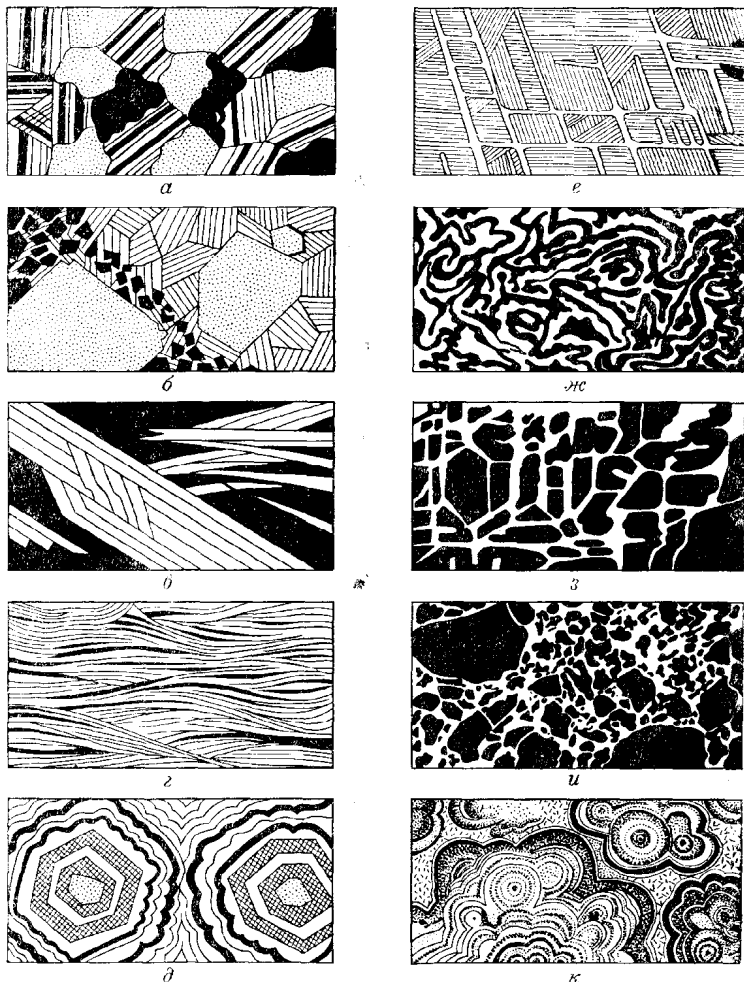


Рисунок 1.2. Некоторые типы структур руд (схемы):

а – равнoзернистая; *б* – неравнoзернистая; *в* – пластинчатая; *г* – волокнистая; *д* – зональная; *е* – кристаллографически-ориентированная; *ж* – тесного срастания; *з* – замещения; *и* – дробления (по С. Юшко); *к* – коллоидная (по С. Юшко)

Содержание отчета

Приведите цель работы, дайте краткое теоретическое обоснование, результаты работы приведите в виде таблиц.

Характеристика текстур руд

Название текстуры	Рисунок	Характеристика текстуры	Условия образования	В каких месторождениях руд встречается

Характеристика структур руд

Название структуры	Рисунок	Характеристика структуры	Условия образования	В каких месторождениях руд встречается

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на контрольные вопросы и уметь определить текстуру и структуру предложенных образцов руд.

Контрольные вопросы

1. Чем определяется текстура руд?
2. Перечислите основные типы текстур.
3. Охарактеризуйте мегатекстуру, макротекстуру и микротекстуру.
4. Чем определяется структура руд?
5. Перечислите основные типы структур руд.
6. Для каких генетических типов пород характерна полосчатая текстура?
7. Какие текстуры характерны для продуктов коры выветривания?

Рекомендуемая литература

[2], [4], [6].

2. МОРФОЛОГИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Цель: ознакомить студентов с основными морфологическими типами залежей полезных ископаемых, характеристика которых приводится в настоящих методических указаниях.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

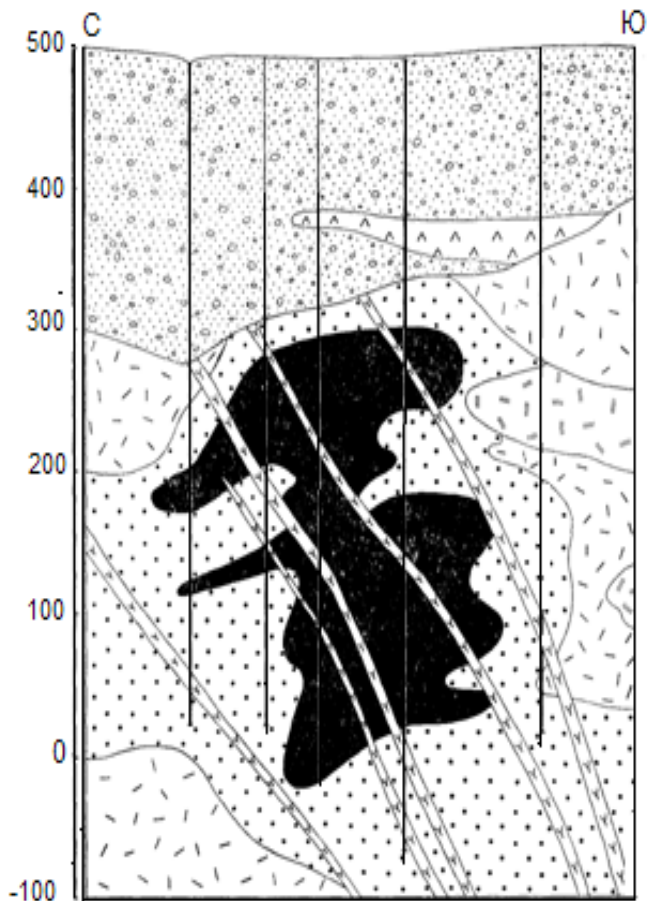
Теоретическая часть

Для месторождений твердых полезных ископаемых могут быть выделены три морфологических типа залежей: изометричные, плоские, вытянутые по одному направлению.

1. *Изометричные тела* полезных ископаемых представляют собой скопления минерального вещества, примерно равновеликие во всех измерениях. К ним принадлежат: штоки, штокверки, гнезда.

Штоком называется крупная более или менее изометричная залежь сплошного или почти сплошного минерального сырья. Примером могут служить рудные залежи и др. (рис. 2.1).

Штокверк представляет собой более или менее изометричный объем горной породы, пронизанный мелкими жилками и насыщенный вкрапленностью минерального вещества; такая горная порода с прожилками и вкраплениями ценных минералов добывается целиком как полезное ископаемое. Примером штокверков могут быть тела некоторых месторождений меди, олова, молибдена, асбеста и других полезных ископаемых (рис. 2.2).



Условные обозначения:



Рисунок 2.1. Шток медносульфидной руды месторождения Цителсонельского (по В. Бочалдину и Ю. Назарову):
 1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – четвертичный лавовый поток; 3 – верхнемеловые туфы кварцевых альбитофиров; 4 – заглипсованные туфы; 5 – вторичные кварциты; 6 – дайки кварцевых альбитофиров; 7 – рудное тело; 8 – буровые скважины

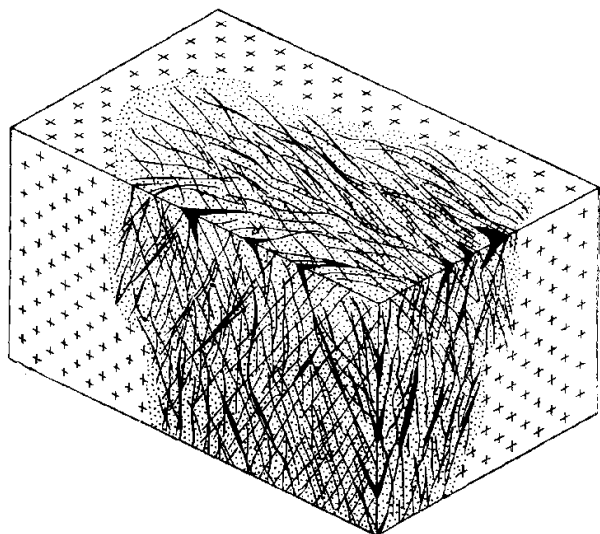


Рисунок 2.2. Штокверк

Гнездом называется относительно не крупное локальное скопление полезного ископаемого. Подобную форму имеют тела некоторых месторождений золотых, свинцово-цинковых, хромитовых, ртутных и других руд (рис. 2.3). Основным элементом, определяющим размеры и форму изометричных тел, является их поперечное сечение.

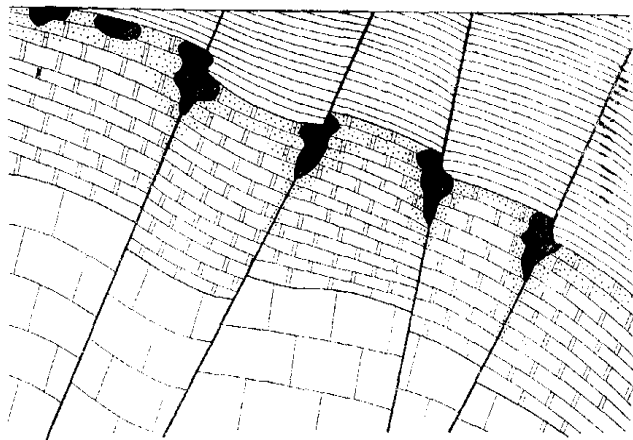


Рисунок 2.3. Гнезда руды в минерализованной породе (разрез)

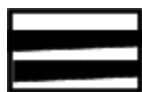
2. *Плоские тела полезных ископаемых* характеризуются двумя протяженными и одним коротким размером. Их представителями являются пласты, жилы.

Пласты наиболее типичны для осадочных месторождений руды, угля и нерудных полезных ископаемых.

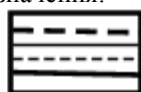
Пласт полезного ископаемого иногда разделяется на пачки, разобщенные прослоями породы; пачки в свою очередь могут распадаться на слои (рисунок 2.4). В соответствии с этим различают пласты простые (без прослоев породы) и сложные (с прослоями породы).



Условные обозначения:



1



2

Рисунок 2.4. Строение пласта полезного ископаемого (в разрезе):
1 – пачки и слои полезного ископаемого; 2 – прослои породы

Основными элементами, определяющими геологическую позицию и размеры пластов, являются направление простирания и длина по простиранию, направление падения, угол падения и длина по падению и, наконец, мощность пласта. Обычно пластовые залежи имеют большую длину, достигающую, например, в Донецком бассейне, нескольких десятков километров. По падению неко-

торые пласты, например золотоносных конгломератов Витватеранда в Южной Африке, разрабатываются до глубины более 2 км. Мощность пластов полезных ископаемых изменяется от едва заметных пропластков до нескольких сотен метров.

Тонкие пласты полезных ископаемых не разрабатываются. Поэтому, помимо геологического определения мощности, существует промышленное понятие о мощности пластов полезных ископаемых. Рабочей мощностью считается минимальная мощность, при которой пласт целесообразно эксплуатировать. Для углей она колеблется от 0,10 до 1,0 м. Эксплуатационной называется суммарная мощность полезного ископаемого и прослоев породы для рабочей части пласта. Полезная мощность определяется как сумма мощностей пачек полезного ископаемого, извлекаемых при добыче из пласта.

Месторождения пластовой формы бывают однопластовыми и многопластовыми. В последнем случае выделяется продуктивная толща пород, заключающая серию пластов полезных ископаемых. Количество таких пластов в продуктивной толще может быть различно.

Жилы – это трещины горных пород, выполненные минеральным веществом полезного ископаемого. Жилы бывают простые и сложные. К простым жилам относятся одиночные минерализованные трещины; к сложным – пучки переплетающихся трещин, зон дробления или расщепления (рис. 2.5).

Поверхность контакта жилы с вмещающими породами называется *зальбандом*. Прилегающие к жиле породы нередко бывают изменены и минерализованы; такие зоны метаморфизованных боковых пород создают ореол околожильного изменения, иногда содержащего промышленные концентрации ценных компонентов. Отходящие от жил в боковые породы прожилки называются *апофизами*.

По деталям морфологии среди жил выделяются: четковидные, камерные, седловидные, лестничные и оперенные.

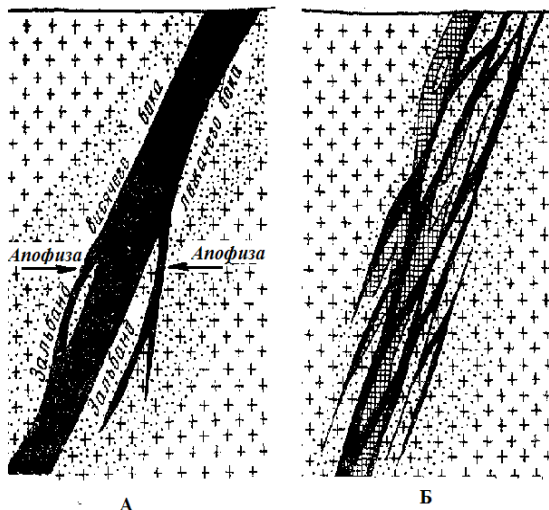


Рисунок 2.5. Жилы: А – простая; Б – сложная. Точками покрыта площадь измененных околожильных пород

Четковидная жила характеризуется чередованием в ее плоскости раздувов и пережимов, иногда переходящих в тонкие проводники (рис. 2.6).

Камерная жила отличается еще более резкими раздувами, которые в форме крупных скоплений как бы нанизаны на жильный шов (рис. 2.7).

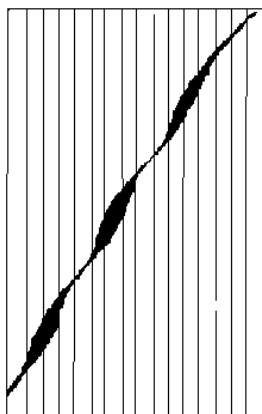


Рисунок 2.6. Четковидная жила

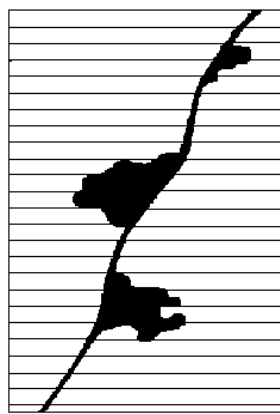


Рисунок 2.7. Камерная жила

Седловидные жилы образуются при скоплении вещества полезного ископаемого в шарнирах складок (рис.2.8).

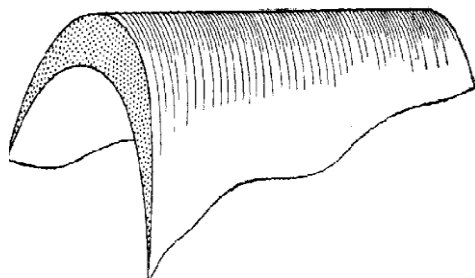


Рисунок 2.8. Седловидные жилы

Лестничные жилы выполняют поперечные трещины в пластах или дайках хрупких пород, залегающих среди более пластичных образований (рис. 2.9).

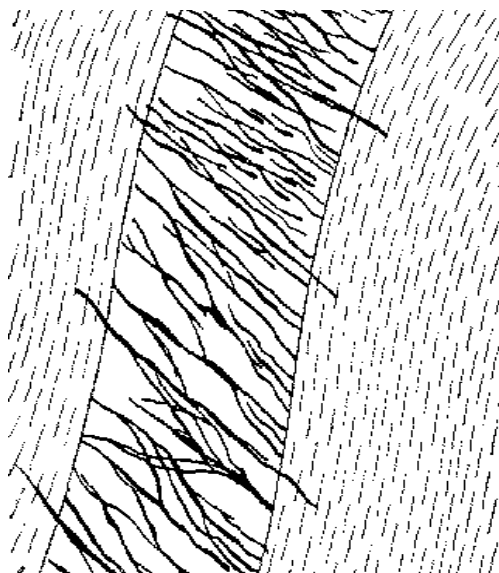


Рисунок 2.9. Лестничные жилы

Оперенные жилы относятся к сложным, заполняющим трещину сброса или сдвига и отходящие от нее трещины оперения (рис. 2.10).

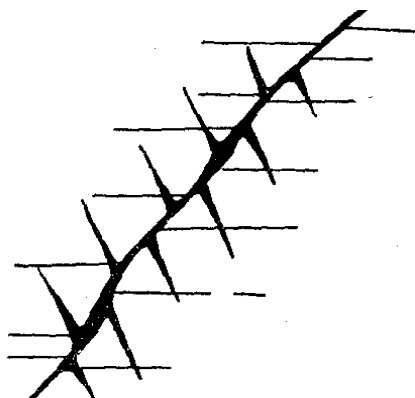


Рисунок 2.10. Оперенные жилы

При неравномерном распределении минералов, выполняющих жилы, они характеризуются чередованием участков, обогащенных и разубоженных ценными компонентами.

Такие богатые участки в теле жилы называются *рудными столбами* (рис. 2.11).

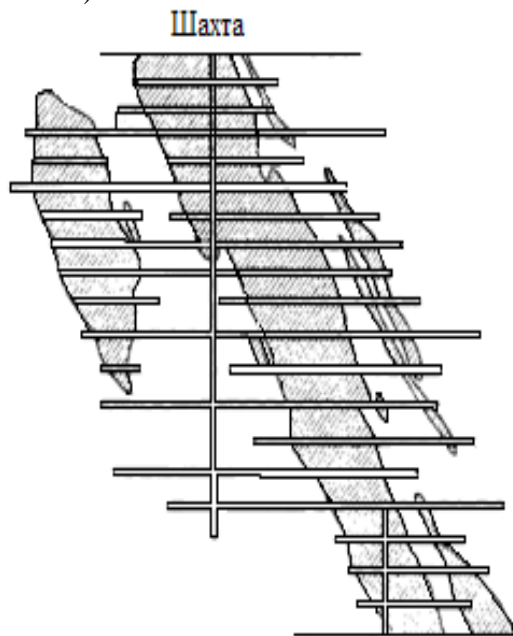


Рисунок 2.11. Рудные столбы

Рудные столбы бывают морфологические и концентрационные. Первые образованы раздувами жилы, а вторые – зонами повышенной концентрации ценных компонентов, не связанных с изменением морфологии тела полезного ископаемого.

Основными геологическими элементами, определяющими размеры и условия залегания жил, являются: направление простирания и длина по простиранию, направление, угол падения и длина по падению, склонение, мощность.

Склонением называется погружение линий выклинивания жилы по ее простиранию; углами склонения – углы, образованные линиями склонения с линией простирания.

У жил, так же как и у пластов, различают геологическую и рабочую мощность (наименьшая величина мощности, при которой возможна эксплуатация жильного месторождения).

Жильные месторождения иногда состоят из одной жилы, а чаще из групп – пучков или семейств – жил. Рудные поля, образованные жильными месторождениями, называются жильными полями.

Линзы и линзообразные залежи по своей морфологии принадлежат к образованиям, переходным между изометричными и плоскими телами.

3. Вытянутые по одной оси тела полезных ископаемых называются трубами, трубками или трубообразными залежами.

Морфология и условия их залегания определяются: углом погружения, или ныряния, длиной по направлению погружения, поперечным сечением.

Угол ныряния трубки полезного ископаемого измеряется между ее осью и горизонтальной плоскостью. Он может изменяться в широких пределах: от 90° у вертикальных труб до 0° у горизонтальных трубообразных залежей.

Поперечное сечение и длина по оси труб также достаточно изменчивы. Так, поперечное сечение алмазоносных трубок кимберлитов в Сибири колеблется от 100 до 1000 м.

Помимо вышеперечисленных простых форм тел твердых полезных ископаемых в природе встречаются сложные формы залежей, представляющие собой их комбинацию. Примером такой сложной залежи, в которой сочетаются пластовая и жильная форма, может служить одно из рудных тел Лебединского месторождения золота на Алдане.

4. *Сложные по морфологии рудные тела* представляют собой комбинации жил и пластов или других рудных тел. Часто формируются при пересечении секущих и согласных разрывных нарушений или на контактах интрузивов.

Пострудные складки, разломы и дайки магматических пород часто интенсивно нарушают рудные тела. При этом иногда месторождение становится непригодным к эксплуатации. Складки, как правило, деформируют осадочные пластичные руды (уголь, соли), превращая вытянутые протяженные пласты в сложно изгибающиеся, часто «гафрированные» залежи, усложняя их отработку. В этом случае мощность пластов в сводах складок увеличивается, уменьшаясь в крыльях.

Разломы, особенно сбросы, смещают рудные жилы и пласты (рис. 2.12). При этом амплитуды смещений могут достигать нескольких десятков и даже сотен метров, что часто не дает возможности отыскать смещенное крыло рудной залежи. Характерны также малоамплитудные перемещения по мелким тектоническим швам (рис. 2.13, а). Вблизи пострудных разрывов наблюдаются загибы рудных тел, «растаскивание» обломков руды по зоне разлома, полировка рудных минералов и другие изменения (рис. 2.14).

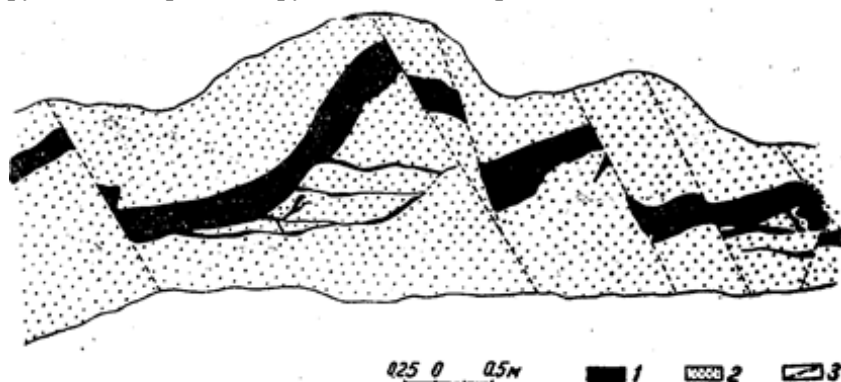


Рисунок 2.12. *Послерудные нарушения золото кварцевой жилы (разрез):*
1 – рудная жила; 2 – кварцевый диорит; 3 – сбросы

Для исследования условий образования месторождений полезных ископаемых и для их практической оценки большое значение имеет не только установление общей формы и условий залегания тел полезных ископаемых, но и выяснение степени устойчиво-

сти элементов морфологии, залегания и концентрации ценных компонентов в контурах залежей. Чаще всего выделяются три группы тел полезных ископаемых: *устойчивые, изменчивые и очень изменчивые.*

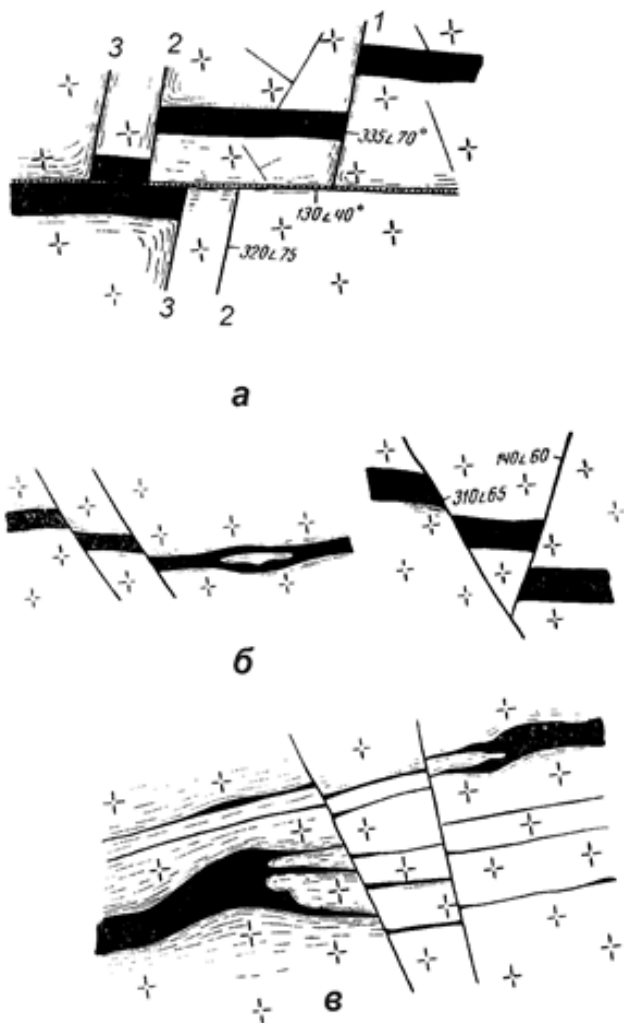


Рисунок 2.13. Послерудные нарушения жил Балахчинского месторождения (По Т. М. Кайковой): а – смещение жилы (черное) типа сброса по крутопадающим трещинам 1, 2 и 3; последующее перемещение по трещине; б, в – обычный характер послерудных нарушений. Вмещающие породы – граниты

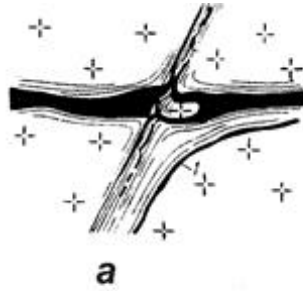


Рисунок 2.14. Характер изменения жилы около контакта с дорудной трещиной (По Т. М. Кайковой): а – дорудная преграждающая трещина малой мощности; местами присутствует тончайший слой тектонической глины; зона рассланцевания вдоль трещины мощностью не более 10 см. Тонкие прожилки кварца проникают вдоль трещины по сланцеватости пород. Тонкий прожилок (1), сопутствующий жиле, «отклоняется» дорудной трещиной; б – слой тектонической глины достигает 10 мм мощности. В дорудную зону по сланцеватости проникает кварц и главным образом кальцит (2). Жила упирается в зону нарушения, не продолжаясь за последнюю.

Оборудование и материалы: плакаты, диаграммы рисунки.

Указания по технике безопасности приведены в приложении 4.

Задания

Ознакомьтесь с основными морфологическими формами тел полезных ископаемых, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические их особенности.

Содержание отчета

Приведите цель работы, дайте краткое теоретическое обоснование, результаты работы приведите в виде такой таблицы:

Характеристика морфологических особенностей тел полезных ископаемых

Рисунок	Описание морфологического типа тела полезного ископаемого

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на контрольные вопросы и уметь зарисовать и описать любой морфологический тип рудного тела.

Контрольные вопросы

1. Какие морфологические типы залежей могут быть выделены для месторождений твердых полезных ископаемых?
2. Какие жилы выделяются по деталям морфологии?
3. Что такое зальбанд? Апофиз?
4. Перечислите основные геологические элементы, определяющие размеры и условия залегания жил.
5. Назовите тела полезных ископаемых, вытянутые по одной оси?
6. Чем определяются морфология и условия их залегания?
7. Какие группы тел полезных ископаемых выделяются по степени устойчивости элементов морфологии, залегания и концентрации ценных компонентов в контурах залежей?

Рекомендуемая литература

[1] , [2], [4], [6].

3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Цель: знакомство с генетическими классификациями месторождений полезных ископаемых.

Формируемые компетенции. Работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых приведена в таблице.

Группа	Класс	Тип месторождения
Эндогенная серия		
Магматическая	1.Ликвационный	а) сульфидные медно-никелевые в основных и ультраосновных комплексах; б) хромитовые, титаномагнетитовые и руды элементов платиновой группы в расслоенных ультраосновных комплексах; в) редкие, редкоземельные и рассеянные элементы в щелочных комплексах
	2.Раннемагматический	Магматические горные породы, алмазные кимберлиты и лампроиты
	3.Позднемагматический	Хромитовые, титаномагнетитовые и апатит-нефелиновые
Карбонатитовая	Флюидно-магматический карбонатитовый	Перовскит-титаномагнетитовые, камафоритовые, редкометалльно-пироклоровые, редкоземельные и флюоритовые
Пегматитовая	1.Магматогенный	Керамические, мусковитовые, редкометалльных и цветных камней
	2.Флюидно-анатектический	Редкометалльно-пироклоровые и апатит нефелиновые
	3.Флюидно-метомарфогенный	Керамических, мусковитовых, редкометалльных пегматитов и цветных камней

Скарновая	1. Известковый	Железорудные, вольфрам-молибденовые, медно-молибденовые, свинцово-цинковые
	2. Магнезиальный	Железорудные, медно-молибденовые, оловорудные, борные
Альбетит – грейзеновая	1. Альбетитовый	Берилливые, литиевые, урановые и редкоземельные
	2. Грейзеновый	Олово-вольфрамовые, литиевые, бериллиевые
Гидротермальная	1. Плутоногенный	Штокверковые и жильные а) высокотемпературные медно – молибден-порфировые, золото-, олово -, медно-кварцевые, б) среднетемпературные полиметаллические, сурьмяно-мышьяковые, редкометалльные, ураноносные; в) низкотемпературные сидеритовые, родохрозитовые, магнезитовые, хризотил-асбестовые, баритовые, Флюоритовые
	2. Вулканогенный андезитовый	Золотосеребряные, олововольфрамовые, ртутные, медные, алунитовые, исландского шпата, самородной серы
	3. Вулканогенно-осадочный, базальтоидный, субмаринный	Колчеданные, медноколчеданные, колчеданно-полиметаллические
Экзогенная серия		
Выветривания	1. Остаточный	Никель-кобальтовые, бокситовые, редкометалльные и редкоземельные, каолиновые, апатитовые, марганцевые
	2. Инфильтрационный	Редкометалльно-урановые
Осадочная	1. Механический россыпной	Гравийные, песчаные и глинистые (огнеупорные, бентонитовые) а) Континентальные россыпные золотые, платиновые, касситеритовые, алмазные, танталит-колумбитовые, корундовые б) Литоральные россыпные рутиловые, ильменитовые, циркониевые, касситеритовые, алмазные, цветные камни

Осадочная	2.Хемогенный	а) гидрооксидные, суспензионно-коллоидные: бурых железняков, марганца, железомарганцевых конкреций и корок. б) сульфидно-сульфатно-карбонатные: цветных и редких металлов в черных сланцах, в) сульфатно-галоидные: каменных, калийных солей, боратов, лития
	3.Биохимический	Фосфоритовые (континентальные и прибрежно-морские) кремнистые породы (диатомит, трепел, опоки), известняки, угли, горючие сланцы, торф
	4.Осадочно-катагенетический	Медистых песчаников, свинцово-цинковые в карбонатных породах, свинцовые в песчаниках, золоторудные и урановые в терригенно-карбонатных и черносланцевых толщах самородной серы, нефти и газа, йодо-бромистых и металлоносных рассолов
Метоморфогенная серия		
Метоморфизованная	1.Регионально-метоморфизованный	Железорудные, марганцевые, золотоурановые, апатитовые, колчеданные
	2.Контакто-метоморфизованный	Железорудные, графитовые, корундовые, скарнированные
Метоморфическая	1.Зелено-сланцевый	Горного хрусталя, золото кварцевые, мрамора, кварциты, кровельные сланцы
	2.Амфиболитовый	Андалузитовые, кианитовые, силлиманитовые, наждака, амфибол-асбестовые
	3.Гранулит-эклогитовый	Гранатовые, рутил-ильменитовые, флогопитовые
	4.Импактитовый	Алмазные

Оборудование и материалы. Таблица с генетической классификацией месторождений полезных ископаемых.

Указания по технике безопасности приведены в приложении 4.

Задания

Изучить генетическую классификацию месторождений полезных ископаемых

Содержание отчета

Описать цель работы, краткое теоретическое обоснование.

Контрольные вопросы

1. На какие классы подразделяются магматические месторождения?
2. На какие классы подразделяются пегматитовая месторождения?
3. На какие классы подразделяются скарновая месторождения?
4. На какие классы подразделяются альбетит-грейзеновые месторождения?
5. На какие классы подразделяются гидротермальные месторождения?
6. На какие классы подразделяются месторождения выветривания?
7. На какие классы подразделяются осадочные месторождения?
8. На какие классы подразделяются метоморфизованные и метоморфические месторождения?

Рекомендуемая литература

[2], [4].

4. ЗНАКОМСТВО С МАГМАТИЧЕСКИМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Цель: ознакомить студентов с основными типами магматических месторождений. В методических указаниях дается характеристика магматических месторождений и приводятся условия их образования.

Формируемые компетенции. Работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

Магматические месторождения формируются в процессе дифференциации металлоносной магмы непосредственно из расплава ультраосновного, основного или щелочного составов. При остывании такого расплава накопление рудообразующих минералов может происходить тремя путями.

Во-первых, магма рудносиликатного состава при охлаждении распадается на две несмешивающиеся жидкости – рудную и силикатную, раздельная кристаллизация которых приводит к обособлению *ликвационных* магматических месторождений.

Во-вторых, в силикатных магмах металлы могут войти в состав минералов ранней кристаллизации, сконцентрироваться в ней еще до полного затвердения оставшейся части расплава и образовать *раннемагматические* месторождения.

В-третьих, в подобного рода силикатных магмах металлы и их окислы кристаллизуются из остаточных расплавов при более низких температурах, после затвердевания главной массы породообразующих силикатов. Вследствие этого образуются *позднемагматические* месторождения.

Таким образом, месторождения магматической группы разделяются на три класса: ликвационный, раннемагматический, позднемагматический.

Среди магматических наиболее значительны месторождения титаномагнетитовых, апатито-магнетитовых и медно-никелевых

руд, хромитов, платиноидов, алмазов, некоторых редких элементов (Nb, Ta, Zr и Hf), редких земель, апатита и графита.

Физико-химические условия образования. Преобладающим источником рудообразующих элементов магматических месторождений было глубинное вещество подкоревой магмы. Но формировались они в широком диапазоне глубин и давлений – от очень больших, отвечающих полям устойчивости алмаза и пирропа на глубине 150 км, до приповерхностных, соответствующих образованию магматических сульфидных медно-никелевых месторождений, на глубине до 1 км.

Температура формирования для разных месторождений этой группы также изменяется от 1500° – температуры, соответствующей экспериментальным условиям получения алмаза, до 300° – температуры, при которой выделялись рудообразующие сульфиды некоторых магматических месторождений (А. Бетехтин). Причем перепад температуры от начала до конца магматического рудообразования мог быть весьма значительным.

Главными геохимическими факторами, влияющими на ликвацию сульфидного расплава в магме, являются: концентрация серы, общий состав силикатной магмы, особенно содержание в ней железа, магния и кремния, содержание халькофильных элементов в жидкой силикатной фазе.

В зависимости от длительности остывания силикатной части расплава, в известной мере связанной с глубиной интрузии, различают шесть типов залежей: висячие; донные; сульфидные жилы; сульфидно-силикатные штоки; расслоенные; эпигенетические секущие тела.

Физико-химические условия формирования ранне- и позднемагматических месторождений менее исследованы.

Состав руд магматических месторождений связан с составом материнских пород. Хромиты ассоциированы с дунитами – породами, богатыми магнием; титаномагнетиты – с пироксенитами, породами, богатыми железом; апатит и сопутствующие ему соединения – со щелочными породами агпайтовой ветви, богатой кальцием.

Геологические условия образования *Связь с магматическими формациями.* Рудные тела всех разновидностей магматических месторождений располагаются внутри или по ближайшей периферии породивших их интрузивов. Для последних весьма типична

плоская форма и наличие доступной для исследования нижней, придонной части (лополиты, плоские лакколиты, моноклиналильные силлы, реже дайки).

Магматические месторождения связаны с шестью формациями магматических горных пород.

Две из них принадлежат геосинклиналям, а четыре – платформам.

В геосинклинальных условиях образуются 2 формации: формация перидотитовых пород с ранне- и позднемагматическими месторождениями хромитов; формация габбро-пироксенит-дунитовых пород в основном с позднемагматическими месторождениями титаномагнетитов и других элементов платиновой группы (платина, палладий).

На платформах формировались четыре рудоносные формации: ультраосновных и основных пород с магматическими ликвационными сульфидными месторождениями; ультраосновных пород, образовавших алмазонасые кимберлиты; ультраосновных – щелочных пород с магматическими месторождениями карбонатов; щелочных пород с позднемагматическими месторождениями руд редких земель, тантала и ниобия, а также апатитов и апатит-магнетитовых руд.

Все эти формации и ассоциированные с ними магматические месторождения известны только на тектонически активизированных платформах. В их прогибающихся участках имели место интрузии ультраосновных и основных пород, а в воздымающихся участках происходили интрузии щелочных пород и формировались магматические месторождения редких земель, тантала и ниобия.

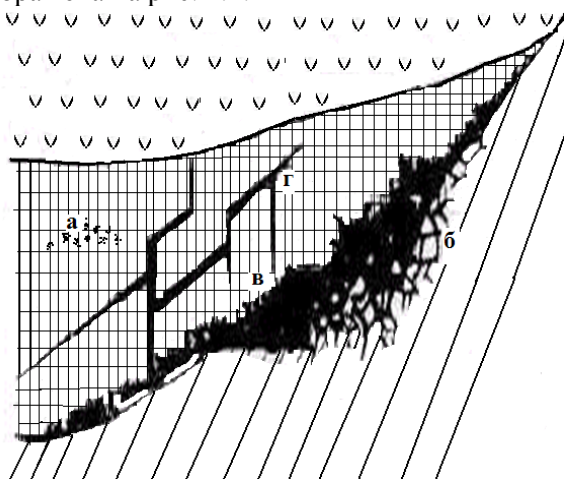
Ликвационные месторождения. Наиболее характерными ликвационными магматическими образованиями являются сульфидные медно-никелевые месторождения в ультраосновных и основных породах. К ним относятся на территории России г. Норильск в Красноярском крае (Приложение 3), рудопроявления Воронежской антеклизы. Эти месторождения встречаются очень редко, что определяется исключительными условиями их образования. Они формируются только на платформах, но не на всех, а на тектонически активизированных. В пределах активизированных участков платформ они связаны исключительно с гипабиссальными интрузиями габбровых магм и локализируются преимущественно в связи с

полнодифференцированными массивами этих пород. Наиболее значительные месторождения размещены на древних докембрийских платформах и обусловлены тектоно-магматической активизацией их в протерозойском (Балтийский и Канадский щиты), возможно, и каледонском, а также в герцинском (Сибирская платформа) орогенических этапах.

Материнскими породами этих месторождений являются гипабиссальные интрузии габбрового состава, обычно входящие в сложный и длительно развивающийся комплекс магматических пород.

По морфологическим признакам рудные тела разделяются на четыре группы: пластовые «висячие» залежи вкрапленных руд; пластовые и линзообразные залежи донных массивных «шлировых» и прожилково-вкрапленных руд; линзы и неправильные тела приконтактовых брекчиевых руд; жилы.

Принципиальная схема их размещения в родоначальном интрузиве изображена на рис. 4.1.



Условные обозначения:



Рисунок 4.1. Принципиальная схема размещения рудных тел сульфидных медно-никелевых месторождений: 1 – подстилающие породы; 2 – перекрывающие породы; 3 – вмещающие породы; а – висячие вкрапленники; б – донные залежи; в – приконтактовые брекчиевые руды; г – жилы

Минеральный состав руд магматических сульфидных медно-никелевых месторождений в части главных минералов удивительно прост и выдержан для всего мира. Он определяется пирротинном, и халькопиритом, к которым нередко присоединяется магнетит. Среди нерудных минералов, кроме оливина, ромбических пироксенов и других магнезиально-железистых силикатов, могут присутствовать продукты их преобразования – гранаты, моноклинные пироксены, тальк, хлорит и карбонаты.

Среди второстепенных и редких минералов наиболее существенны: минералы благородных металлов (золото, платина, палладий и др.); минералы меди (борнит, халькозин); минералы никеля, кобальта. Изредка встречаются пирит, молибденит, сфалерит, галенит, железо.

Характерные текстуры руд – массивная, полосчатая, брекчиевая, прожилково-вкрапленная и вкрапленная. Типичные структуры – зернистая и порфировая с широким проявлением структур распада твердых растворов.

Среди ликвационных сульфидных месторождений известны крупные объекты с запасами руды в сотни миллионов тонн.

Раннемагматические месторождения. Раннемагматические месторождения встречаются значительно чаще ликвационных.

Среди них известны зоны вкрапленников хромитов, в том числе скопления хромитов, содержащих платину и алмазы. К ним также принадлежат аналогичное титаномагнетитовое оруденение в геосинклинальных габброидах и месторождения рассеченных чешуек графита в щелочных породах. Единственным представителем крупных объектов среди раннемагматических месторождений, имеющих большое практическое значение, являются коренные месторождения алмазов.

Месторождения алмазов. Все существенные месторождения алмазов генетически связаны со своеобразной ультраосновной формацией кимберлитов, проявляющейся только на участках древних платформ. К ним принадлежат алмазные месторождения Сибирской платформы в Якутии.

Алмазоносные кимберлиты выполняют крутопадающие цилиндрические или овальные полости, образуя трубообразные тела (трубки) диаметром от нескольких метров до нескольких сотен метров и прослежены на глубину 2–3 км и более (рис. 4.2).

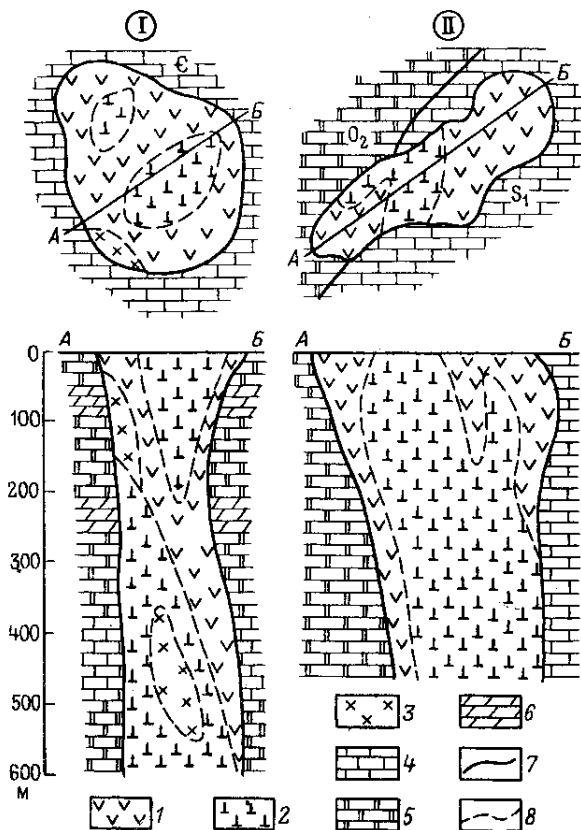


Рисунок 4. 2. Строение кимберлитовых трубок

(I – круглых, II – эллипсовидных в плане): 1 – кимберлит и кимберлитовый туф; 2 – кимберлитовая брекчия; 3 – кимберлит приконтактной зоны карбонатизированный; 4 – известняк; 5 – доломит; 6 – мергель; 7 – контур трубки; 8 – границы между разновидностями кимберлита

Петрографически кимберлит представляет собой ультраосновную породу, обладающую порфировой структурой. Алмазные трубки обычно выполнены брекчией, сцементированной кимберлитом.

Алмазы кимберлитовых трубок разнообразны по сортам, кристаллографическому облику, окраске и размерам. Помимо цельных кристаллов алмазов встречаются их обломки. Включения алмазов находятся в оливине, диопсиде, гранате. Все это свидетель-

ствуется об одновременном или близком по времени выделении как породообразующих минералов, так и алмазов.

Среди кимберлитовых трубок известны очень крупные, обладающие запасами алмазов в десятки миллионов карат. Из них в разное время получали от 50 до 90% мировой добычи алмазов. Среднее содержание алмазов в кимберлитах не превышает 0,5 карата на 1 м³ породы. Кимберлитовые трубки имеют сечение от нескольких метров до нескольких сотен метров и прослежены на глубину более 1 км. С глубиной эти тела обычно несколько сужаются, иногда переходят в плитообразные дайки. Нередко они группируются в цепи трубок, вытянутые вдоль стыка областей местных прогибов и воздыманий на платформе. Предполагается, что на глубине, в нижнем структурном ярусе платформ, их положение контролируется разломами глубокого заложения.

Трубка Мир представляет собой вертикальное трубообразное тело с расширяющейся верхней частью (рис. 4.3). Трубка выполнена кимберлитовой брекчией. Количество обломочного материала 50—80%. Кимберлиты приповерхностной части относительно сильно изменены и образуют ряд зон, отличающихся по степени разложения. По внешним признакам в кимберлитовой трубке выделяют несколько разновидностей – темно-зеленые малоизмененные кимберлиты, голубые мелкообломочные. Кимберлит, выполняющий трубку, представляет собой типичную брекчию, обломки которой сцементированы серпентин-карбонатной основной массой. Подавляющее количество породы сложено ксенолитами пород осадочного происхождения и включениями пород, родственных кимберлитам – перидотитами, оливинитами, серпентинитами. Включения эклогитов и пород типа; кристаллических сланцев архейского возраста редки. Алмазы в трубке распределены относительно равномерно, вне зависимости от разновидности кимберлита и представлены в основном октаэдрическими кристаллами. Трубка образовалась в среднем триасе.

Позднемагматические месторождения. Позднемагматические месторождения генетически связаны с тремя формациями глубинных магматических пород. С перидотитовой формацией ассоциированы магматические месторождения хромитов и платиноидов. С габбро-пироксенит-дунитовой формацией связаны магматические месторождения титаномагнетитов. С формацией ще-

лочных пород, ассоциированы три группы магматических месторождений: 1) апатито-магнетитов, 2) апатито-нефелинов и 3) редких земель.

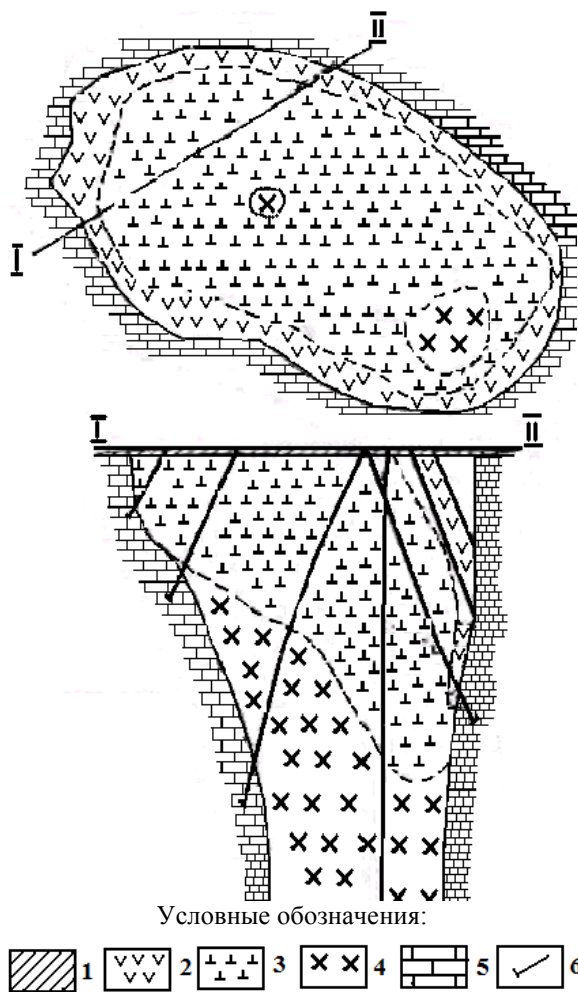


Рисунок 4.3. Схематическая геологическая карта и разрез кимберлитовой трубки «Мир». По А. П. Бобривичу, М. Н. Бопдаренко и др., (1959) г.:

1 – наносы; 2 – измененный кимберлит (желтый); 3 – измененный кимберлит (зеленый); 4 – малоизмененный кимберлит; 5 – карбонатные породы нижнего ордовика; 6 – скважины

Месторождения хромитов. Хромитовые месторождения (Сарановское, Кемпирсайское) располагаются внутри массивов ультраосновных пород. В России они развиты на Урале, известны на Кавказе и в Восточной Сибири.

Среди этих массивов преобладают лакколиты, лополиты и силлы. Хромитовые залежи, как правило, имеют форму жил, линз, труб, гнезд и полос массивных и вкрапленных руд.

Текстуры хромитовых руд – полосчатые, пятнистые; структуры их мелко- и средне-зернистые.

Сарановское месторождение (рис. 4.4) (Бисерский район Среднего Урала) принадлежит к числу крупнейших мировых месторождений и состоит из 9 крупных линзообразных штоков сплошных и вкрапленных руд хромита. Они залегают среди двух небольших змеевиковых массивов, вытянутых в меридиональном направлении. Размеры отдельных рудных тел достигают 250 м по простиранию при мощности до 14 м. На глубину месторождение не разведывалось. Предполагаемые запасы около 1500 000 т. По содержанию окиси хрома руды относятся к низкосортным ($Cr_2O_3=36-42\%$ в сплошных рудах), при сравнительно высоком содержании Al_2O_3 . По склонам г. Саранной кроме коренных, довольно много россыпных валунчатых руд.

Интересные в минералогическом отношении минералы находятся в кальцитовых жилах (прожилках) часто пересекающих как хромит, так и вмещающие породы. После вытравливания кальцита соляной кислотой, обнажаются стенки с кристаллами уваровита, хромовых хлоритов, шуйскита, миллерита, реже галенита, сфалерита, хромового сфена, хромового везувиана, перовскита.

Наиболее крупные кристаллы уваровита находились нами в россыпях валунчатых руд. Образцы с уваровитом легко определяются по тонким зеленым прожилкам на валунах.

Месторождения титаномагнетитов. Титаномагнетитовые магматические месторождения залегают внутри массивов основных пород. Они известны на Урале (рис. 4.5). По форме рудных тел – это жилы, линзы, гнезда, а также вкрапленники лентовидной и неправильной формы.

Минеральный состав руд: рутил, ильменит и титаномагнетит. Текстура руд обычно массивная, полосчатая, пятнистая и вкрапленная.

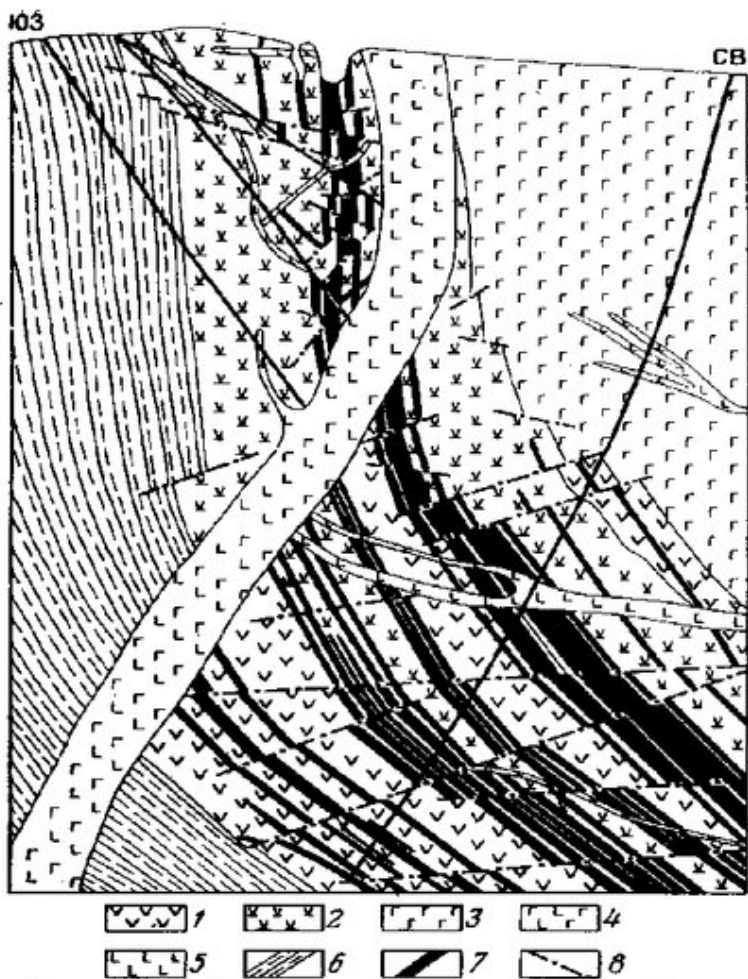


Рисунок 4.4. Геологический разрез Главного Сарановского месторождения хромитов: апогарицбургитовые серпентиниты: 1 – гитидиоморфной структуры; 2 – пойкилитовой структуры; 3 – габбро-диабазы; 5 – диабазы; 6 – кварц-серпичит-хлоритовые сланцы; 7 – хромиты; 8 – тектонические смещения

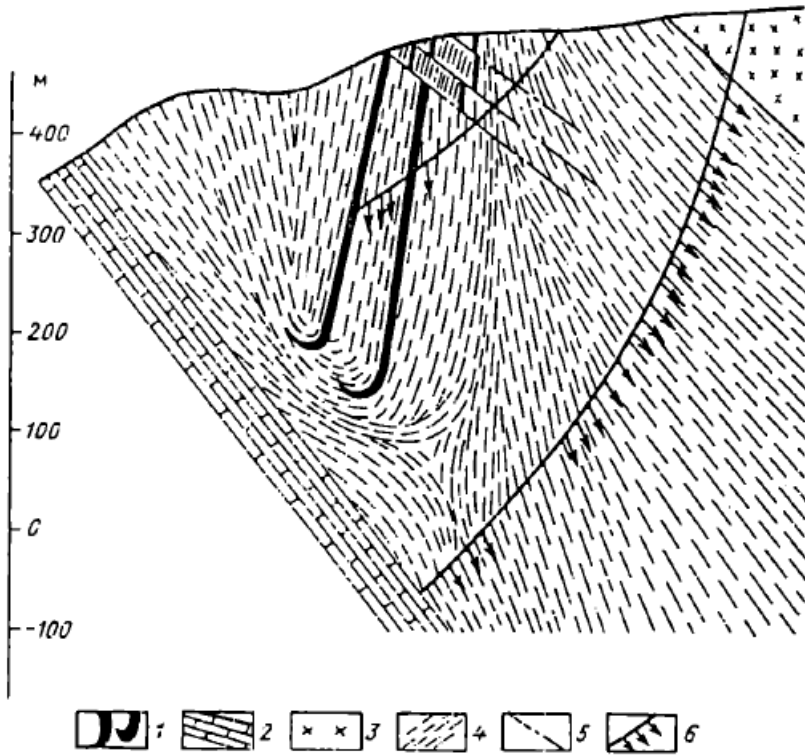


Рисунок 4.5. Поперечный разрез Кусинского месторождения (По Д. Штейнбергу): 1 – сплошной титаномагнетит; 2 – карбонатные породы лежачего бока; 3 – гранито-гнейсы; 4 – габбро-амфиболиты; 5 – тектонические нарушения; 6 – направление структурных элементов

Кусинское месторождение титаномагнетита (рис. 4.5) приурочено к Кусинско-Копанскому массиву габбро-амфиболитов, который простирается с севера на юг на 76 км, при мощности до 2 км. С запада массив контактирует с осадочной толщей саткинской и бакальской свит. С востока массив окаймляют кварциты и гранито-гнейсы кувашской и зигальгинской свит. Рудные тела в виде линз мощностью 1-4 м состоят порой из сплошных рудных минералов (магнетит+ильменит). На месторождении жилло- и линзообразные тела сплошных ильменит-магнетитовых руд залегают согласно с полосчатостью вмещающих их габбро-амфиболитов.

По минеральному составу эти руды представляют собой агрегат зёрен (0,2–0,5 мм) магнетита (60–80 %) и ильменита (20–40 %); также присутствуют шпинель, гематит, пирит, халькопирит, пирротин, из нерудных – хлорит. В отличие от других месторождений в сплошных рудах Кусинского месторождения содержится значительное количество самостоятельных зёрен ильменита. Магнетит этого месторождения почти лишён титана.

Новосёлковское месторождение (Беларусь) ильменит-магнетитовых руд. Оно контролируется интрузией габброидов, испытавшей метаморфизм в условиях амфиболитовой толщи. Возраст интрузии раннепротерозойский (около 2 млрд лет). Руды образуют единую зону в лежащем боку интрузии, которая прослеживается в северо-восточном направлении на 1200 м и на глубину 720 м. Падение рудной зоны юго-восточное, крутопадающее. Разломами типа сбросов территория разбита на три блока с амплитудой смещения около 100 м. Границы рудных тел с вмещающими амфиболитами и мегагабброидами постепенные, нечеткие и определяются только по данным опробования. Главными рудными минералами являются магнетит (до 60 %) и ильменит (до 30 %), второстепенными – пирит, пирротин (до 1–5 %), редко встречающимися – халькопирит, марказит, галенит, сфалерит, титаномагнетит. Из породообразующих минералов в рудах широко развиты амфиболы, плагиоклазы, пироксены, встречаются биотит, гранат, шпинель и др.

Они приурочены к обширному дифференцированному массиву, в плане имеющему форму овала с длинной осью субширотного простирания до 60 км и короткой – 25 км. В разрезе он представляет опрокинутый конус, вершина которого находится на глубине от 10 до 25 км от земной поверхности. Массив сложен дифференцированной серией пород: в подошве находятся кварцевые нориты, выше – габбро-нориты, габбро и кварцевые габбро, переходящие в гранофиры.

Месторождения апатит-нефелиновой формации приурочены к Хибинскому массиву нефелиновых сиенитов – конической интрузии центрального типа с незамкнутым на востоке кольцевым строением (рис. 4.6). Его площадь 1300 км². Возраст массива девонский – 300 млн лет. Массив формировался при многократном внедрении щелочной магмы.

Залежи апатит-нефелиновых руд пространственно связаны с интрузией ийолит-уртитовых (нефелин-эгириновых) пород, прослеживающихся на расстояние более 70 км. Интрузия залегает между грубозернистыми (хибинитами) и среднезернистыми (ричсорритами) нефелиновыми сиенитами и падает к центру массива под углом 2–70°.

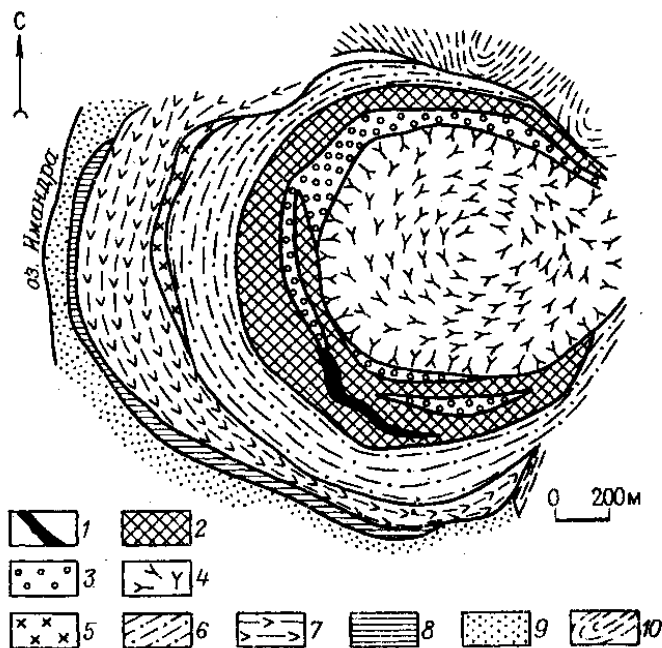


Рисунок 4.6. Схематическая геологическая карта Хибинского щелочного массива: 1 – апатит-нефелиновые руды; 2 – ийолит-уртиты, малиньиты, ричсорриты; 3 – нефелиновые сиениты; 4 – фойяиты; 5 – щелочные сиенит-порфиры; 6 – хибиниты трахитоидные; 7 – хибиниты гранитоидные; 8 – контактовые роговики; 9 – эффузивно-осадочная толща (докембрий); 10 – гнейсы (докембрий)

Рудные тела представлены пластообразными и линзообразными залежами протяженностью до нескольких километров при мощности до 200 м. Глубина распространения руд по вертикали достигает 1,5 км. Висячем – апатит-нефелиновые руды, содержащие 60–80 % апатита. В лежащем боку залегают бедные линзо-

видно-полосчатые и сетчатые апатит-нефелиновые руды с содержанием апатита 40–45 %.

Апатит-магнетитовые месторождения. Эти достаточно редкие месторождения связаны с породами сиенитовой магмы, например Лебяжинское месторождение на Урале. Жилообразные тела и линзы руды обычно приурочены к контакту щелочных гипабиссальных пород или располагаются между их разновидностями, представляющими собой продукты последовательного внедрения сложных интрузивов. Запасы руды у наиболее крупных представителей этих месторождений достигают первых миллиардов тонн; содержание железа обычно ниже 60 %, содержание фосфора около 2 %, а серы – редко превышает 0,05 %.

Оборудование и материалы: образцы руд, лупа, бинокляр, плакаты, диаграммы, рисунки.

Указания по технике безопасности смотри в приложении 4.

Задания

Ознакомьтесь с основными типами магматических месторождений полезных ископаемых, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические их особенности.

Содержание отчета

Описать цель работы, краткое теоретическое обоснование. Зарисовать и описать месторождения. Все свести в предложенные ниже таблицы.

Характеристика ликвационных месторождений

Сульфидные медно-никелевые месторождения						
Рисунок	Материнские породы	Форма месторождения	Минералогический состав	Структура	Текстура	Название месторождения

Характеристика раннемагматических месторождений

Месторождения алмазов						
Рисунок	Материнские породы	Форма месторождения	Минералогический состав	Структура	Текстура	Название месторождения

Характеристика позднемагматических месторождений

Рисунок	Материнские породы	Форма месторождения	Минералогический состав	Структура	Текстура	Название месторождения

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на контрольные вопросы и уметь и описать предложенный преподавателем тип магматического месторождения полезных ископаемых.

Контрольные вопросы

1. Как формируются магматические месторождения?
2. Охарактеризуйте текстуры руд различных магматических месторождений.
3. Внутри массивов каких магматических пород залегают титаномагнетитовые магматические месторождения?
4. С какими формациями глубинных магматических пород генетически связаны позднемагматические месторождения?
5. С какой своеобразной ультраосновной формацией генетически связаны все существенные месторождения алмазов?
6. Охарактеризуйте минеральный состав руд магматических сульфидных медно-никелевых месторождений.

Рекомендуемая литература

[2] , [3], [4], [5].

5. ЗНАКОМСТВО С ПЕГМАТИТОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

Цель: ознакомиться с характеристикой месторождений, приуроченных к различным пегматитам. В методических указаниях приводятся довольно подробные сведения о физико-химических условиях их образования, структурах и текстурах пегматитовых руд.

Формируемые компетенции. Работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

Пегматиты и находящиеся в них полезные ископаемые принадлежат к самостоятельной группе позднемагматических образований, формирующихся на самых завершающих ступенях отвердевания интрузивных массивов и располагающихся близ их кровли. Они связаны с родоначальными интрузивами тождественностью состава, но отличаются от них меньшими размерами, жилкообразной и гнездообразной формой, зональным внутренним строением, неравномерностью в размерах зерен, крупными кристаллами части слагающих их минералов и наличием продуктов метасоматической переработки первичных минеральных ассоциаций магматического происхождения.

Пегматиты свойственны глубинным изверженным породам любого состава. Однако среди них преобладают гранитные пегматиты, реже встречаются щелочные и еще реже основные и ультраосновные пегматиты.

Гранитные пегматиты, по А. Ферсману, можно разделить на пегматиты чистой линии и пегматиты линии скрещения. Пегматиты *чистой линии* залегают в гранитах или тождественных им породах и не испытывают усложнения своего состава в процессе формирования. *Пегматиты линии скрещения* образуются среди иных формаций, что отражается на их составе. В этих условиях возникают *гибридные пегматиты*, ассимилировавшие вещество боковых пород, и десилицированные пегматиты, отдавшие часть

своего кремнезема вмещающим породам, недосыщенным этим соединением.

Преобладающей формой пегматитов являются простые плитообразные и сложные жилы; реже встречаются линзы, иногда каплеобразного очертания, гнезда и трубы. Размеры пегматитовых залежей весьма разнообразны и иногда достигают значительной величины. Примерами могут служить «гигантомигматические пегматиты» Мамской и Витимской тайги, жилы которых имеют длину до 200 м и мощность до 50 м.

В минеральном составе пегматитов преобладают силикаты и окислы. Гранитные пегматиты чистой линии сложены калиевым полевым шпатом, кварцем, плагиоклазом (альбит, олигоклаз) и биотитом; кроме этих главных пегматитообразующих минералов в них концентрируются в разной степени: мусковит, турмалин, топаз, берилл, лепидолит, флюорит, апатит, минералы редких и радиоактивных элементов, а также редких земель. Гибридные пегматиты, образованные при ассимиляции глиноземистых пород (например, глинистых сланцев или основных пород), обогащаются такими минералами, как андалузит, кианит, силлиманит. Подобного рода пегматиты, загрязненные карбонатами кальция, магния и железа, содержат роговую обманку, пироксены, титанит и другие минералы. Десилицированные пегматиты в ультраосновных и карбонатных породах представлены обычно плагиоклазитами состава от альбититов до анортитов. При пересыщении глиноземом возникают корундовые плагиоклазиты. При этом за счет выноса из пегматита калия и кремния во вмещающих карбонатных породах образуются оторочки скарнов, в состав которых входят флогопит, гранат.

Щелочные пегматиты состоят из микроклина или ортоклаза, нефелина или содалита, эгирина с примесью апатита, а также минералов циркония, титана, ниобия и редких земель.

Пегматиты ультраосновных и основных магм (габбропегматиты, бронзититы и др.) сложены основным плагиоклазом, средним плагиоклазом, ромбическим пироксеном, в меньшей степени оливином, амфиболом, биотитом, с примесью апатита, граната, сфена, циркона, титаномагнетита, магнетита и иногда сульфидов.

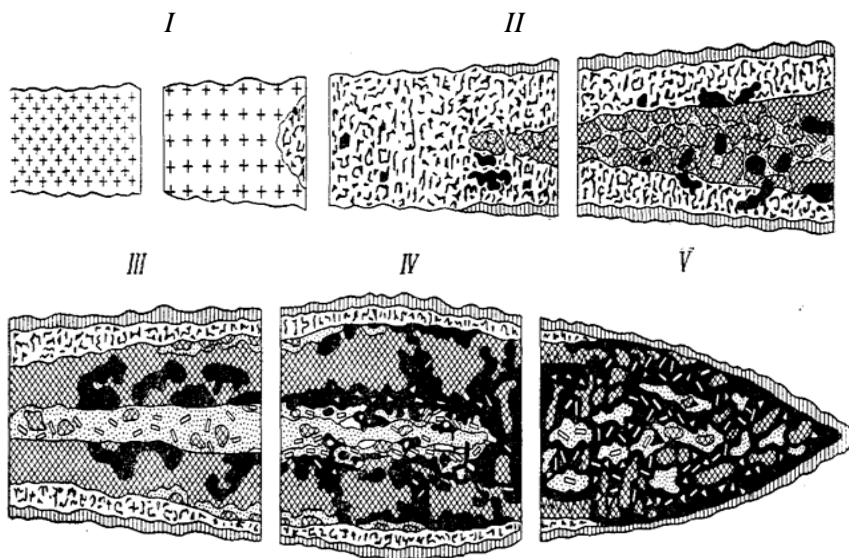
Для пегматитов, особенно гранитных пегматитов чистой линии, характерна эвтектоидная структура срастания полевого шпата и кварца и развитие крупных кристаллов отдельных минералов,

иногда достигающих гигантских размеров. Так, одна из каменоломень Урала целиком размещалась в одном кристалле амазонита. В пегматитах известны кристаллы кварца длиной более 2 и даже до 7,5 м. Пластины мусковита достигают площади до 5 м², а биотита – до 7 м². Вес кристалла топаза из копи Урала составлял 60 кг, кристалла мориона из пегматитов Европейской части России около 10 т, кристалла кварца из пегматитов Казахстана 70 т, а кристалла микроклина из жилы Норвегии около 100 т.

По составу и особенностям внутреннего строения пегматиты разделяются на простые, или недифференцированные, и сложные, или дифференцированные. Простые гранитные пегматиты состоят в основном из калиевого полевого шпата и кварца. Сложные пегматиты имеют более разнообразный минеральный состав и, как правило, зональное сложение. В строении таких зональных гранитных пегматитов выделяется их оболочка, внутренняя часть и неправильные метасоматические скопления, составляющие пять главных элементов их структуры (рис. 5.1).

Физико-химические условия образования

Подавляющая масса пегматитов, особенно гранитных, формировалась на значительных глубинах, в пределах абиссальной зоны, в обстановке существенного давления. Наиболее глубинные пегматиты, формировавшиеся ниже 6–7 км от поверхности земли, чаще всего размещаются в докембрийских кристаллических породах, имеют древний допалеозойский возраст и широко используются в качестве сырья для керамической и слюдяной промышленности. Менее глубинные пегматиты, образовавшиеся в интервале от 3,5 – 4 до 6 – 7 км, известны в возрастных границах от докембрия до мезозоя, отличаются повышенной концентрацией минералов редких элементов (лития, бериллия, цезия, тантала, олова и др.). Наименее глубинные пегматиты создавались на глубине от 2 до 4 км, преимущественно в герцинский, киммерийский и альпийский этапы развития, и характеризуются скоплением в них ценного кристаллического сырья (оптический флюорит, пьезокварц, драгоценные камни). На меньших глубинах отвечающих верхней части гипабиссальной зоны и приповерхностной зоне, пегматитовые поля не образуются.



Условные обозначения:



Рисунок 5.1. Схема текстурно-парагенетических типов пегматитов. (По К. Власову): 1 – граниты; 2 – пегматоидные граниты; 3 – микроклин; 4 – кварц; 5 – контактовые оторочки и зоны мусковит-кварц-полевошпатового состава; 6 – пегматиты письменной и гранитной структуры; 7 – блоковая зона; 8 – мономинеральная микроклиновая зона; 9 – кварц-сподуменовая зона; 10 – комплексы и зоны замещения: альбит, кварц, мусковит, реликты микроклина, редкометальные минералы; 11 – сподумен. I – равномернoзернистый или письменный; II – блоковый; III – полнодифференцированный; IV – редкометалльного замещения; V – альбит-сподуменовый типы

Генетическое подразделение. Пегматитовые месторождения полезных ископаемых распределяются по следующим генетическим классам: 1) простые пегматиты, 2) перекристаллизованные пегматиты, 3) метасоматически замещенные пегматиты, 4) десилицированные пегматиты.

Простые пегматиты. Простые пегматиты (рис. 5.2) по химико-минералогическому составу соответствуют исходным породам. Так, для простых гранитных пегматитов главными минералами

являются калинадровые полевые шпаты и кварц с небольшой примесью светлой слюды, турмалина и граната.

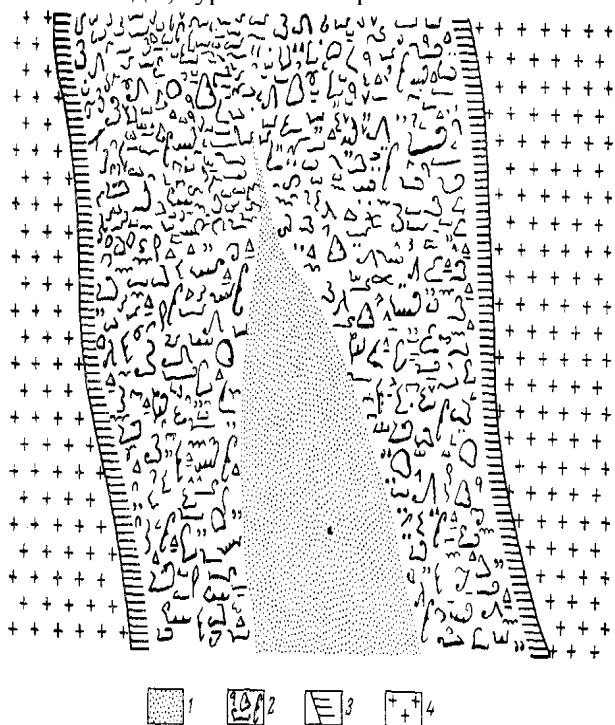


Рисунок 5.2. Сечение простого пегматита

1 – кварцевое ядро; 2 – пегматит письменной структуры;
3 – слюдяная оторочка; 4 – гранитный массив

Они обладают письменной или гранитной структурой, не несут заметных следов перекристаллизации, зональной дифференциации и метасоматической переработки. Такие пегматиты образуют самостоятельные поля или встречаются среди полей сложных пегматитов. Они разрабатываются для получения комплексного керамического сырья, состоящего из сростков кварца и полевого шпата обычно в отношении 1 : 3 и используются для производства низших сортов изделий фаянсовой и фарфоровой промышленности.

Перекристаллизованные пегматиты. Пегматиты этого класса (рис. 5.3) отличаются разномасштабной, крупно- и гигантокристаллической структурой, обусловленной перекристаллизацией исходного

вещества жил под влиянием горячих газо-жидких растворов, химический состав которых находился в основном в равновесии с составом ранее выделившихся пегматитообразующих соединений.

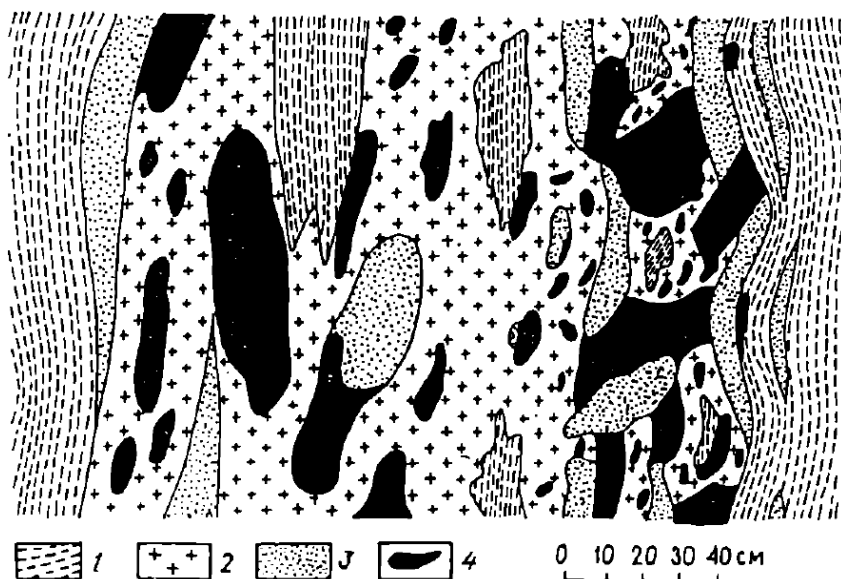


Рисунок 5.3. Сечение перекристаллизованного пегматита (по В. И. Смирнову): 1 – гнейсы; 2 – мелко- и среднезернистый пегматит; 3 – кварц; 4 – мусковит

При такой перекристаллизации, помимо кварца и калиевого полевого шпата, при гидролизе последнего формируется мусковит, составляющий наиболее ценный минерал пегматитов этого класса. Перекристаллизованные пегматиты бывают как зональные, так и азональные. В них хорошо проявлено кварцевое и мусковитовое замещение при слабом проявлении альбитизации или полном его отсутствии. Для них характерно также отсутствие миароловых пустот. Такие пегматиты, как правило, принадлежат к древним докембрийским образованиям, сформированным в наиболее глубоких условиях среди глубокометаморфизованных кристаллических пород.

Из перекристаллизованных пегматитов добывают мусковит, полевой шпат, комплексное кварц-полевошпатовое сырье и кварц. Мусковит во всем мире получают исключительно из перекристал-

лизованных пегматитов, являющихся единственным источником его добычи.

По характеру распределения слюды в жильном теле выделяются жилы с равномерным распределением, зональным распределением в дифференцированных телах и с гнездовым распределением. Размеры пластин слюды колеблются от очень мелких до гигантских с площадью в несколько квадратных метров; промышленное значение имеют листы площадью более 4 см^2 . Показателем промышленной ценности слюды служит произведение средней площади мусковитовых пластин на их вес, отнесенное к 1 м^3 жильной массы. За минимально промышленную величину обычно принимается $10 - 20 (\text{кг} \cdot \text{см}^2) / \text{м}^3$.

Крупные месторождения мусковита обладают запасами слюды в тысячи тонн. Главные места добычи мусковита в России находятся в Мамском районе Сибири.

Полевой шпат добывается из гранитных и щелочных пегматитов как зонального, так и азонального строения, но обязательно крупнокристаллической структуры. Он используется в стекольной, керамической и абразивной промышленности. Наибольшую практическую ценность представляет микроклин, меньшую – альбит. Кварц получают из пегматитов в ограниченных размерах для нужд металлургии (флюс), динаса, огнеупорных изделий и производства ферросилиция, обычно попутно с получением полевого шпата.

Комплексное кварц – полевошпатовое сырье, или так называемый «пегматит», получают из зон письменного гранита, подобно тому как это делается при разработке простых пегматитов.

Метасоматически замещенные пегматиты отличаются от предыдущих тем, что они не только перекристаллизованы, но и метасоматически переработаны (рис. 5.4).

Среди драгоценных камней, добываемых из метасоматически измененных пегматитов в России необходимо назвать топаз, берилл (аквамарин), турмалин, гранат и аметист.

Скопления лития в пегматитах связаны с лепидолитом, сподуменом, и другими более редкими минералами, бериллиевая руда. Цезий добывается из поллуцита, а примеси рубидия извлекаются из лепидолита и поллуцита. Местами метасоматически замещенные пегматиты добываемыми в качестве литиевой руды.

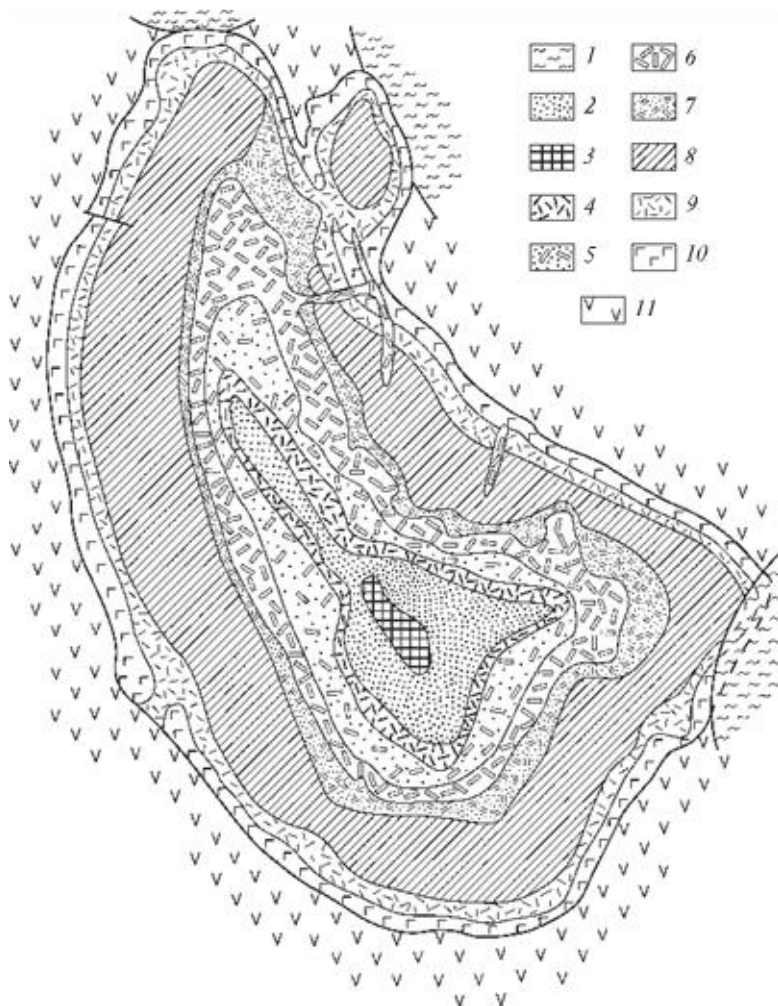


Рисунок 5.4. Сечение метасоматически замещенного пегматита (по Н. А. Солодову): 1 – наносы; 2 – зона блокового кварца; 3 – зона крупноблокового микроклина II; 4 – зона мелкопластинчатого альбита; 5 – кварц-сподуменовая зона; 6 – клевеландит-сподуменовая зона; 7 – зона кварц-мусковитовых гнезд; 8 – зона крупноблокового микроклина; 9 – зона гнезд мелкозернистого альбита; 10 – графическая кварц-микроклиновая зона (местами сильно альбитизирована); 11 – вмещающие породы

Скопления берилла разрабатываются как, содержащие минералы других редких элементов, эксплуатируются в очень ограниченных размерах для извлечения из них урана, тория, редких земель, ниобия, тантала, олова, вольфрама. Соединения этих элементов фиксируются среди метасоматически измененных щелочных и гранитных пегматитов.

В щелочных пегматитах концентрируются торий в виде торанита, тантал и ниобий в форме колумбита, танталита и других минералов и редкие земли в виде монацита, ортита, пирохлора.

Чрезвычайно редко в пегматитах обнаруживается промышленная концентрация цветных металлов.

Десилицированные пегматиты в карбонатных и ультраосновных породах сложены в основном плагиоклазами. В тех случаях, когда плагиоклазы содержат не менее 15 % анортитовой молекулы, в подобного рода пегматитах может кристаллизоваться свободный глинозем с образованием корунда и его благородных разновидностей – сапфира и рубина. Так возникают корундовые плагиоклазиты, в наиболее кислых разностях которых содержание корунда составляет всего лишь 1 %, а в наиболее основных достигает 90 %. Плагиоклазиты, содержащие более 40 % корунда, разрабатываются для его извлечения. При образовании плагиоклазитов в ультраосновных породах вокруг тела десилицированного пегматита возникают три оторочки: слюдяная, актинолитовая и тальковая (рис. 5.5).

К этому типу относятся десилицированные пегматиты Карабаша, Борзовки на Урале.



Условные обозначения:

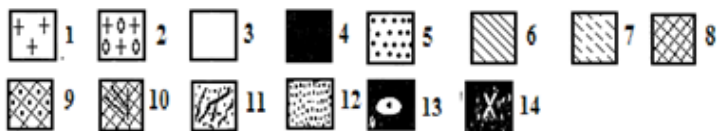


Рисунок 5.5. Сечение десилицированного пегматита на Урале (По А. Ферсману): 1 – пегматит; 2 – каолинизированный пегматит; 3 – кварц; 4 – биотитовая порода; 5 – биотит; 6 – тальковая порода; 7 – тальковая порода с биотитом; 8 – актинолитовый сланец; 9 – актинолитовый сланец с хлоритом; 10 – актинолитовый сланец с биотитом; 11 – гранодиорит; 12 – аплит; 13 – турмалин; 14 – апатит

Оборудование и материалы: образцы руд пегматитовых полезных ископаемых, лупы, бинокляр, плакаты, диаграммы, рисунки.

Указания по технике безопасности смотри в приложении 4.

Задания

Ознакомьтесь с основными месторождениями пегматитовых руд, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические их особенности.

Содержание отчета

Приведите цель работы, дайте краткое теоретическое обоснование, результаты работы приведите в виде таблицы:

Характеристика месторождений пегматитовых
полезных ископаемых

Рисунок пегматитового месторождения	Описание основных особенностей месторождения

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на контрольные вопросы и уметь описать любое предложенное преподавателем пегматитовое месторождение.

Контрольные вопросы

1. Какими минералами сложены десилицированные пегматиты в карбонатных и ультраосновных породах?
2. Особенности образования метасоматически замещенных пегматитов.
3. Какие драгоценные камни добывают из метасоматически измененных пегматитов в России?
4. В каких условиях и среди каких пород формируются перекристаллизованные пегматиты?

Рекомендуемая литература

[1] , [2], [4].

6. ЗНАКОМСТВО С ПОЛЕЗНЫМИ ИСКОПАЕМЫМИ СКАРНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Цель: ознакомиться с характеристикой основных месторождений полезных ископаемых, приуроченных к скарнам. В методических указаниях содержатся описания месторождений железа, меди, кобальта молибдена и др., сопровождающиеся иллюстрационным материалом

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т.е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

Скарновые месторождения достаточно разнообразны по составу добываемых полезных ископаемых. Необычайно широк круг месторождений известковых скарнов, в особенности для металлических месторождений. В них известны месторождения почти всех металлов, за исключением хрома, сурьмы и ртути. Наиболее значительны известково-скарновые месторождения железа, кобальта, меди, платины, вольфрама, молибдена, свинца и цинка, золота, олова, бериллия, скандия, ниобия, редких земель и урана. Типичными представителями магнезиальных скарнов могут служить месторождения бора, некоторые месторождения железных, железозинковых руд и флогопита.

Железные месторождения. Скарновые железорудные месторождения известны как среди известковых, так и среди магнезиальных скарнов. Встречаются они не очень часто, обычно в изолированных рудных провинциях. В России самой крупной их провинцией является Урал с месторождениями гор Магнитной, Благодать, Высокой и др. Кроме того, скарновые месторождения железных руд известны в Западной Сибири (Темиртау, Таштагол, Монгол и др.), в Восточной Сибири (Рудногорское, Коршуновское, Таежное, Гаринское и др.)

За границей скарновых месторождений железных руд меньше. Все эти месторождения обычно находятся в контактовых ореолах гранитоидов. Запасы железной руды скарновых месторождений достигают 600 млн. т при содержании железа от 35 до 50—54 %. В качестве примеров кратко описываются месторождения горы Магнитной и Коршуновское.

Гора Магнитная. Это месторождение находится на восточном склоне южной части Уральского хребта. Оно приурочено к приконтактной зоне гранитоидной интрузии, прорвавшей осадочно-эффузивную толщу пород состоящую из известняков, порфиритов и их туфов (рис. 6.1).

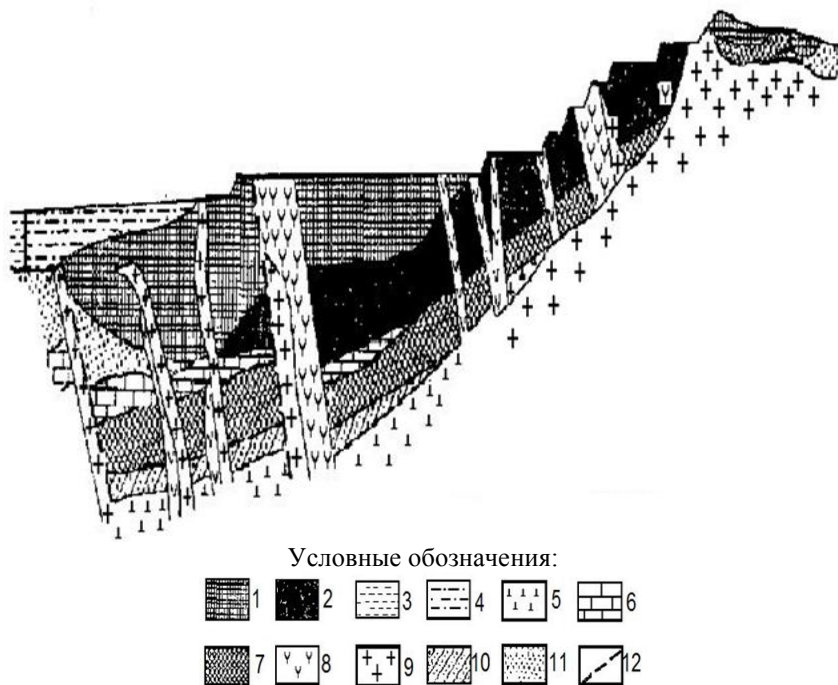


Рисунок 6.1. Разрез по борту карьера горы Магнитной. По Брауну:
 1 – руды окисленные; 2 – руды первичные; 3 – делювий безрудный;
 4 – делювий рудный; 5 – порфириты; 6 – известняки и мрамор;
 7 – скарны; 8 – диориты; 9 – граниты и микрограниты; кератофиры;
 10 – атакиты; 11 – наносы; 12 – линия сбросов

Соотношение между вмещающими слоистыми породами, изверженными породами и скарнами свидетельствует о длительном процессе глубинного магматизма, в конце концов, завершившимся образованием скарнов. Вначале внедрились порфириты, затем диориты, вслед за ними микрограниты и кварцевые диориты. Все эти разновидности изверженных пород сопровождалась дайковыми сериями.

Кориуновское месторождение. Это месторождение входит в Ангаро-Илимскую группу и находится в бассейне р. Илима, правого притока р. Ангары (рис. 6.2).

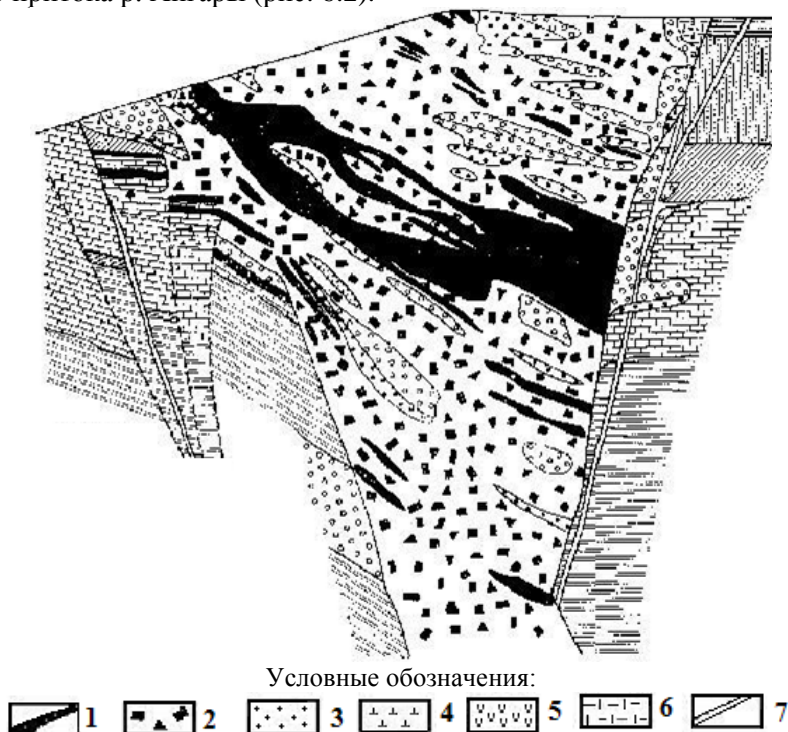


Рисунок 6.2. Геологический разрез через центральную часть участка Рудная гора второго Кориуновского месторождения:
 1 – руды магнетитовые, массивные, метасоматические, почти сплошные; 2 – руды магнетитовые, вкрапленные и брекчиевидные;
 3 – скарны слабооруденелые; 4 – породы серпентин – тальк – кальцитовые;
 5 – породы кальцит – пироксен – гранатовые; 6 – туфогенные песчаники, брекчии, конгломераты; 7 – траппы

Район сложен комплексом осадочных пологозалегающих песчаных, глинистых и карбонатных отложений нижнего палеозоя и туфогенно-осадочных пород верхнего палеозоя. Весь этот комплекс пород прорван интрузиями габбро-диабазов, диабазов и диабазовых порфиритов, относящихся к формации сибирских траппов. Структура этого месторождения оригинальна. Оно локализовано в трубке взрыва, заполненной скарниро-ванной взрывной брекчией туфогенных образований.

Главными скарновыми минералами являются пироксен, в меньшей степени гранат.

Брекчированные породы вместе с пироксен-гранатовыми выделениями в сильной степени хлоритизированы, серпентинизированы, кальцитизированы, ороговикованы и содержат скопления магнетита.

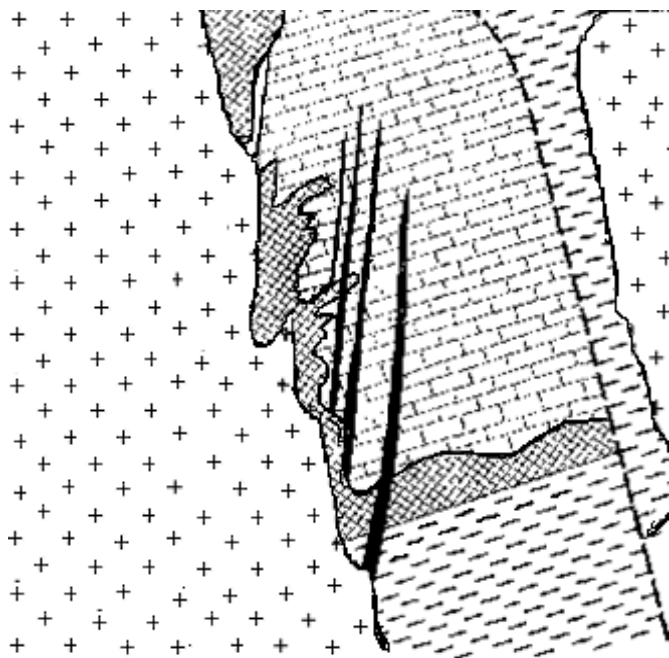
Преобладающая масса руд представлена брекчиевидными и вкрапленными рудами; сплошные массивные и полосчатые руды имеют ограниченное распространение. Характерной особенностью геологии в области распространения магномагнетитовых месторождений Сибирской платформы, к которым относится и Коршунское месторождение, является присутствие в нижних горизонтах отложений палеозойского чехла платформы галогенных фаций, включая пласты каменной соли.

Медные месторождения. Медное оруденение в скарнах распространено довольно широко, но оно редко достигает тех значительных масштабов, которые свойственны другим типам медных месторождений. В нашей стране среди скарновых месторождений меди могут быть отмечены Турьинские рудники на Урале, Юлия и другие в Восточном Саяне.

Скарновые месторождения меди расположены в приконтактовой зоне гранодиоритов, плагιοгранитов, обычно среди известняков. В ряде районов они тесно ассоциированы с магнетитовыми рудами, образуя комплексные магнетито-медные скарновые месторождения. Главным породообразующим минералом является халькопирит, ассоциирующийся с пиритом, борнитом, сфалеритом и молибденитом. При значительном развитии сфалерита или молибденита формируются комплексные медно-цинковые (Клифтон в США) или медно-молибденовые (Киялых Узень в Хакассии) месторождения.

Турьинские рудники. Эти месторождения находятся на Северном Урале в районе г. Краснотурьинска. В группе медных месторождений, сосредоточенной в северо-восточной полосе рудного поля, насчитывается около 15 месторождений и отдельных рудных тел. Среди них наиболее значительны Фроловское, Никитинское, Ново-Фроловское, Николо-Подгорное и Вадимо-Александровское месторождения.

Фроловское месторождение является центральным в группе Турьинских медных рудников. Приурочено оно к контакту кварцевых диоритов с известняками среднего девона (рис. 6.3).



Условные обозначения:



Рисунок 6.3. Поперечный разрез скарновой залежи Фроловского рудника: 1 – известняки среднего девона; 2 – кварцевые диориты; 3 – эффузивные порфириты и их туфы; 4 – меденосные песчаники; 5 – дайки диоритового порфирита

На глубине около 300 м толща известняков сменяется порфиритами. Пологопадающий контакт между ними примыкает к поверхности интрузива и создает условия для образования так называемых «донных» пластовых залежей скарнов. Скарны обладают вышеописанным зональным сложением.

Тела массивных медных руд имеют форму пластин, гнезд и труб. Они образуются непосредственно на контакте скарнов и известняков, следуя его весьма изменчивым очертаниям.

Главным рудообразующим минералом Турьинских рудников является халькопирит, ассоциирующийся с пиритом и с более редкими сфалеритом, галенитом, молибденитом.

Платиновые месторождения. Скарновые месторождения платиноидов чрезвычайно редки. В России они известны на юге Красноярского края в Хакасии и на Южном Урале. Из зарубежных можно отметить пояс сравнительно не крупных месторождений, протягивающийся из Невады в Калифорнию (США), а также месторождения Китая, Северо-Восточной Бразилии, Боливии, Бирмы, Японии, Индонезии.

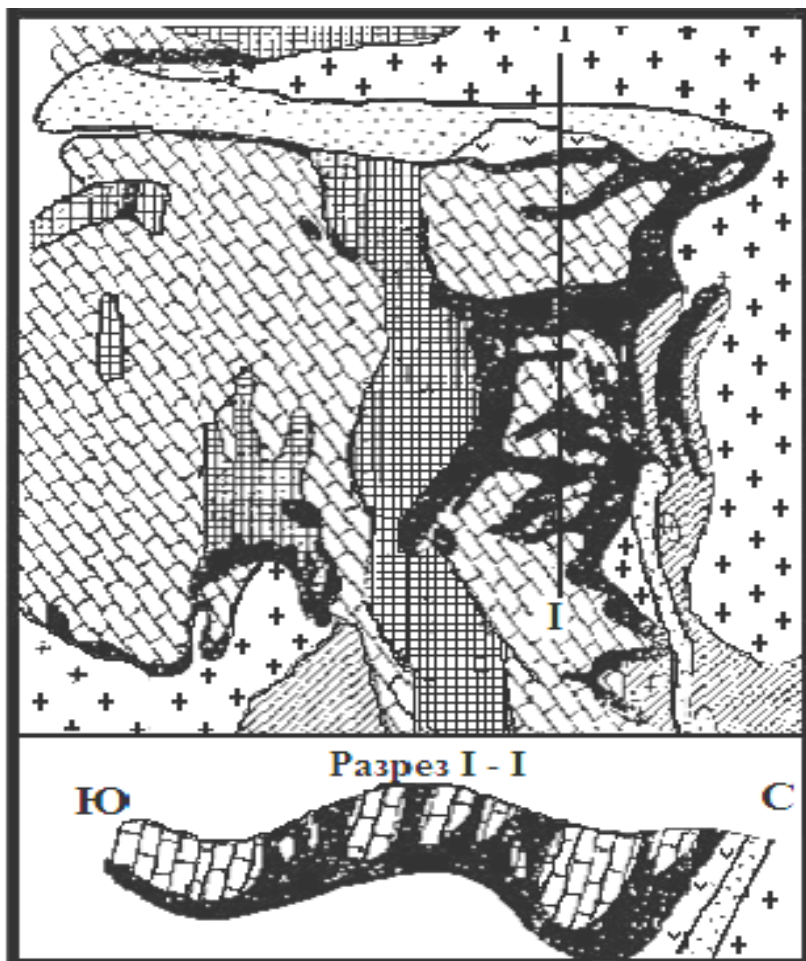
Шеелитоносные скарны обычно приурочены к контактам гранитоидных пород. Вмещающими породами, как правило, являются известняки, хотя известны крупные месторождения эндоскарнов. Вольфрам связан в форме шеелита, с которым необычайно редко и в очень малых количествах ассоциируется вольфрамит. Как примеры, кратко характеризуются два месторождения: Лянгар и Чарух Дайрон.

Месторождение Лянгар. Геологическую основу этого месторождения составляет мощная толща нижнепалеозойских сланцев и известняков, собранная в крупную антиклинальную складку, прорванную верхнепалеозойскими гранитоидами.

Центральная часть последних сложена биотитовыми гранитами, периферическая – кварцевыми диоритами, прорванными дайками и мелкими штоками гранита (рис. 6.4).

Вследствие термального контактового воздействия гранитоидов сланцы превращены в роговики, а известняки в мраморы. При этом среди известняков возникла зона светлых пород, состоящих в основном из пироксена, граната, везувиана. Вслед за ними были сформированы пироксен-гранатовые скарны с шеелитом. В их состав, кроме перечисленных, входит около 70 других минералов, таких, как рого-

вая обманка, полевой шпат, эпидот, кварц, кальцит, флюорит, а также различные сульфиды, самородные висмут и золото.



Условные обозначения:



Рисунок 6.4. Схема геологического строения скарнового месторождения Лянгар: 1 – сланцы; 2 – известняки; 3 – адамеллиты; 4 – тоналлиты; 5 – граниты; 6 – известково-силикатные роговики; 7 – скарны

Главная масса шеелита накапливалась в виде выделений по незамещенному (остаточному) кальциту. Шеелитоносные скарны Лянгара образуют сложные по очертаниям залежи, морфология которых обусловлена извилистой поверхностью контакта гранитоидов с осадочными породами, слоистостью и тектонической трещиноватостью последних.

Молибденовые месторождения. Скарновые месторождения молибдена встречаются редко. Среди них выделяются комплексные шеелит-молибденитовые месторождения типа Тырны-Ауза на Кавказе. В отличие от шеелитовых скарновых месторождений, локализующихся близ умеренно кислых гранитоидов, скарновые месторождения молибденовых руд нередко ассоциированы с нормальными и даже крайне кислыми гранитами. Примером их может служить месторождение Тырны-Ауз.

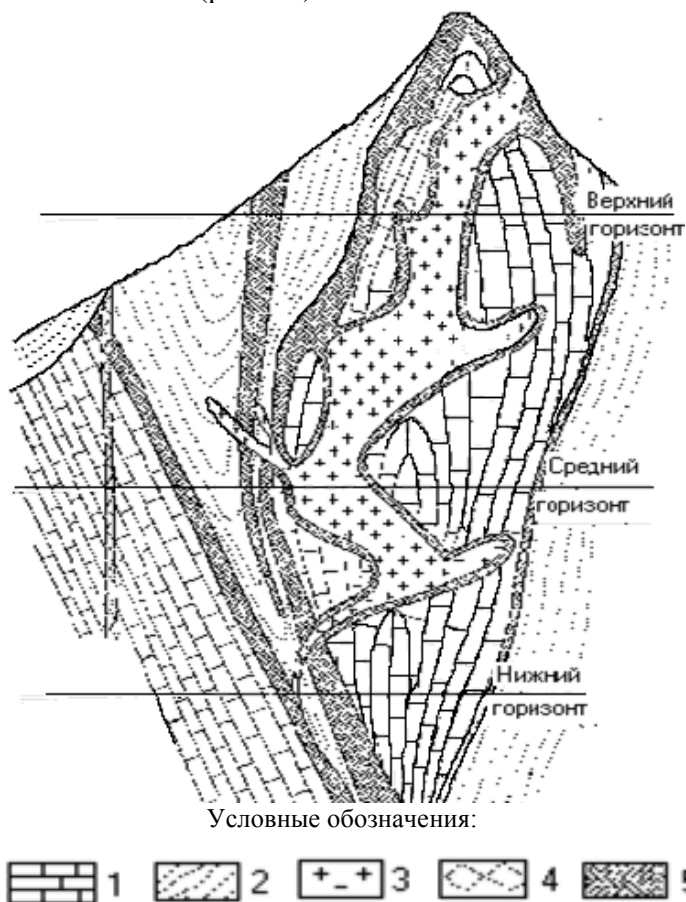
Месторождение Тырны-Ауз. Площадь месторождения сложена сильно-метаморфизованными известняками, сланцами и песчаниками палеозоя и юры, собранными в систему широтных складок. Основу достаточно сложной геологической структуры Тырны-Ауза составляет антиклиналь, соседствующая на юге с синклинальной складкой.

В их строении принимают участие две толщи пород: нижняя, сложенная палеозойскими мраморизованными известняками, и верхняя, состоящая из сланцев, превращенных на ранней стадии контактового метаморфизма в пироксеновые роговики.

Известняки образуют ядро антиклинали и крылья синклинали, а перекрывающие их роговики формируют ядро синклинали и крылья антиклинальной складки. Складки осложнены продольными сбросами и прорваны массивом мезозойских гранитов, с которыми связывается образование месторождения. После создания месторождения, в третичное время, внедрились штоки и дайки липаритов.

По контакту гранитов и известняков проходит лишь тонкая скарновая оторочка. Главная масса скарнов приурочена к контакту роговиков и известняков. Следуя складчатой структуре месторождения, пластообразная залежь скарнов повторяет контуры антиклинальной складки, образует мощный раздвиг в ее шарнире и распространяется на крылья синклинали. С пироксен-гранатовыми

скарнами тесно ассоциируется вольфрамовое оруденение, представленное шеелитом (рис. 6.5).



*Рисунок 6.5. Схематический поперечный разрез
Скарнового мастирождения Тырны-Ауз:*

- 1 – мраморизованные известняки; 2 – биотитовые роговики;
3 – лейкократовые граниты; 4 – липариты; 5 – скарны*

Свинцово-цинковые месторождения. Скарновые месторождения свинцово-цинковых руд довольно часто встречаются как в нашей стране, так и за рубежом. На территории России они известны на Дальнем Востоке в хребте Сихотэ-Алинь (группа Тетюхе).

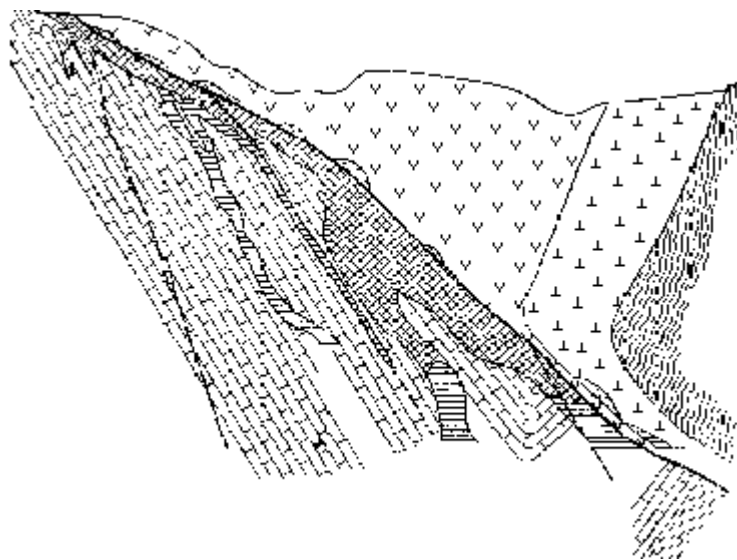
Более позднее молибденовое оруденение связано с волной окварцевания, охватившей как скарны, так и часть площади роговиков. Молибденовое оруденение представлено молибденитом.

Изверженные породы, с которыми связаны скарновые свинцово-цинковые месторождения, отличаются своим резко выраженным гипабиссальным обликом и порфировой структурой. Среди них распространены гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры, кварцевые порфиры. Вмещающие породы, как правило, сложены известняками. Главными рудными минералами являются галенит и сфалерит. Они ассоциированы с кварцем, карбонатами, баритом и другими сульфидами. Вся эта ассоциация гидротермального парагенезиса формируется на заключительной стадии образования месторождений.

Месторождение Верхнее. Это месторождение Дальнего Востока входит в группу Тетюхе. Оно интересно тем, что приурочено не к магматическому, а к тектоническому контакту между триасовыми известняками и надвинутыми на них верхнемеловыми кварцевыми порфирами. Рудная залежь на самых верхних горизонтах состоит из трех ветвящихся труб, книзу сливающихся в одно мощное трубообразное тело, с двумя отходящими от него крупными апофизами.

Руда сложена гранатом, эпидотом, и рудными минералами, среди которых главными являются сфалерит, галенит. Для руд этого месторождения характерны крупные пустоты «продушины», обрамленные кристаллическими щетками рудообразующих минералов (рис. 6.6).

Золотые месторождения. Скарновые месторождения золотых руд до сих пор не играли существенной роли ни в балансе добычи этого металла в России, ни в балансе добычи в мире. Большинство известных месторождений этого типа незначительны по размерам. В России к ним принадлежат Ольховское, Осиновское, Чибихек в Красноярском крае, и некоторые другие. Среди заграничных может быть указано довольно крупное месторождение Суйан золотых, медных и висмутовых руд в магнезиальных скарнах с людвицитом и котоитом в Корейской Народно-Демократической республике. Обычно эти месторождения относятся к нормальным известковым скарнам гранат-пироксенового состава. Золото чаще всего связано с пиритом.



Условные обозначения:



*Рисунок 6.6. Схематический предполагаемый разрез
скарнового месторождения Верхнее:*

*1 – кварцевые порфиры; 2 – андезиты; 3 – известняки; 4 – сланцы
и песчаники; 5 – кремнистые сланцы; 6 – скарны; 7 – проекции скарнов;
8 – окисленная цинковая руда; 9 – разлом; 10 – предполагаемые разломы*

Кроме вышеописанных крупных месторождений в скарнах встречаются: оловянные, бериллиевые, урановые, борные месторождения.

Из нерудных полезных ископаемых в скарнах известны месторождения флогопита, графита, хризотил-асбеста и талька.

Оборудование и материалы: образцы руд скарновых полезных ископаемых, лупы, бинокляр, плакаты, диаграммы, рисунки.

Указания по технике безопасности приведены в приложении 4.

Задания

Ознакомьтесь с основными месторождениями скарновых руд, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические особенности.

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, рисунки месторождений и их описание в виде таблицы:

Характеристика скарновых месторождений

Рисунок месторождения	Описание месторождения

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Месторождения каких металлов известны в известковых скарнах?
2. Среди каких скарнов известны скарновые железорудные месторождения? Назовите эти месторождения.
3. Какой состав скарнов характерен для шеелитовых месторождений?
4. Перечислите наиболее значительные месторождения, входящие в состав Турьинских рудников.
5. Какие нерудные полезные ископаемые известны в скарнах?

Рекомендуемая литература

[2], [4].

7. ЗНАКОМСТВО С ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

Цель: ознакомиться с основными типами гидротермальных месторождений. В методических указаниях приводится характеристика гидротермальных месторождений, условия их образования, минералогический состав, структура и текстура руд.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

Гидротермальные месторождения представляют собой промышленные минеральные скопления, созданные циркулирующими под поверхностью земли горячими, обогащенными полезными компонентами газовой-жидкими растворами.

Связь гидротермальных месторождений с магматическими породами может быть генетической, парагенетической, агенетической, амагматической.

Кипрское месторождение. К нему относятся серно-, медно- и медно-цинково-колчеданные месторождения, связанные с недифференцированной базальтовой субформацией, весьма характерной для коры океанического типа (рис. 7.1).

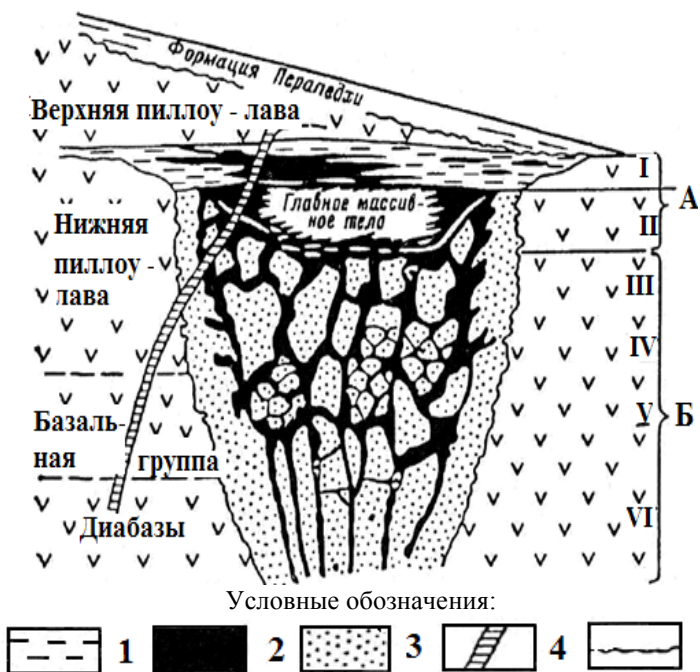
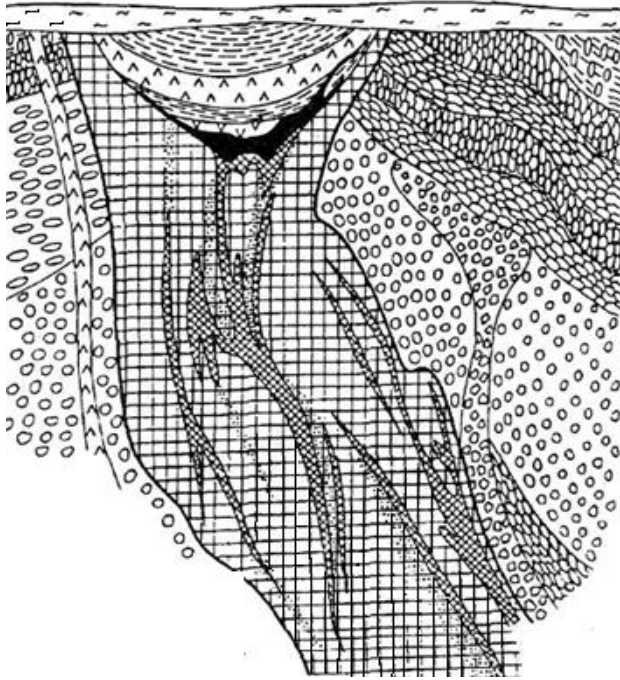


Рисунок 7.1. Зональность кипрских месторождений (по Р. Хатчинсону):
 1 – аргиллит, обогащенный железом, содержащий в основном гетит, лимонит и гематит, 2 – массивные сульфиды, 3 – пропилитизация с рассеянными сульфидами, 4 – послерудная дайка, 5 – несогласие;
 А – осадочная эксгальционная минерализация (I – осадочная зона, II – зона массивных сульфидов), Б – импрегнационная минерализация в измененных лавах (III – сульфиды, заполняющие полость, IV – сульфиды на окраине пиллоу-лав, V – сульфиды, заполняющие разломы, VI – рассеянные пиритовые вкрапления в измененной лаве)

Уральский тип. Данный подкласс месторождений ассоциируется с контрастно-дифференцированной базальт-липаритовой субформацией. По составу месторождения либо медноколчеданные, либо медно-цинковоколчеданные (рис. 7.2).



Условные обозначения:



Рисунок 7.2. Схематизированный геологический разрез Гайского колчеданного месторождения (по В.И.Смирнову):
 1 – рыхлые мезо-кайнозойские отложения; 2 – крупнообломочные туфо-конгломераты базальтов; 3 – лавы пироксенплагиопорфировых базальтов; 4 – игнимбритовидные витрокластические липариты; 5 – кварцевые липаритодациты; 6 – обвальные крупнообломочные агломераты андезитодацитового состава; 7 – взрывная брекчия; 8 – порфирокластические игнимбриты; 9 – поздние габбро-диабазы; 10 – шлаковые туфы плагиопорфировых базальтов; 11 – жерловые вулканические и вулканокластические породы; 12 – участки тех же пород, подвергшиеся интенсивному гидротермальному преобразованию; 13 – убогие медно колчеданные руды вулканогенно-метасоматического происхождения; 14 – богатые цинково-медноколчеданные руды вулканогенно-осадочного происхождения.

В наиболее ярком виде этот тип месторождений широко распространен и детально исследован в герцинских комплексах Урала. Оруденение здесь ассоциирует с субвулканическими, экстрезивными и лавовыми фациями липарито-дацитового состава, и отчетливо контролируется вулканическими структурами.

Типичный геологический разрез представлен двумя контрастными толщами: внизу – липаритовой, а сверху – базальтовой (рис. 7.2).

Рудные пласты, линзы и ленты локализованы на границе этих толщ и обычно венчают очередной вулканический цикл. В кровле залежей располагаются горизонты яшм, рудные гальки.

Тип Кууроко. Месторождения этого подкласса парагенетически связаны с полно дифференцированной известково-щелочной базальт-андезит-дацит-липаритовой субформацией и сложены свинцово-цинково-медными рудами. Наиболее яркими представителями данного подкласса являются месторождения Алтая (рудноалтайский тип), Кууроко (колчеданосный миоценовый пояс Японии), Скандинавских каледонид, пиритового пояса Испании и Португалии и ряда других провинций мира. Это самый важный и самый распространенный подкласс колчеданных месторождений.

В хорошо сохранившихся и слабо метаморфизованных месторождениях миоценового пояса Японии развиты сложные грибообразные рудные тела с нижней секущей штокверкообразной частью и верхней – субпластовой, стратиформной. В нижней развиты прожилково-вкрапленные пирит-халькопирит-кремнистые, гипсангидрит-монтмориллонит-пирит-халькопиритовые и почти мономинеральные пиритовые, с небольшой примесью халькопирита, руды.

В верхней части пластовая или линзовидная залежь разделяется на ряд стратифицированных зон (снизу вверх): пирит – халькопиритово – (сфалерит-барит-кварцевая) (желтые руды); сфалерит-галенит-халькопирит-пирит-баритовая (черные руды); баритовая (с кальцитом, доломитом, и сидеритом) и венчает залежь яшмовый горизонт (ожелезненные кремни) (рис. 7.3)

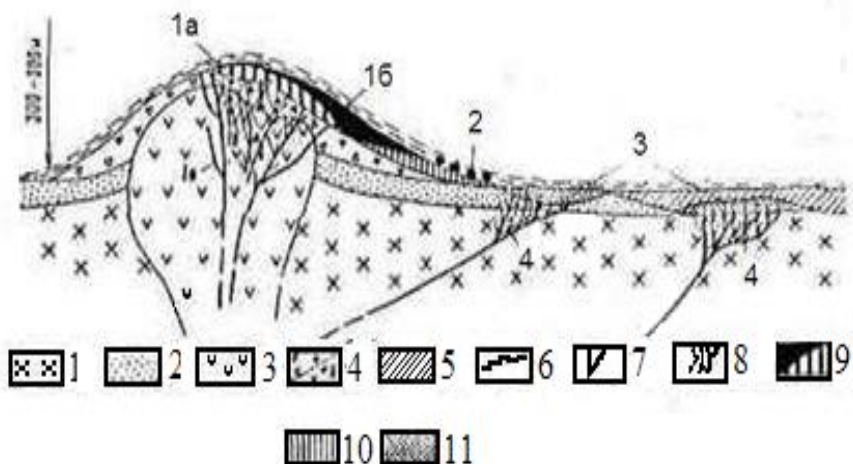


Рисунок 7.3. Месторождения, связанные с внутренней островной дугой (тип Куроко) (по Л.Бауману): 1 – риолитовые лавы, 2 – туффитовые осадки, 3 – риолиты, 4 – брекчии взрывных пород (а – неминерализованная, б – минерализованная), 5 – черные сланцы (частично с ангидритом и гипсом), 6 – глинистые сланцы, подстилаемые железистыми кварцитами, 7 – жилы, 8 – штокверк с прожилками ("поперечное врезание"), 9 – полосчатые массивные сульфиды, перекрываемые баритом, 10 – ангидрит, гипс, 11 – рудные инфильтрации и замещения в уплотненных выполняющих древние вулканические постройки

Рудногорское месторождение. Вулканогенно-гидротермальное, формация магномагнетитовых руд. Рудногорское месторождение входит в состав Ангаро-Илимской группы месторождений, расположенной в юго-западной части окраины сибирской платформы.

Месторождение пространственно и генетически связано с траппами и залегает в туфогенно-осадочных породах нижнего силура и перми. Породы смяты в пологие складки широтного, северо-западного и северо-восточного простирания, осложненные разрывами (рис. 7.4).

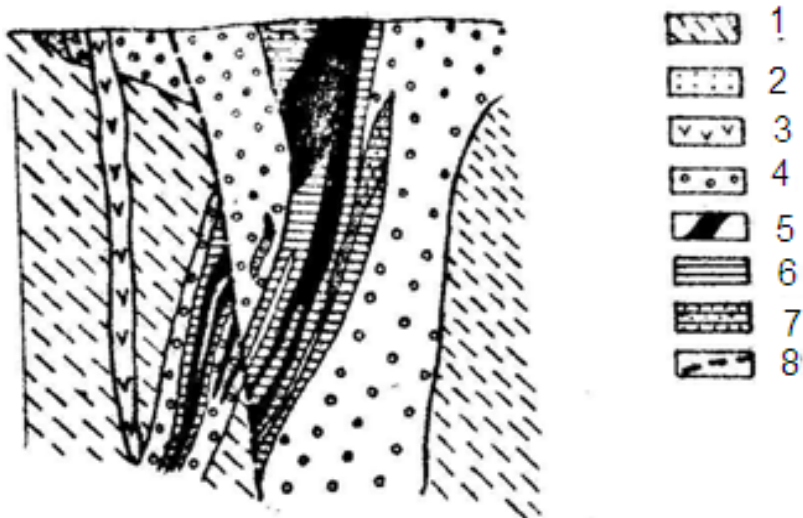


Рисунок 7.4. Геологический разрез восточной части Рудногорского месторождения: 1 – мергели; 2 – песчаники кварцевые; 3 – траппы; 4 – скарнированные породы; 5 – руды сплошные; 6 – руды вкрапленные; 7 – руды брекчиевидные; 8 – разрывные нарушения

Рудные тела представлены несколькими сближенными, нередко сливающимися крутопадающими широтными жилами, пересекающими, тело вулканической трубки взрыва и выходящими на востоке и западе за её пределы. Общая протяженность сложной жилы достигает 2 км при суммарной мощности до 45 м.

Состав руд: магномагнетит (содержит более 6 % магния, изоморфно замещающего железо), отмечаются небольшие количества гематита, кальцита, хлорита, серпентина, кварца. Специфической особенностью является значительное развитие коллоидных минералов.

Вмещающие туфы и брекчии подверглись интенсивному метасоматическому изменению, превращены в пироксен-гранатовые, гранат – хлоритовые, хлорит-серпентин-кальцитовые метасоматиты.

Качество руд высокое: содержание железа – 53,1 %, фосфора – 0,38 %, серы – 0,05 %.

Месторождение контролируется тектоническими трещинами на сочленении двух зон разломов. Вначале образовалась трубка взрыва, и внедрялись дайки и силы интрузивных траппов. Затем по

трещинам проникали гидротермальные растворы, обусловившие метасоматические изменения в наиболее проницаемых породах трубки и формировании рудных тел.

Оборудование и материалы: образцы руд гидротермальных месторождений полезных ископаемых, лупы, бинокляр, плакаты, диаграммы, рисунки.

Указания по технике безопасности приведены в приложении 4.

Задания

Ознакомьтесь с основными гидротермальными месторождениями полезных ископаемых, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические особенности.

Содержание отчета

Приведите цель работы, дайте краткое теоретическое обоснование, результаты работы приведите в виде таблицы:

Характеристика гидротермальных месторождений

Рисунок месторождения	Описание месторождения

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте связь гидротермальных месторождений с магматическими породами.
2. С какой субформацией ассоциируется уральский тип гидротермальных месторождений?
3. Для месторождений какого типа характерна четкая метасоматическая зональность?
4. Охарактеризуйте минералогический состав формации магномагнетитовых руд.

Рекомендуемая литература

[1], [2], [4].

8. ЗНАКОМСТВО СО СТРАТИФОРМНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

Цель: ознакомить студентов с основными типами стратиформных месторождений. В методических указаниях приводится подробная характеристика некоторых из них.

Формируемые компетенции. Работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

К данному классу отнесены месторождения стратиформных руд меди, свинца, цинка, урана, ванадия, железа, стронция, бария, серы, нефти, газа, бальнеологических вод, йодобромных и редкометалльных рассолов.

Для рассматриваемых объектов характерны следующие особенности:

- расположение внутри крупных отрицательных структур земной коры, выполненных мощными (более 1 км) толщами осадочных пород,

- присутствие в полных разрезах продуктивных бассейнов пачек эвапоритов;

- наличие в разрезах геохимически специализированных осадочных формаций (металлоносных битуминозных глин, красноцветных терригенных толщ, вулканогенно-осадочных пород и др.);

- локализация руд в пористых горизонтах песчаников и карбонатных пород, расположенных внутри глинистых или эвапоритовых водонепроницаемых и экранирующих (для углеводородов и подземных вод) толщ;

- наличие ореолов вторичных минеральных образований, отражающих развитие окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных геохимических реакций;

Месторождение Дзезказган. Месторождение находится в Казахстане. Район сложен толщей молассовых средне-верхнекаменноугольных отложений мощностью 600–700 м, сложенной

ритмично переслаивающимися серо- и красноцветными песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Здесь предполагается рудообразование на контакте восходящих сульфатно-хлоридных минерализованных вод, переносивших медь и сопутствующие компоненты (молибден, рений, серебро, свинец и цинк) по проницаемым горизонтам песчаников, и сероводородсодержащих вод.

Рудные тела представлены пологими согласными залежами вкрапленных руд. Они характеризуются пластовой и линзовидной формами, и тяготеют к сероцветным песчаникам, образующим девять рудоносных горизонтов.

В них известно 300 рудных тел (мощность от 0,5 до 20 м), которые сгруппированы более чем в 100 залежей. На глубину они прослежены до 600 м. Наиболее богатые части рудных тел приурочены преимущественно к сводам и крыльям антиклинальных структур, а также осложняющим их флексурам. Иногда оруденение приурочено к секущим зонам дробления и трещиноватости.

Текстуры руд вкрапленные, реже прожилковые. Главные рудные минералы – халькозин, борнит, халькопирит, галенит и сфалерит, нерудные – кварц, кальцит, барит, второстепенные – пирит, ковеллин, блеклые руды. Руды комплексные. Помимо главного компонента, меди, они содержат свинец, цинк, серебро и рений (рис. 8.1).

Образование руд было, вероятно, сложным и длительным. С осадконакоплением связана рассеянная минерализация, затем происходила некоторая концентрация рудного вещества при диагенезе, а в завершение под воздействием горячих минерализованных растворов формировались руды прожилкового и жильного типа

Миргалимсайское месторождение. Формация свинцово-цинковых руд в карбонатных породах. Месторождение располагается в Казахстане на юго-западном склоне хребта Каратау. Приурочено к антиклинальным складкам.

Район месторождения сложен карбонатными породами позднего девона и раннего карбона (рис. 8.2).

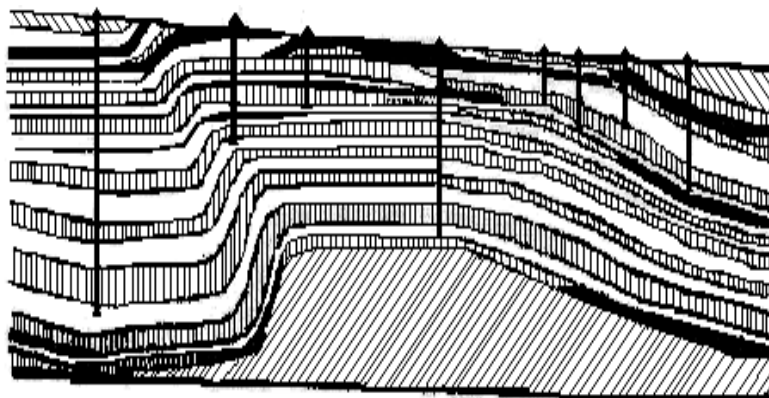


Рисунок 8.1. Схематический геологический разрез Джезказганского месторождения: 1 – нижнепермская красноцветная толща; 2 – рудносные серные песчаники; 3 – безрудные красные песчаники; 4 – нижнекаменноугольные песчаники и известняки; 5 – рудные тела

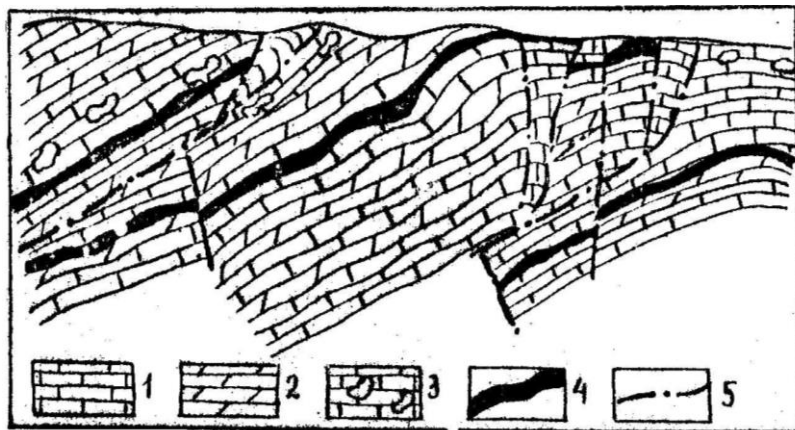


Рисунок 8.2. Схематический разрез Миргалимсайского месторождения: 1 – известняки; 2 – доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – тектонические нарушения

Позднедевонские отложения представлены чередованием известняков и доломитов, разделяющихся на 11 горизонтов, мощность которых колеблется от 5 до 70 м. Раннекаменноугольные

образования (средняя мощность около 700 м) подразделяются на 5 горизонтов, в составе которых отмечаются известняки, доломиты и брекчии этих пород. На Миргалимсайском месторождении большинство рудных тел приурочено ко второму ленточному горизонту позднего девона.

В пределах рудных полей развиты разрывные нарушения (в миргалимсайском поле наиболее крупным разломом являются главный и южный надвиги). В этом типе оруденение локализуется в сводовых частях антиклинальных складок и представлено пластообразными залежами мощностью до 15м. По составу руд выделяются: свинцовые, свинцово – баритовые, баритовые. Текстуры руд вкрапленные, массивные, полосчатые, пятнистые и брекчиевидные.

Минеральный состав первичных руд: галенит, сфалерит, пирит, марказит, халькопирит, магнезит, гематит, халькозин, самородное серебро, арсенопирит, флюорит, барит, доломит, кальцит, кварц. Состав окисленных руд: халькозин, самородное серебро, малахит, азурит, гипс.

Содержание цинка в первичных рудах 3 %, свинца – около 1 %; в окисленных – наибольшее соотношение свинца и цинка достигает 1:17.

Предполагается, что процесс образования месторождений начинается с накопления первично-осадочных сингенетических руд, позднее он сменяется эпигенетическим перераспределением рудного вещества в результате деятельности вод, приведшим к образованию эпигенетических залежей.

Удоканское месторождение. Рудовмещающими породами на Удоканском медном месторождении являются медистые песчаники (рис. 8.3). В тектоническом отношении месторождение приурочено к Намингинской брахисинклинали, расположенной в осевой части Кодаро-Удоканской зоны. Руды Удоканского месторождения практически монометалльные медные и содержат лишь небольшую примесь серебра. Минеральный состав их характеризуется исключительным постоянством. Основным первичными минералами меди являются халькозин, борнит и халькопирит. Из вторичных минералов меди распространены малахит, азурит, ковеллин, халькозин. Из других основных минералов в рудах широко распространены: пирит, магнетит и гематит. В виде минералов-примесей отмечены: валлериит, молибденит, виттихенит, пирро-

тин, сфалерит, марказит, теннантит, полидимит, кобальтин, штро-
 мейерит, самородное серебро. В первичных рудах 65% меди при-
 ходится на долю халькозина, 20-25% – на борнит и 10-15% – на
 халькопирит.

Балансовые запасы руды составляют 1,3 миллиарда тонн, ме-
 ди – 19,9 миллиона тонн (среднее содержание 1,56 грамма на тон-
 ну), серебра – 11,9 тысячи тонн (среднее содержание – 9,6 грамма
 на тонну).

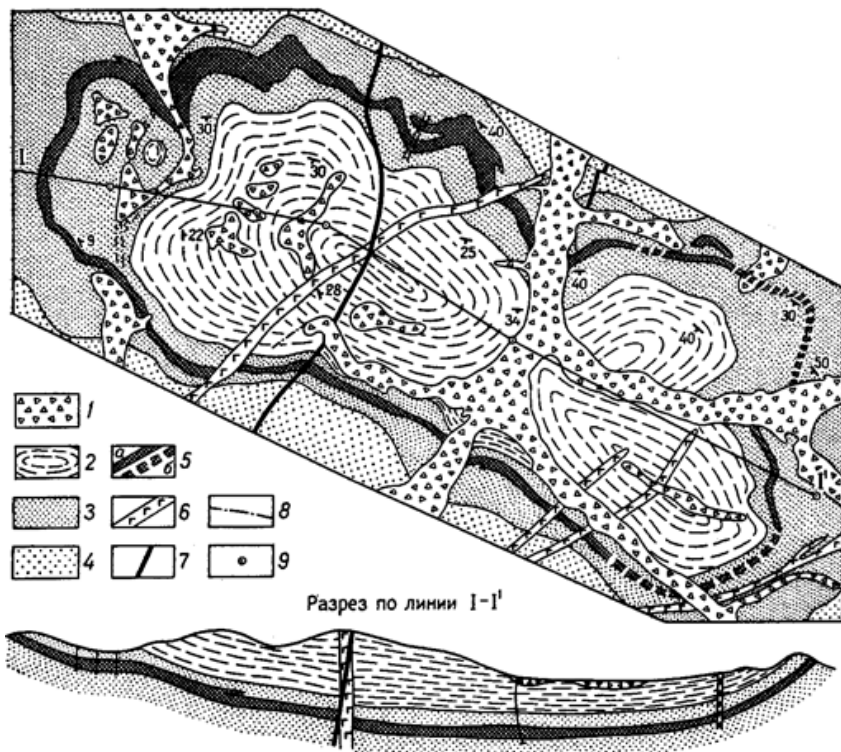


Рисунок 8.3. Геологическая карта Удоканского месторождения меди
 (по Э.Ф. Гринталю, В.С. Четечкину, Р.Н. Володину): 1 – четвертичные
 отложения, 2 – намингинская свита: алевролиты, песчаники, аргиллиты,
 3-4 – сакуканская свита: 3 – известковистые, кварцитовидные
 песчаники, 4 – магнетитсодержащие песчаники, гравелиты,
 5 – рудоносный горизонт: а-установленный, б-предполагаемый,
 6 – габбро-диабазы, 7 – лампрофиры, 8 – разрывные нарушения,
 9 – скважины

Месторождение Сардана (рис. 8.4) характеризуется богатыми галенит-сфалеритовыми свинцово-цинковыми рудами с высокими промышленными содержаниями компонентов-спутников германия, кадмия и повышенными содержаниями серебра.

Промышленную ценность имеют также германий (7–78 г/т), кадмий (до 523 г/т) и серебро (до 285 г/т). В некоторых пробах установлена примесь золота (до 2,4 г/т).

Месторождение приурочено к Юдомо-Майской структурно-формационной зоне, которая расположена на границе Сибирской платформы и Верхоянской складчатой системы. В районе месторождения основание разреза представлено отложениями верхнего рифея (аргиллитами, алевролитами и песчаниками). На них залегают терригенно-карбонатные и карбонатные отложения юдомской свиты венда (кремнистые доломиты, доломиты, песчаники с прослоями алевролитов, доломиты с прослоями аргиллитов, известняки). Почти все рудные тела месторождения, имеющие практическое значение, локализируются в пределах доломитов третьей пачки верхнеюдомской подсвиты. Венчают разрез карбонатные и терригенно-карбонатные образования нижнего и среднего кембрия (доломиты, известняки, битуминозные доломиты, аргиллиты, карбонатные брекчии, мергели). Магматические породы представлены редкими силлами и дайками диабазов и габбро-диабазов.

Структура рудного поля определяется серией линейных складок меридионального простирания с четко выраженным асимметричным строением. Антиклинали большей частью имеют пологие восточные и крутые, иногда запрокинутые западные крылья. Большинство рудных тел приурочено к крутым или запрокинутым крыльям складок. Рудные зоны имеют согласное залегание с вмещающими породами и тесно ассоциируют с доломитами. Они представлены полосами вкрапленной и гнездово-вкрапленной сульфидной минерализации, которые состоят из чередования зон убогой и богатой вкрапленности. Наибольшие размеры имеют лентовидные залежи мощностью до 3 м и протяженностью до 1500 м. Они локализируются главным образом вблизи основания рудовмещающей пачки. Другая морфологическая группа рудных тел образует «таблицеобразные» залежи мощностью около 5 м и протяженностью от 150 до 200 м. Эти тела приурочены к среднему стратиграфическому уровню. Наконец, третья группа рудных тел,

залегающих преимущественно в верхних горизонтах рудоносной пачки, представляет собой столбообразные залежи средней мощностью 10 м и длиной 75-100 м, которые слагаются богатой свинцово-цинковой рудой. Основным промышленным типом руд месторождения являются галенит-сфалеритовые с преобладанием сфалерита. Среди текстур руд преобладают полосчатая, брекчиевидно-пятнистая и крапленая.

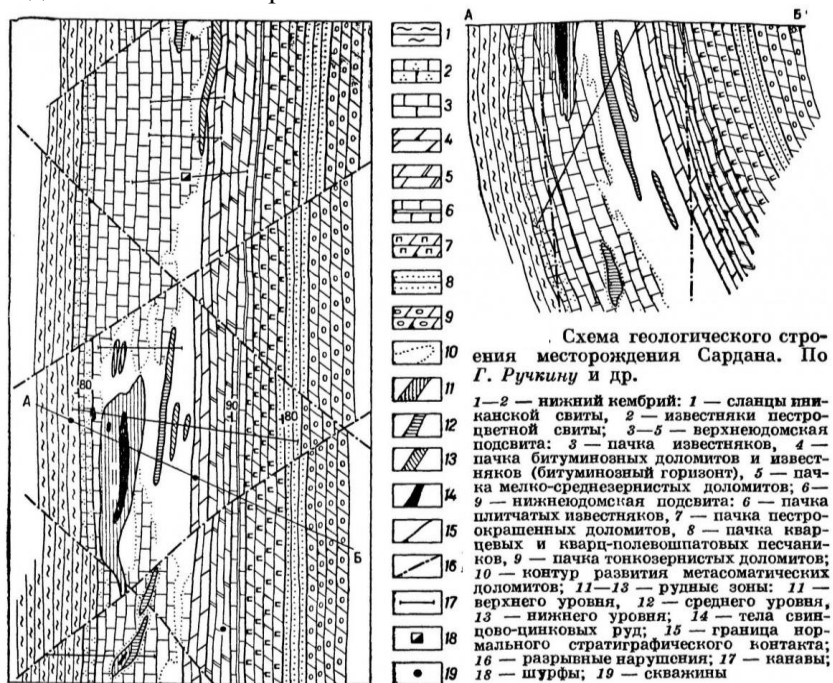


Рисунок 8.4. Схема геологического строения месторождения Сардана. (По Г. Ручкину и др.): 1-2 — нижний кембрий: 1 — пиванской свиты, 2 — известняки пестроцветной свиты; 3-5 — верхнеюдомская подсвита: 3 — пачка известняков, 4 — пачка битуминозных доломитов и известняков (битуминозный горизонт), 5 — пачка мелко-среднезернистых доломитов; 6-9 — нижнеюдомская подсвита: 6 — пачка плитчатых известняков, 7 — пачка пестроокрашенных доломитов, 8 — пачка кварцевых и кварц-полевощпатовых песчаников, 9 — пачка тонкозернистых доломитов; 10 — контур развития метасоматических доломитов; 11-13 — рудные зоны: 11 — верхнего уровня, 12 — среднего уровня, 13 — нижнего уровня; 14 — тела свинцово-цинковых руд; 15 — граница нормального стратиграфического контакта; 16 — разрывные нарушения; 17 — канавы; 18 — шурфы; 19 — скважины

Оборудование и материалы: образцы руд стратиформных месторождений полезных ископаемых, лупы, бинокляр, плакаты, диаграммы, рисунки.

Мероприятия по технике безопасности не предусматриваются.

Задания

Ознакомьтесь с основными стратиформными месторождениями полезных ископаемых, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические особенности.

Содержание отчета

Приведите цель работы, дайте краткое теоретическое обоснование, результаты работы приведите в виде таблицы:

Характеристика стратиформных месторождений

Рисунок месторождения	Описание месторождения

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какие особенности характерны для рассматриваемых месторождений?
2. Какие руды встречаются в стратиформных месторождениях?
3. Механизм образования Джезказганского месторождения.
4. Перечислите основные минералы медистого стратиформного месторождения Джезказган.
5. Опишите процесс образования Миргалимсайского месторождения.
6. Сколько горизонтов выделяется в позднедевонских отложениях?

Рекомендуемая литература

[2], [4].

9. ЗНАКОМСТВО С ОСАДОЧНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

Цель: ознакомить студентов с основными типами осадочных месторождений. В методических указаниях приводится подробная характеристика некоторых из них.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ПК-1, т. е. готовность использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией; ПК-8 – готовность применять основные принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды.

Теоретическая часть

К этому классу принадлежат месторождения угля, газогидратов, каменных солей, многих металлов (Fe, Mn, Au, U, Pt, Cu), неметаллические полезные ископаемые (фосфориты, бораты, цеолиты, камнесамоцветное сырье – алмазы, изумруды и др.).

Курская магнитная аномалия. Месторождение осадочно-метаморфизованное, формация железисто-кремнистая и богатых руд коры выветривания.

Бассейн Курской магнитной аномалии (КМА) площадью 120 тыс. км² включает четыре железорудных района: Белгородский, Ново-Оскольский, Старо-Оскольский и Курско-Орловский. На территории бассейна распространены два промышленных типа руд: железистые осадочно-метаморфизованные кварциты и богатые железные руды коры выветривания железистых кварцитов.

В геологическом строении района КМА принимают участие два резко различных комплекса пород: 1) сильно метаморфизованные, интенсивно дислоцированные породы докембрийского основания, состоящего из кристаллических сланцев, гнейсов, железистых кварцитов и рвущих их интрузивных пород; 2) осадочный комплекс пород, залегающий почти горизонтально на породах докембрийского фундамента и представленный глинами, известняками, песками и песчаниками девонского, каменноугольного, юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Мощность осадочного чехла изменяется от 35 до 180 м

в центральной части и до 350–600 м в южной части бассейна (Белгородский район). Железистые кварциты залегают в виде одного или нескольких параллельных, иногда прерывистых пластов, имеющих крутое (70–80°) падение и почти всюду северо-западное простирание. По минеральному составу железистые кварциты подразделяются на: магнетитовые, гематит-магнетитовые и гематитовые (железно-сланцевые). Они представляют собой, главным образом, тонкослоистые, мелко- и тонкозернистые породы.

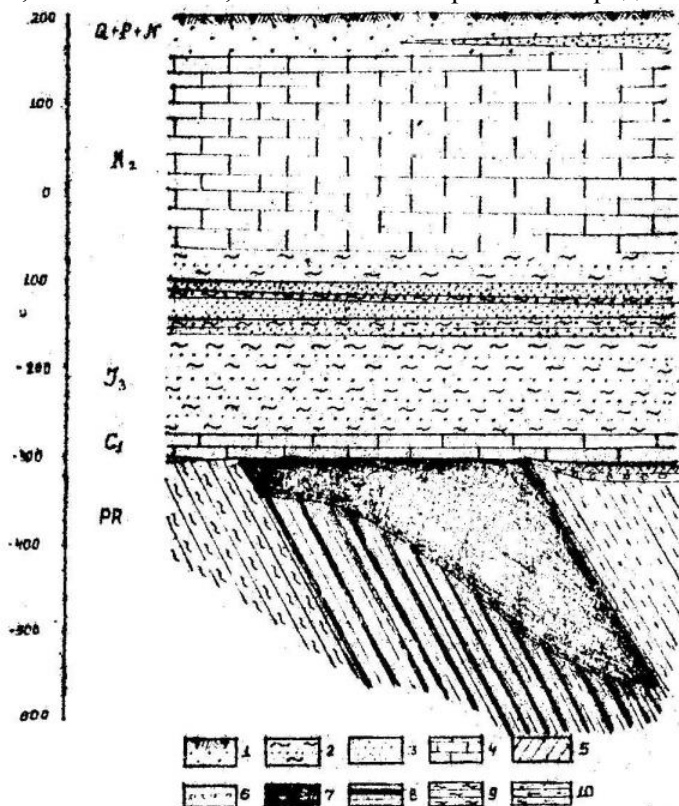


Рисунок 9.1. Характерный геологический разрез Яковлевского месторождения: 1 - почвенно-растительный слой; 2 - пески, глины; 3 - песчаники; 4 - мел, мергели, известняки; 5 - руды переотложенные; 6 - бокситы; 7 - богатая руда; 8 - железистые кварциты; 9 - кварц-сланцевые микросланцы; 10 - кварц-графит-биотитовые микросланцы.

Главные рудные минералы – магнетит (3–30 %), гематит (3–55 %), кварц (30–60%), в подчиненном количестве отмечаются силикаты (актинолит, тремолит, щелочные амфиболы, родусит – рибекитового ряда (эгирит, биотит, тальк, гранат и др.) и карбонаты (доломит, кальцит). Среднее содержание Fe в железистых кварцитах 32–36 %.

Богатые мартитовые, железно-сланцево-мартитовые руды коры выветривания, сложенные мартитом, железной слюдкой, тонкочешуйчатым гематитом, гидроокислами железа, хлоритом, залегают на железистых кварцитах в виде пластообразных или линзовидных залежей в южных районах КМА, протяженные (на десятки километров) мощностью 25–30 м, иногда развиты линейно вытянутые участки, распространяющиеся на глубину 300–400 м от поверхности фундамента (Яковлевское месторождения, рис. 9.1). Чаще всего богатые руды наследуют от железистых кварцитов тонкополосчатую текстуру руд. С глубиной постепенно переходят в неизменные железистые кварциты.

Богатые руды характеризуются весьма высоким содержанием Fe (64–69%) и ничтожным содержанием вредных примесей (сотые доли процента). Наиболее крупные разведанные к настоящему времени в бассейне КМА месторождения богатых железных руд: Яковлевское, Гостищевское, Игуменское месторождение в Белгородском районе, Михайловское в Курской области, Лебединское и Стойленское в Старооскольском районе.

Разведанные и прогнозные запасы КМА до глубины 700 м оцениваются в 850 млрд. т богатых железных руд.

Железистые кварциты обладают повышенной магнитностью и плотностью, что позволяет надежно картировать их при помощи магнито – и гравиметрических съемок.

Михайловское месторождение железной руды (рис. 9.2). На площади месторождения вскрыты породы архейского и протерозойского возраста. Архейские породы (за пределами схемы) представлены гнейсами, плагиоклазовыми гранитами и их мигматитами, протерозойские – породами Михайловской и курской серий.

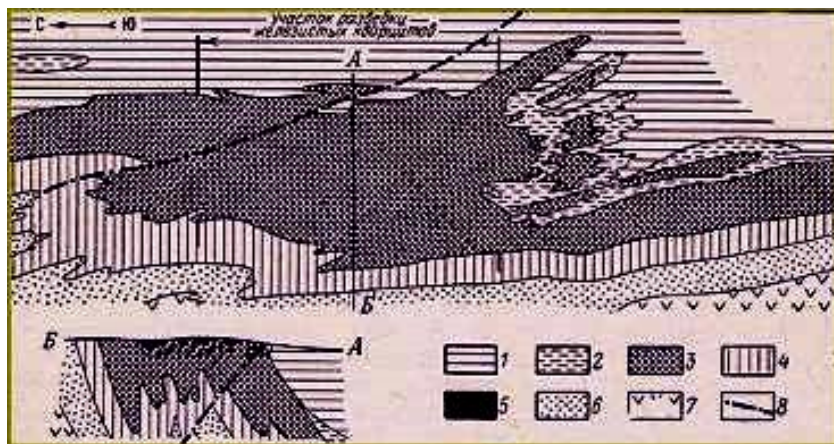


Рисунок 9.2. Схема геологического строения докембрия Михайловского месторождения (по В. Палищук): 1 – метаморфизованные кварцевые порфиры, их туфы и туффиты, песчаники, брекчии курбакинской свиты; 2-4 – породы курской серии: 2 – сланцы и алевролиты верхнего отдела; 3 – железистые кварциты среднего отдела; 4 – сланцы нижнего отдела; 5 – богатые железные руды; 6 – метапесчаники и кварциты с прослоями сланцев; 7 – амфиболиты, метабазиты, силикатные сланцы, прослои кварцитов михайловской серии; 8 – тектоническое нарушение.

Михайловская серия (мощность до 3 км) сложена в основном амфиболитами, подчинёнными им кварцитами и метапесчаниками, тальк-карбонатными породами, метадиабазам и серпентинитами. Курская серия представлена нижней песчано-сланцевой свитой мощностью 500–4000 м., средней железорудной, сложенной железнолюдоково-магнетитовыми, магнетитовыми и слаборудными кварцитами общей мощностью 500–600 м; верхней свитой, образованной кварц-серицитовыми филлитовидными и углистыми сланцами с прослоями доломитов, общей мощностью около 700 м; курбакинской свитой, представленной метаморфизованными кварцевыми порфирами, их туфами, туффитами, песчаниками и седиментационными брекчиями общей мощностью 4000 м.

Из магматических пород протерозойского возраста установлены плагиограниты и мигматиты, залегающие в виде пластообразной залежи на границе архея и протерозоя, и небольшое тело диабазовых порфиритов среди сланцев верхней свиты курской серии у юго-восточной границы месторождения.

В структурном отношении Михайловское месторождение приурочено к крупному массиву железистых кварцитов на западном крыле Михайловской синклиальной структуры. Здесь пласты кварцитов собраны в серию сжатых складок с крутым (60–80°) восточным падением осевых плоскостей. С юго-востока на северо-запад в северной части массива проходит разрывное нарушение, по-видимому, сбросового типа.

Покрывающая осадочная толща чехла платформы сложена отложениями девонского, юрского, мелового, палеогенового и четвертичного возраста, представленных глинами, известняками, песками и суглинками. Наименьшая мощность (35–40 м) осадочных пород наблюдается в центральной части месторождения, над приподнятой частью кристаллического фундамента, наибольшая (100–144 м) – на его окраинах. В породах осадочного чехла в изобилии встречаются различные виды ископаемой фауны девонского (останки и зубы девонских рыб), юрского и мелового периодов: крупные раковины двустворчатых моллюсков (*Griphaea*, *Lopha*) аммониты, некоторые виды белемнитов (в изобилии), стволы окаменелого дерева и многое другое.

На площади месторождения установлены две плащеобразные залежи богатых железных руд – Веретенинская и Остаповская, площадью соответственно 8,6 и 1,7 км², средней мощностью 13 и 9,5 м и средней мощностью покровных отложений 90 и 409 м. Обе залежи отличаются извилистыми контурами и большим количеством безрудных окон и пережимов. Подошва их местами карманообразная. На территории бассейна распространены два промышленных типа руд: осадочно-метаморфизованные железистые кварциты (джаспелиты) и богатые железные руды коры выветривания. Железистые кварциты слагают большую часть пород свиты курской серии нижнего протерозоя. Они перекрыты толщей осадочных палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений мощностью 40–450 м в Курско-Орловском, 60–240 м в Староскольском, 130–250 м в Новооскольском и 500–700 м в Белгородском железорудных районах.

Железистые кварциты приурочены в основном к 2 железорудным полосам С-3. простирания, имеющим сложное складчатое строение с крутым падением пластов. В области замыкания крупных синклинорных зон находятся мощные массивы железистых

кварцитов, достигающие в поперечнике нескольких км. К таким массивам приурочены наиболее крупные месторождения железистых кварцитов с мощными залежами богатых железных руд коры выветривания. Выделяют силикатно-магнетитовые, гематит-магнетитовые и гематитовые железистые кварциты. Это тонкослоистые, мелко- и тонкозернистые породы. Главные минералы: магнетит, гематит и кварц. Среднее содержание Fe в железистых кварцитах 32–37 %, в маритовых и железнослюдково-маритовых рудах коры выветривания 52–66 % с малыми содержаниями вредных примесей.

Висловское месторождение. Остаточное, древней линейной и площадной латеритной коры выветривания.

Находится в пределах Белгородского бокситоносного района КМА. Примыкает к южной части Яковлевского железорудного месторождения. Бокситы образовались за счет глубокого химического выветривания в визейское время нижнего карбона (в условиях тропического климата) нижнепротерозойских филлитовидных сланцев курской серии и амфиболитов михайловской серии. Выветривание (по В. И. Сиротину) происходило путем интенсивной и длительной промывки пород теплыми, обложными, морозящими дождями при выносе щелочных элементов и с накоплением свободных оксидов алюминия и железа.

Коры выветривания в основном формировались на узких гребневидных поднятиях, возвышающихся над пенепленизированной поверхностью докембрийского кристаллического фундамента на 30–100 м. Бокситоносная кора преимущественно имеет линейный характер развития (в тектонически ослабленных зонах), достигая глубины 700 м от поверхности древнего фундамента. Мощность площадной коры от 5 до 170 м.

Наиболее качественные бокситы (бёмитовые, бёмит-гипсбитовые) приурочены к верхним частям коры выветривания (рисунком 8). Текстуры полосчатая, сланцевая, псевдобобовая. Состав (в %) байеровских руд: Al_2O_3 – 50.6; SiO_2 – 7.1; Fe_2O_3 – 8.1; $FeO - TiO_2$ – 1.3; CaO – 0.6; MgO – 0.6; п.п.п. – 14.8; спектральных: Al_2O_3 – 48.4; SiO_2 – 11.2; Fe_2O_3 – 6.5; FeO – 1.25; CaO – 0.6; MgO – 0.6; п.п.п. – 13.1.

Мощность промышленных бокситов достигает 20 м. Длина рудных тел от первых километров до нескольких десятков километров, ширина – несколько сотни метров (редко до километра).

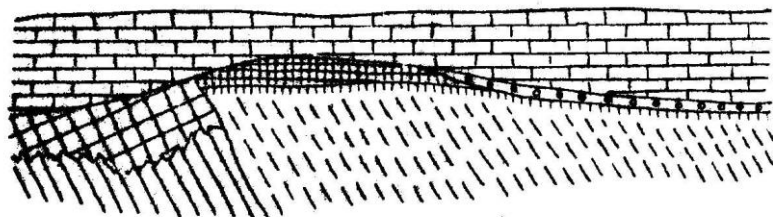


Рисунок 9.3. Схематический геологический разрез Висловского месторождения: 1 – четвертичные, меловые и верхнеюрские отложения общей мощностью около 400 м; 2 – нижнекаменноугольные отложения визейского яруса (известняки с прослоями аргиллитов) мощностью от 30-70 до 180 м; 3а – бокситы остаточные; 3б – бокситы осадочные; 3в – аллиты; 4а – марштитовые и марштит-гидрогематитовые железные руды; 4б – магнетитовые кварциты; 5 – сланцы курской серии нижнего протерозоя

Вниз по разрезу бокситы переходят в аллиты (мощность – 1–2 м). Неповсеместно на остаточных бокситах и вблизи гребневидных поднятий распространены осадочные (переотложенные) бокситы, мощность которых колеблется от 1 – 2 до 10 м.

Залежи остаточных бокситов обычно располагаются вдоль мощных залежей богатых железных руд, образуя с ними всхолмленные поверхности.

Глубина залегания бокситов под перекрывающими их породами палеозойского, мезозойского, кайнозойского возраст 450 – 600м. Непосредственно на бокситах залегают нижнекаменноугольные отложения визейского яруса, представленные аргиллитами и известняками.

Керченский железорудный бассейн. Месторождение осадочное морское, формация гётит-сидерит-лептохлоритовая.

Месторождения расположены на восточной и северной окраине керченского полуострова, представляют одно из крупных в мире осадочных скоплений железной руды.

Район сложен неогеновыми отложениями, смятыми в пологие складки широтного и северо-широтного направлений. Месторождения приурочены к мульдам, являющимся остатками эродированных пологих брахисинклиналей. Наиболее крупными рудоносными мульдами являются Кыз-Аульская, Эльтиген-Ортельская, Камыш-Бурунская (рис. 9.4).

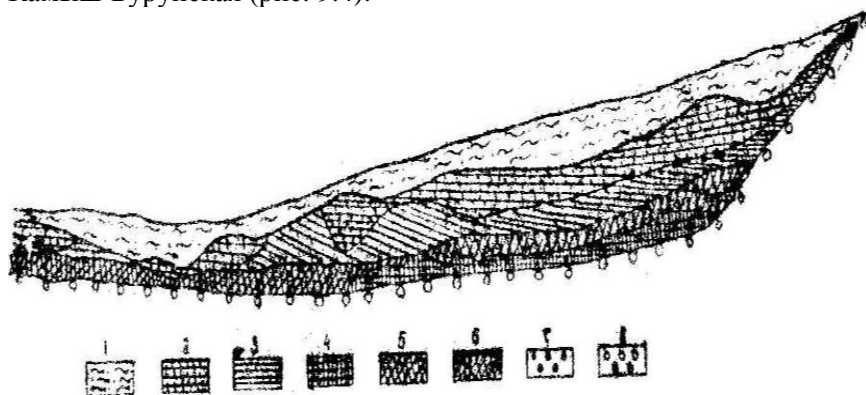


Рисунок 9.4. Поперечный геологический разрез Камыш-Бурунской мульды (по Ю.Юрку и соавт.): 1 – известковистые суглинки; 2 – глины песчанистые; 3 – глины; 4 – «табачные» руды; 5 – «коричневые» руды; 6 – «икряные» руды; 7 – глины песчанистые с обилием створок раковин; 8 – ракушечники глинистые

Разрез отложений, слагающих мульды, включает ряд пластов различных глин, переслаивающихся с песками, а в нижней части и с известняками. Ближе к нижней части разреза залегает рудный пласт среднекиммерийского возраста, который в центральных частях мульд лежит горизонтально, на крыльях – под углом 10–15°. Мощность его возрастает от краевых к центральным частям мульды до 25–30 м.

Основными типами, руд являются «табачные» и «коричневые». Первые преобладают в окислительно-восстановительной зоне, приурочены к центральным участкам мульды, вторые образовались за счет первых в окислительной зоне и залегают по периферии мульды кольцеобразно.

Второстепенными малораспространенными рудами являются мангано-сидерит-родохрозитовые и марганцево-железистые «икрянные» руды, отличающиеся от «коричневых» повышенным содержанием марганца.

Табачные руды сложены гидроферрихлоритом, ферримонтмориллонитом, встречаются кварц и полевои шпат, менее развиты вивианит и керченит, гидроокислы марганца и пирит.

Главными минералами коричневых руд являются гидрогетит и ферримонтмориллонит, встречаются псиломелан, пиролюзит, гипс, керченит, глауконит.

Преобладающие текстуры руд – оолитовая, пизолитовая.

В настоящее время эксплуатируются только коричневые руды.

Руды содержат 20–51 % Fe; 0.1–11 % Mn; 0.4–1.5 % P; 0,01–0,6 % S, небольшие количества S, V и As.

По результатам геофизических исследований над месторождением часто не наблюдаются аномалии или последние не отличаются от аномалий, вызванных вмещающими породами. Магнитные свойства руд ввиду отсутствия магнетита чрезвычайно низки (от 0 до $0,4 \cdot 10^{-3}$), поэтому руды не выделяются среди пород осадочного комплекса. То же самое относится к плотности, электрическим и упругим свойствам. Поэтому геофизические методы, в частности метод электрических потенциалов, в основном применяется для выявления мульд, в которых обычно находятся рудные залежи.

Никопольский марганцеворудный бассейн. Никопольское месторождение – осадочное, морское, формация пиролюзит-псиломелан-манганитовых руд.

Находится севернее г. Никополя (правобережье Днепра). Заключает около 70 % мировых запасов марганцевых руд.

Рудный пласт залегает почти горизонтально в основании олигоценовых песчано-глинистых отложений на размытой поверхности пород докембрийского возраста (или на их каолиновой коре выветривания (рис. 9.3). Прослеживается на десятки километров. Мощность достигает 4–6 метров. Сложен чередованием рудных и песчано-глинистых прослоев мощностью до 0.3 м.

По составу руды разделяются на окисные, карбонатно-окисные и карбонатные. Преобладают окисные, среди которых выделяются следующие типы:

1. Конкреционные руды, представленные стяжениями пирролизита и мanganита; хорошо обогащаются, наиболее распространены.

2. Ноздреватые руды, сложенные пористыми стяжениями гидроокислов марганца; обогащаются хуже.

3. Землистые руды (сажистые) с содержанием марганца 10–15 % не поддаются обогащению.

4. Массивные руды («плитняки»); встречаются редко.

Главные минералы окисных руд мanganит, пирролизит, псиломелан; карбонатных -манганокальцит, родохрозит. Содержание марганца в окисных рудах – 9–47 %, в карбонатных 8–34 %. Последние характеризуются повышенными количествами вредных примесей (фосфора, серы, кремнезема).

Месторождение образовалось путем накопления марганцеворудных осадков в мелководной части крупного морского бассейна. Источником марганца явились коры выветривания нижнепротерозойских метабазитов.

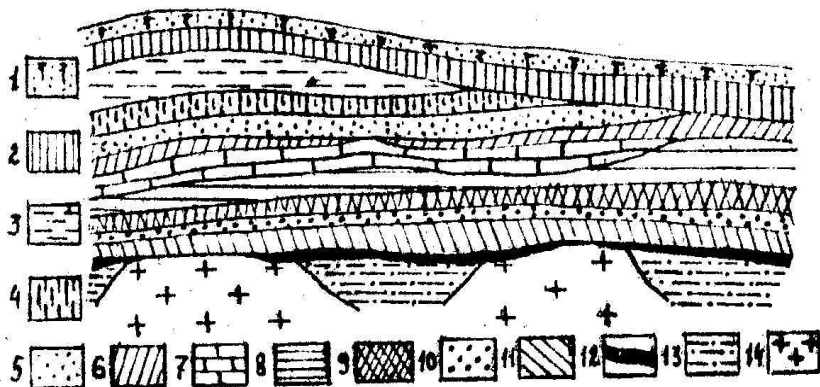


Рисунок 9.5. Схематический геологический разрез палеоген-неогеновых отложений одним из участков Никопольского месторождения. (По Д.И. Покровскому). 1-чернозем; 2-лесс; 3-глина красная; 4-глина бурая; 5-песок; 6-глина серо-зеленая; 7-известняк; 8-глина серо-белая; 9-глина черная; 10-песок зеленый; 11-глина зеленая; 12-марганцевая руда; 13-каолин; 14-докембрийские кристаллические породы

Проведенные на месторождении магниторазведка и электро-разведка не нашли широкого применения, так как физические

свойства руд и вмещающих пород практически не отличаются по данным магниторазведки получены следующие результаты: 1) над марганцевыми залежами наблюдаются слабые магнитные аномалии, повышающие свою интенсивность в зависимости от мощности рудоносного пласта; 2) нигде над марганцевыми залежами не встречено нормального, однородного магнитного поля; 3) в областях со слабыми магнитными аномалиями встречаются либо марганценозные, либо железистые породы.

Электроразведочными работами (ВЭЗ) установлены глубины залегания кристаллического фундамента и выявлены депрессии, в которых могут находиться марганцевые руды.

Чиатурское месторождение осадочных руд марганца находится в районе г. Чиатура Грузии. Район месторождения представляет собой высокое плоскогорье, расчлененное р. Квирилой и ее притоками на ряд нагорий. Марганценовый горизонт мощностью до 14 м залегает почти горизонтально высоко над уровнем р. Квирилы в основании олигоценовых кремнистых пород. Его трансгрессивно перекрывают отложения миоцена – чокракские пески, глины и известняки (рис. 9.6). В составе рудоносного горизонта насчитывают от 3 до 25 прослоев оолитовых руд, разделенных безрудными прослоями.

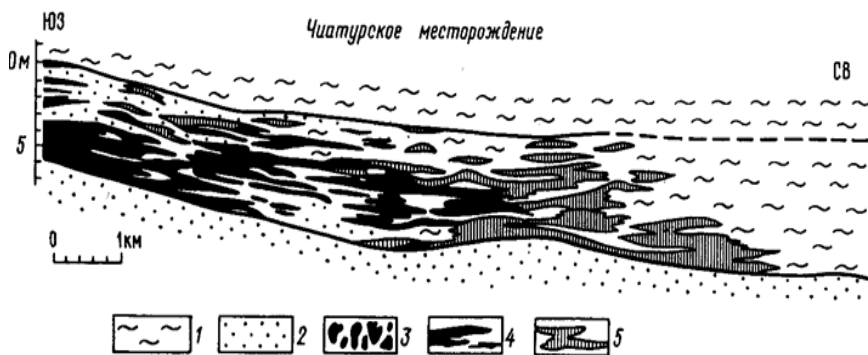


Рисунок 9.6. Строение рудного горизонта осадочных марганцевого месторождения Чиатурское (по Л. Е. Штеренбергу и Е. С. Шевченко). 1 – глины, глинистые песчаники; 2 – пески, песчаники; 3 – конкреционные окисные руды; 4 – окисные оолитовые руды Чиатур; 5 – карбонатные оолитовые руды

Мощность рудных прослоев 10–50 см, безрудных – до 1 м, они прослеживаются по простираению до 200 м и более. В рудном горизонте выделяются две части: нижняя, заключающая основную массу промышленных руд, и верхняя, относительно обедненная. Между ними располагается железистый прослой, представленный гидроксидами железа, глауконитом и хлоритовыми минералами.

На месторождении установлены следующие типы руд: первичноокисленные пиролюзит-псиломелановые (черная бельта), марганитовые (бурая бельта) и карбонатные руды. По текстурам они подразделяются на вкрапленные оолитовые и сплошные крепкие руды (пласт). Во вкрапленных рудах Mn до 35 %, в сплошных 45–58 %. На месторождении преобладают оолитовые руды. Размер оолитов от 1–2 до 5–8 мм, редко до 15–20 мм. Руды с твердыми оолитами хорошо обогащаются путем промывки и отсадки; руды с мягкими оолитами обогащаются плохо и дают большие потери. К ним относятся руды бурая бельта (марганитовые) и черная бельта (пиролюзитовые), которые используют обычно в сыром виде без обогащения. Руды типа черной бельты с высоким содержанием двуоксида марганца применяются в химической промышленности.

Хорошо обогащающиеся оолитовые руды должны содержать Mn 17%. Карбонатные руды по цвету трудно отличимы от известняков; строение их мелкозернистое массивное или вкрапленное оолитовое; кроме карбонатов марганца (родохрозит, марганокальцит) они содержат кальцит, опал, реже барит, гипс и иногда марказит, пирит. В карбонатных рудах Mn от 10–20 до 30 % (кондиционным считается 18 %). Карбонатные руды составляют 40 % балансовых запасов месторождения. Окисленные руды образовались за счет карбонатных руд при выходе их на дневную поверхность.

Тихвинская группа месторождений. Осадочные платформенного типа. Находятся на северо-западном крыле московской синеклизы в районе г. Тихвина. Бокситоносная зона, вытянутая в субмеридиональном направлении на 260 км, приурочена к полосе угленосных пород тульского горизонта раннекаменноугольного возраста. В пределах зоны расположено более 30 месторождений.

Бокситоносная толща несогласно залегает на пестроцветных глинах позднего девона. Перекрыта нижнекаменноугольными песчано-глинистыми отложениями с прослоями известняков, редко доломитов. Когда эти породы размыты, бокситы выходят на по-

верхность или перекрываются ледниковыми отложениями четвертичного возраста (рис. 9.7). Глубина залегания бокситов до 100–150 м, но обычно не более 40 м.

Промышленные залежи бокситов приурочены к водноэрозийным депрессиям на поверхности девонских пород – верховьям рек, оврагов шириной от 0,1 до 1 км, глубиной 10–40 м. Форма залежей – вытянутые линзы и пластообразные тела длиной до 2200 м, шириной 50–250 м и мощностью 2–12 м.

Бокситы характеризуются красновато-коричневым цветом (реже белые и серые), почти полным отсутствием слоистости. По текстурным признакам среди них выделяют обломочные, оолитобобовые и тонкодисперсные (пелитовые). В составе преобладают гиббсит, бёмит, каолинит.

Присутствуют гематит, гидрогематит. Вредные примеси – кальцит и органическое вещество. Содержание глинозема 42–53 %, окиси железа до 10–19 %. Кремниевый модуль изменяется от 2.8 до 4.1. Максимальное количество глинозема отмечается в центральных частях залежи. Руды высококачественные. На флангах бокситы сменяются аолитами и сиаолитами.

Месторождения образовались в озерно-болотных условиях. Существуют две точки зрения об источнике глинозема. 1) образовался глинозем при латеритном выветривании верхнедевонских глин, а затем был перенесен в виде механического осадка в водный бассейн, где его концентрация, повышалась в связи с продолжавшимся латеритным выветриванием. 2) приносился в водный бассейн в растворенном виде на значительное расстояние и отлагался в качестве химического осадка, причем источником его являлись не только глины, подвергшиеся латеритному выветриванию, но также и граниты Финляндии. Первой точки зрения придерживается большая часть – исследователей.

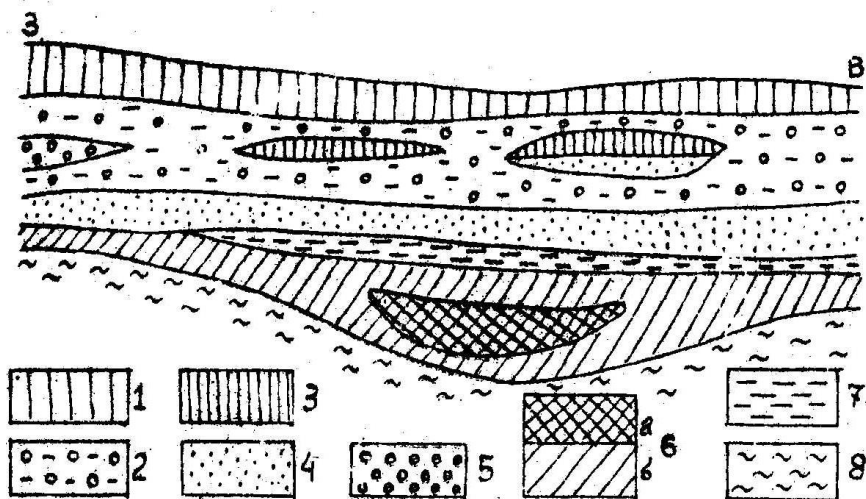


Рисунок 9.7. Схематический геологический разрез Старинского месторождения Тихвинского бокситорудного района: 1 – суглинки; 2 – глина валунная; 3 – глина ленточная; 4 – пески мелкозернистые; 5 – галечники; ба – бокситы; бб – аолиты; 7 – глина пластичная; 8 – глина пестроцветная подбокситовая

Североуральские бокситовые месторождения. Осадочные, геосинклинального типа.

Северо-Уральский бокситоносный район (СУБР) находится на восточном склоне Северного Урала в пределах западного крыла Шегульганской синклинали (недалеко от Турьинских медных рудников).

В этом районе известны (с севера на юг) Ивдельская, Северо-Уральская и Карпинская группы месторождений. Северо-Уральская – основная группа СУБРа – состоит из шести месторождений, включая Красную Шапочку. Месторождения приурочены к плоской меридианально вытянутой депрессии, сложенной известняками и сланцами среднего силура-девона.

В пределах бокситоносной полосы развиты крутопадающие сбросы и взбросы с амплитудами смещения до 200–400 м. Наиболее крупные из них имеют субширотное простирание и, как правило, служат границами участков и месторождений.

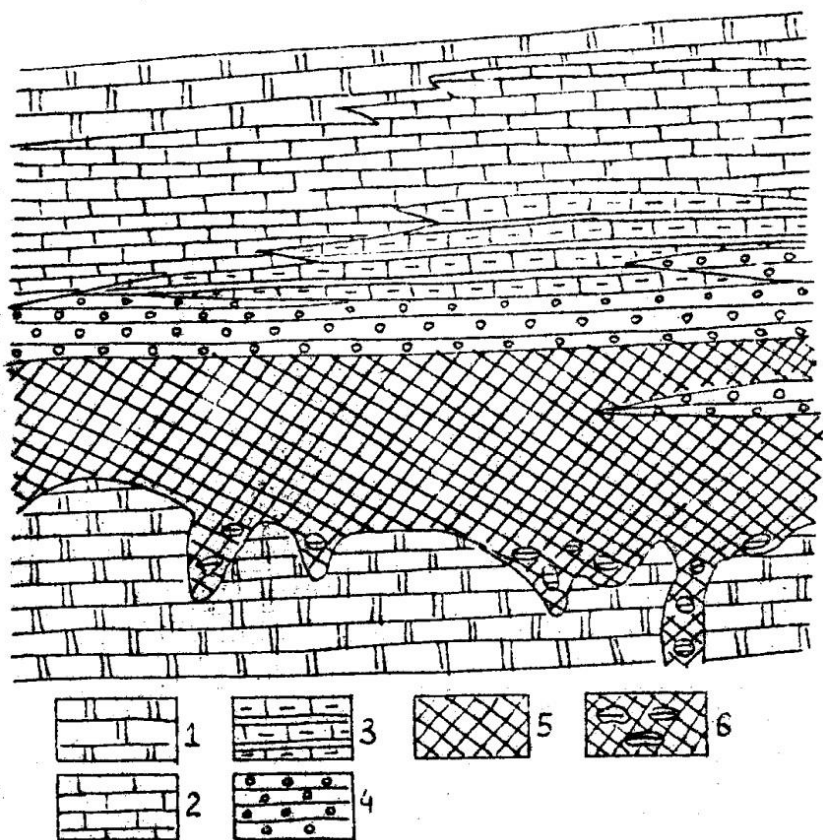


Рисунок 9.8. Обобщенная геологическая колонка бокситовых залежей Северного Урала: 1 – известняки светло-серые, массивные; 2 – известняки темно-серые; 3 – мергели с прослоями известняков и глин; 4 – бокситы серые слоистые с морской фауной; 5 – бокситы красные; 6 – обломки известняка в боксите

Опущенные в дорудное время блоки явились наиболее благоприятными структурам для формирования крупных депрессий дорудного карстового рельефа, в которых залегают основная масса промышленных руд. Месторождения приурочены к перерыву в отложениях карбонатных пород петропавловской свиты нижнего девона (среднего силура) и среднего девона. Бокситы залегают на размывтой закарстованной поверхности светлосерых рифогенных

известняков нижнего девона (рис. 9.6). Перекрыты темносерыми битуминозными известняками.

Рудные тела падают на восток под углом 25-15 °. Мощность бокситов колеблется от долей метра до 30 м, в среднем 4,5м. Бокситы проникают в сложные карстовые углубления лежащего бока. Разрез пластов характеризуется наличием в основании рудной брекчии (обломки известняка, сцементированные бокситом), выше которой залегают красные неслоистые (маркие и яшмовидные, либо бобовые) диаспоровые бокситы высокого качества, перекрываемые серыми диаспор-бёмитовыми (пиритсодержащими) слоистыми бокситами и каолиновыми глинами с прослоями пирролюзитовых руд. На красные бокситы приходится около 90 % запасов. Они содержат 43-70 % глинозема, 4-15% кремнезема, до 30% окислов железа. Качество слоистых бокситов низкое (содержат до 1-15 % серы).

Источником для образования бокситов были коры выветривания верхнесилурийских вулканитов основного состава.

По данным сейсморазведки в модификации МОВ отраженные волны от карбонатных пород имеют видимую частоту 40-50 гц, а в участках интенсивного развития карста понижаются до 30-35 гц и меньше. По данным грави- и магниторазведки полям развития карбонатной толщи, в которых отмечаются залежи бокситов, соответствуют пониженные магнитные (100-300 НТЛ) и гравитационные аномалии. Бокситы отличаются несколько повышенной радиоактивностью. Прогноз залежей бокситов возможен применением аэрогаммамагнитной съемки.

Оборудование и материалы: образцы руд осадочных полезных ископаемых, лупы, бинокляр, плакаты, диаграммы, рисунки.

Указания по технике безопасности смотри в приложении 4.

Задания

Ознакомьтесь с основными месторождениями осадочных руд, зарисуйте их и опишите, обращая внимание на специфические особенности.

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, рисунки месторождений и их описание в виде таблицы:

Характеристика скарновых месторождений

Рисунок месторождения	Описание месторождения

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте геологическое строение района Курской магнитной аномалии
2. Охарактеризуйте геологическое строение Керченского железорудного бассейна
3. Охарактеризуйте геологическое строение Никопольского месторождения
4. Охарактеризуйте геологическое строение Североуральского бокситового месторождения

Рекомендуемая литература

[2], [4].

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий Э. А. Генезис месторождений полезных ископаемых: пособие для студентов, обучающихся по спец. 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» / Э. А. Высоцкий. – Минск: БГУ, 2012. – 147 с.

2. Геология. Часть VI. Месторождения полезных ископаемых: учебник для вузов / В. А. Ермолов, Г. Б. Попова, В. В. Мосейкин, Л. Н. Ларичев, Г. Н. Харитоненко. – М.: Горная книга, 2009. – 571 с.

3. Лабораторный практикум по геологии полезных ископаемых: учеб. пособие для вузов / В. М. Григорьев, Л. Д. Оникиенко, Г. Н. Пилипенко, П. Д. Яковлев.– М.: Недра, 1992. –172 с.

4. Лощинин, В. Поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / В. Лощинин, Г. Пономарева; ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2013. – 102 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259250>

5. Панкратьев П. В., Чаплыгина А. С., Чаплыгина И. С. Основы учения о полезных ископаемых: методические указания к лабораторному практикуму по магматическим и флюидно-магматическим месторождениям. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 64 с.

6. Семинский Ж.В. Геология полезных ископаемых: учебное пособие для геологических специальностей вузов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 104 с.

Основные типы текстур руд

Группа	Вид	Месторождения					
		месторождения физические	магматические	пегматитовые	гидротермальные	выветривания	осадочные
Массивная	Массивная (сплошная)	+	+	-	+	+	+
Пятнистая	Такситовая (пятнистая)	+	+	+	+	+	-
	Вкрапленная	+	+	+	+	-	-
Полосчатая (симметричная и асимметричная)	Полосчатая	+	+	+	+	+	-
	Ленточная	-	-	-	+	+	+
	Слоистая	+	+	-	-	-	+
	Линзовидная	+	+	+	+	+	+
	Плойчатая	+	-	-	-	-	+
	Гнейсовидная	+	-	-	-	-	-
	Сланцеватая	+	-	-	-	-	-
	Крустификационная (гребенчатая)	-	-	-	+	-	-
	Поточная (флюктуационная)	-	+	-	+	-	-
Прожилковая	Сетчатая	-	+	-	+	-	-
	Пересекающихся прожилков	-	+	-	+	-	-
	Параллельных прожилков	-	+	-	+	-	-
Сфероидальная	Нодулярная'	-	+	-	-	-	-
	Кокардовая	-	-	-	+	-	-
	Кольцевая	+	-	-	-	-	-
	Друзовая (миаролитовая)	+	-	+	+	+	-
	Лучистая	+	-	+	+	+	-
	Конкреционная	-	-	-	-	+	+
	Секреционная (жео-	-	-	-	+	+	+

	довая, мин-далекаменная)						
	Оолитовая	-	-	-	-	-	+
	Бобовая, гороховая	-	-	-	-	-	+
	Конгломератовая	-	-	-	-	-	+
Почковидная	Колломорфная	-	-	-	+	+	+
	Корковая, скорлуповатая	-	-	-	-	+	-
	Пузырчатая	-	-	-	-	+	-
Дробления	Пересечения	-	-	-	+	-	-
	Брекчиевая	+	+	-	+	+	-
	Брекчиевидная	+	+	-	-	+	-
	Петельчатая	-	-	-	+	+	-
Пустотная	Пористая (кавернозная, пещеристая)	-	-	-	-	+	-
	Пузырчатая	-	-	-	-	+	-
	Сотовая	-	-	-	-	+	+
Каркасная	Ячеистая	-	-	-	-	+	-
	Каркасно-губчатая	-	-	-	-	+	-
	Каркасно-ящичная	-	-	-	-	+	-
Рыхлая	Обломочная	-	-	-	-	-	+
	Землистая	-	-	-	-	+	+
	Порошковая (мучнистая, сажистая)	-	-	-	-	+	+

Основные типы структур руд

Группа	Вид	Месторождения					
		метаморфические	магматические	пегматитовые	гидротермальные	выветривания	осадочные
Равнозернистая	Гипидиоморфнозернистая	-	+	+	+	-	-
	Аллотриоморфнозернистая	-	+	+	+	-	-
	Панидиоморфнозернистая	-	+	+	+	-	-
	Ксеноморфнозернистая	-	+	+	+	-	-
	Сидеронитовая	-	+	-	-	-	-
	Гранобластическая	+	-	-	-	-	-
	Гомеобластическая	+	-	-	-	-	-
	Роговиковая	+	-	-	+	-	+
Неравнозернистая	Интерстициальная	-	+	-	+	-	-
	Порфировая	-	+	-	-	-	-
	Порфиرويدная	-	+	-	+	-	-
	Пойкилитовая	-	+	+	+	-	-
	Эмульсионная	-	+	-	+	-	-
	Порфиробластическая	+	-	-	-	-	-
Пластинчатая	Пластинчатая	+	+	+	+	+	-
	Офитовидная	-	-	-	+	-	-
	Лепидобластовая	+	-	-	-	-	+
	Листоватая	+	-	-	+	-	-
Волокнистая	Волокнистая	+	+	-	+	+	-
	Войлочная	+	+	-	+	-	-
	Пучковидная (сноповидная)	+	-	-	+	-	-
Зональная	Зональная	-	-	+	+	+	-
	Концентрически-зональная	-	-	-	+	+	+

	Ритмически-зональная	-	-	+	+	-	-
Кристалло-графическая каяяи-ориентированная	Решетчатая	-	+	+	+	+	-
	Сетчатая	-	-	-	+	+	-
	Ориентированно-эмульсионная	-	+	-	+	-	-
Тесного срастания	Графическая	-	+	+	+	+	-
	Субграфическая	+	+	+	+	+	-
	Эвтектическая	-	+	+	+	-	-
	Микропегматитовая	-	+	+	-	-	-
	Микропертитовая	+	+	+	-	-	-
Окаймления	Оторочковая (каемковая)	-	-	-	+	+	-
	Венчиковая	-	-	-	+	-	-
Замещения	Петельчатая	-	+	-	+	+	-
	Раскрошенная	-	-	-	+	+	-
	Скелетная	-	-	-	+	+	-
	Реликтовая	-	-	-	+	+	-

Класс-ликвационные месторождения

Тип сульфидно-медно-никелевые в основных и ультраосновных комплексах

Норильский рудный район

Норильский район находится в западной части Енисейско-Оленекского рудного пояса, протягивающегося вдоль северной части Сибирской платформы (рисунок 1).

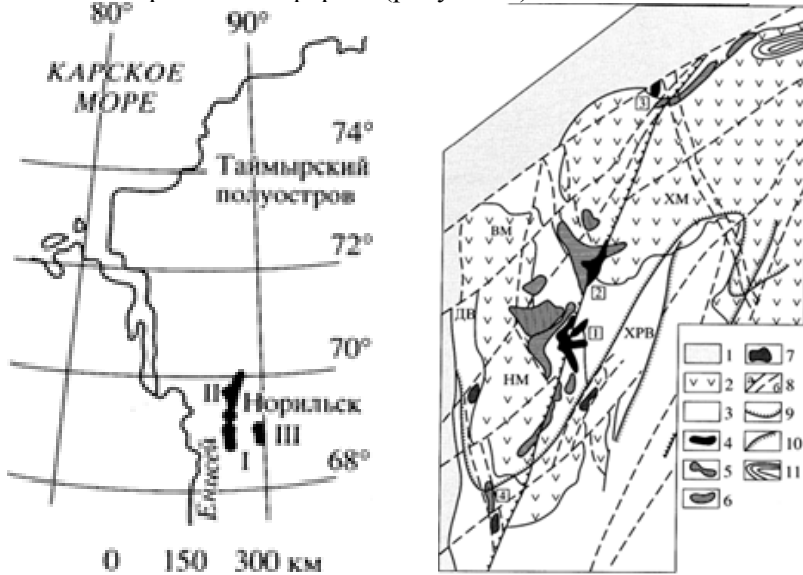


Рисунок 1. Геолого-структурная схема Норильского рудного района: 1 – мезозой-кайнозойские осадочные отложения; 2 – верхнепермские-нижнетриасовые вулканогенные породы; 3 – рифей-палеозойские осадочные и вулканогенно-осадочные породы; 4–7 – дифференцированные гипербазит-базитовые интрузивы; 8-региональные разломы; магма-рудо-контролирующий Норильско-Хараерлахский (а) и прочие (б); 9–11 – ареалы пикритовых базальтов; мульды: ХМ – Хараерлахская, ВМ – Вологочанская, НМ – Норильская; валы: ДВ – Дудинский, ХРВ – Хантайско-Рыбинский; рудные узлы (цифры в квадратах): 1 – Норильский, 2 –Талнахский, 3 – Тальминский, 4 – Южно-Норильский

В тектоническом отношении рудное поле относится к южной фланговой ветви Енисейско-Хатангской рифтовой системы. Норильский район находится в области сочленения Енисейско-Хатангского рифта и Западно-Сибирской рифтовой системы и составляет в силу этого обстоятельства исключительно проницаемую зону, пространственно совмещенную с южной трансформной ветвью Енисейско-Хатангского рифта.

Геология района

Нижний структурный ярус платформенного чехла сложен карбонатными и глинистыми осадками нижнего и среднего палеозоя. Выше с резким угловым несогласием залегает континентальная песчано-аргиллитовая угленосная толща среднего карбона-перми (тунгусская серия), которая многократно перекрывается базальтами, туфами и туфитами верхней перми и триаса трапового вулканизма.

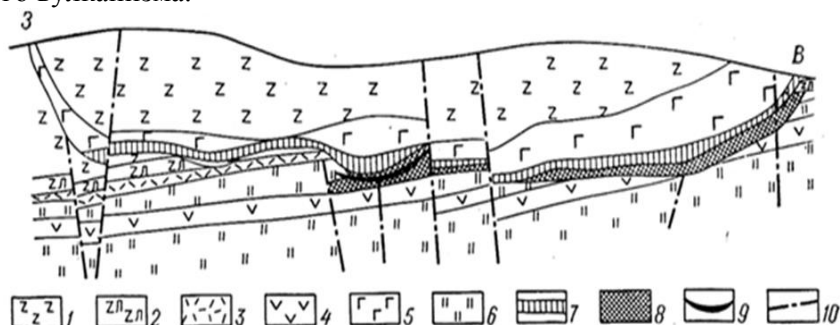


Рисунок 2. Геологический разрез месторождения Норильск I

По А. Тарасову, 1968.

- 1 – эффузивы нерасчлененные; 2 – лабрадоровые базальты;
 3 – титан-авгитовые базальты; 4 – силы титан-авгитовых долеритов;
 5 – габбро-долеритовая интрузия Норильск I; 6 – осадочные породы тунгусской серии; 7 – вкрапленные руды в интрузии; 8 – вкрапленные руды в породах экзоконтакта; 9 – жильные руды; 10 – тектонические нарушения

Дифференцированные рудоносные интрузии Норильского района представляют особую глубинную ветвь траповой магмы, переходную к подкоровому хондритовому веществу (М. Годлевский). Они относятся к гипабиссальной фации глубинности.

Форма интрузивов пластообразная, неправильная, корытообразная, обусловленная локализацией в пологих синклиналиях

складках вдоль межформационных срывов в осадках девона и тунгусской серии и лишь изредка вдоль контактовых поверхностей с базальтами.

Рудоносные дифференцированные интрузии сложены от более основных дифференциатов (пикритовых долеритов) внизу до более кислых – гибридных пород – вверху (рис. 2).

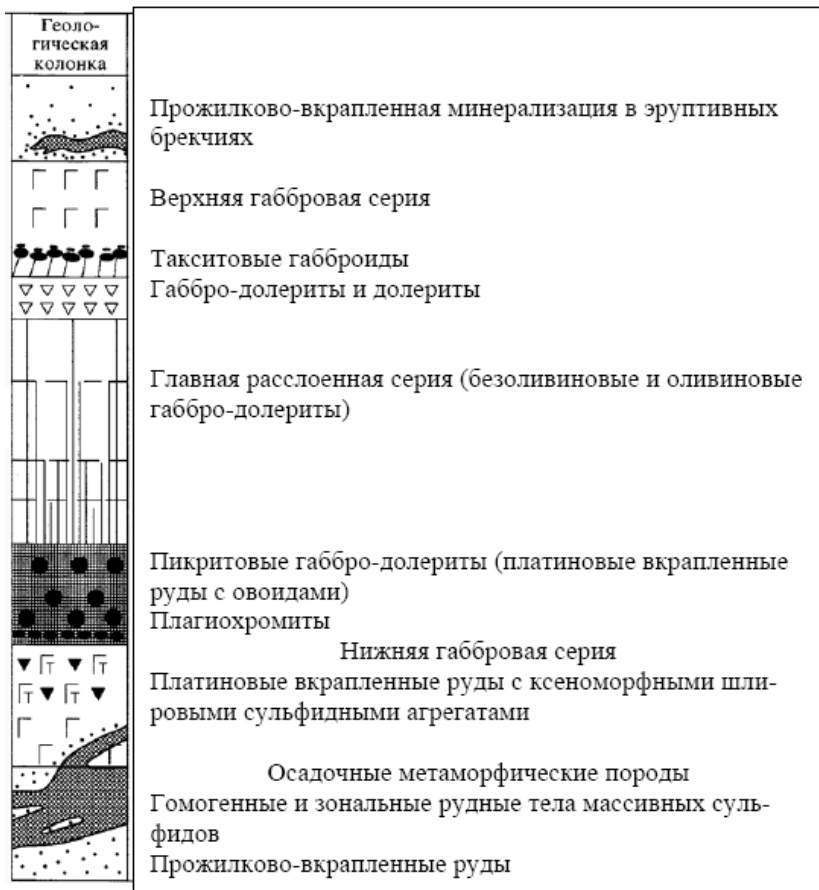


Рисунок 3. Строение рудоносных массивов норильского типа и размещение связанного с ним оруденения

В Норильском рудном районе известны следующие сульфидные медноникелевые месторождения, генетически и пространственно тесно связанные с дифференцированными

интрузивами габбро-долеритов: Норильск I, Норильск II, гора Черная, Талнахское, Октябрьское, Имангда.

Все месторождения, за исключением Имангды, располагаются в зоне Норильско-Хараелахского разлома.

Строение и размещение оруденения интрузивов норильского типа показана на рис. 3.

Дифференцированные рудоносные интрузии Норильского района представляют особую глубинную ветвь трапповой магмы, переходную к подкоровому хондритовому веществу (М. Годлевский). Они относятся к гипабиссальной фации глубинности.

Форма интрузивов пластообразная, неправильная, корытообразная, обусловленная локализацией в пологих синклинальных складках вдоль межформационных срывов в осадках девона и тунгусской серии и лишь изредка вдоль контактовых поверхностей с базальтами.

Рудоносные дифференцированные интрузии сложены от более основных дифференциатов (пикритовых долеритов) внизу до более кислых – гибридных пород – вверху (рис. 2).

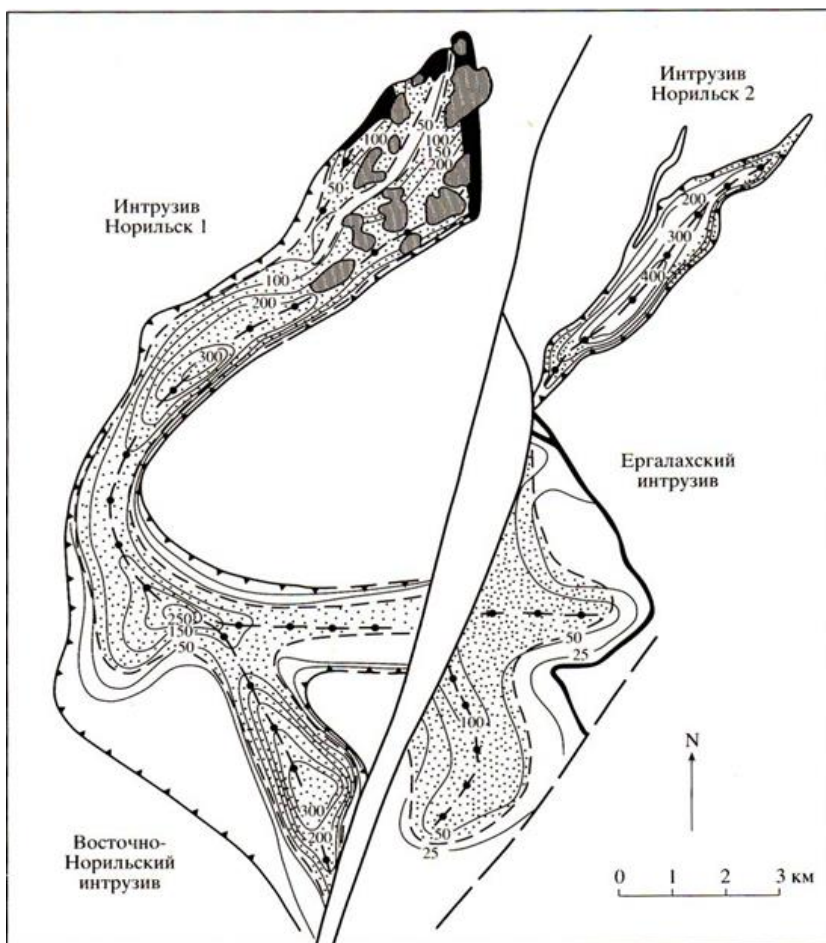
В Норильском рудном районе известны следующие сульфидные медно-никелевые месторождения, генетически и пространственно тесно связанные с дифференцированными интрузивами габбро-долеритов: Норильск I, Норильск II, гора Черная, Талнахское, Октябрьское, Имангда.

Все месторождения, за исключением Имангды, располагаются в зоне Норильско-Хараелахского разлома.

Месторождение Норильск I

Интрузив Норильск I является составной частью единой рудно-магматической системы Норильского рудного узла, объединяющих разнообразные типы гипербазит-базитовых интрузивов (рис. 4).

Приурочено к одноименному дифференцированному интрузиву пластообразной формы, вытянутому в СВ направлении на 12 км. Мощность его колеблется от 30 до 350 м, в среднем составляют 130 м (рисунок 9.1). В поперечном сечении он имеет линзовидную с крутыми бортами форму. На севере интрузив расчленяется на две ветви – западную («Угольный ручей») и восточную («Медвежий ручей»). Подстилающие породы представлены пермскими осадками, трахидолеритами, трахибазальтами и андезитобазальтами; в кровле залегают базальты с толеитовой структурой.



1 2 3 4 5 6 7

Рисунок 4. Геолого-структурная схема интрузива Норильск I:

- 1 – выходы интрузива на поверхность; 2 – граничный контур интрузива;
 3 – ареал пикритовых габбро-долеритов с вкрапленным оруденением;
 4 – залежи сплошных сульфидных руд; 5 – осевые линии интрузивов;
 6 – изопохиты интрузивов; 7 – разломы: Норильско-Хараерлахский (а)
 и прочие (б)

Приурочено к одноименному дифференцированному интрузиву пластообразной формы, вытянутому в СВ направлении на 12 км. Мощность его колеблется от 30 до 350 м, в среднем составля-

ют 130 м (рис. 4). В поперечном сечении он имеет линзовидную с крутыми бортами форму. На севере интрузив расчленяется на две ветви – западную («Угольный ручей») и восточную («Медвежий ручей»). Подстилающие породы представлены пермскими осадками, трахидолеритами, трахибазальтами и андезито-базальтами; в кровле залегают базальты с толеитовой структурой.

Внутренне строение интрузива отличается четкой расслоенностью, с закономерным чередованием пород (сверху вниз):

- 1) эруптивные брекчии, гибридные породы и такситовые долериты;
- 2) габбро-долериты, габбро – и оливинсодержащие долериты;
- 3) оливиновые габбро и норит-долериты;
- 4) пикритовые габбро-долериты и норит-долериты;
- 5) такситовые и контактовые долериты.

Ультраосновные дифференциаты слагают до четверти разреза интрузива.

Контактово-метасоматические изменения в целом незначительные. Кроме маломощного ореола роговиков в трещинных зонах устанавливаются известковые скарны. Широко развиты процессы наложенной биотитизации и хлоритизации, часто отмечаются окологорудные альбит-микроклиновые породы.

Сульфидное медно-никелевое оруденение представлено преимущественно в виде вкрапленности и гнездообразных скоплений пирротина, пентландита и халькопирита, главным образом в нижних богатых оливином дифференциатах: пикритовых, такситовых и контактовых долеритах. Более ограничено, распространены шлифовые рудные тела среди такситовых долеритов в придонной части долеритов. Руды в этих шлифах содержат большое количество основного плагиоклаза, оливина, пироксена и постепенно переходят в бедную вкрапленность. Локально развиты и типичные жильные тела сплошных сульфидов, располагающиеся в низах интрузива и в подстилающих породах, а также прожилково-вкрапленное оруденение в породах экзоконтакта. В целом сульфидное оруденение образует сравнительно выдержанный рудный горизонт, совпадающий в плане с контурами интрузива (рис. 5). В пределах этого горизонта выделяются ряд слоев в зависимости от изменения морфологии и внутреннего строения интрузива. В вертикальном разрезе внутри тел на фоне рядовых (10–20 %

сульфидов) выделяются слои богато вкрапленных (20–50 % сульфидов) руд – в отдельных местах отмечается до шести расположенных друг под другом таких прослоев. Наибольшая мощность вкрапленных руд (до 20 м) характерна для глубоких мульдообразных прогибов подошвы интрузива. В плане контура тел богато вкрапленных руд частично совпадают с контурами жильных полей сплошных сульфидных руд. Степень изменения концентрации сульфидов по мощности значительно больше, чем в плане.



Рисунок 5. Схема размещения тел массивных сульфидных руд в интрузиве Норильск I: 1 – контур интрузива с вкрапленным медно-никелевым оруденением; 2 – контуры участков интрузива, лишенные сульфидного оруденения; 3-6 – субсогласные с интрузивом тела массивных сульфидных руд: пирротинового (4), пирротин- халькопиритового (5), халькопирит-кубанитового (6) и халькопиритового (7) состава; 7 – вертикальные сульфидные жилы

Вертикальные сульфидные жилы имеют сопряжение с субгоризонтальным телом массивных сульфидов, залегающим в нижнем эндоконтакте расслоенного интрузива (рис. 6).

Состав руд обычный – пентландит-халькопирит-пирротиновый. Из второстепенных минералов присутствуют магнетит, кубанит, минералы платиноидов. Отношение $Ni : Cu = 1:1,5$; $Co : Ni = 1:16$; $(Pt+Pd) : Ni = 1:500$. Прожилково-вкрапленные руды в экзоконтакте интрузива образуют ореол на расстоянии до 15 м. Отработанные шпильры и линзообразные тела (до 200 x 100 x 10 м) сравнительно крупные.

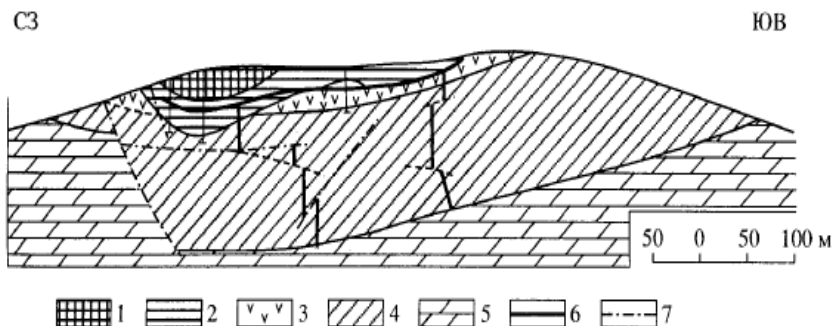


Рисунок 6. Геологический разрез северного мыса г. Рудной
 1, 2 – породы разреза интрузива Норильск I: пикриты (1), такситовые и контактовые габбро-долериты (2); 3 – силлы титан-авгитовых долеритов; 4 – теригенно-угленосные отложения С – Р; 5-известково-мергелистые осадочно-метаморфические породы D; 6 – жильные тела массивных сульфидных руд; 7 – тектонические нарушения

Особенностью минерального состава руд месторождения (Норильск), помимо отмеченной повышенной платиноносности, является наложение на более раннюю минерализацию магматического этапа более низкотемпературных минеральных ассоциаций с замещением ранних минералов типичными гидротермальными: карбонатами, хлоритом, галенитом, сфалеритом.

Указания по технике безопасности

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Знакомство с методикой изучения структурно- текстурных особенностей руд.....	5
2. Морфология тел полезных ископаемых.....	12
3. Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых	25
4. Знакомство с магматическими месторождениями полезных ископаемых	29
5. Знакомство с пегматитовыми месторождениями	44
6. Знакомство с полезными ископаемыми скарновых месторождений	55
7. Знакомство с гидротермальными месторождениями	67
8. Знакомство со стратиформными месторождениями	74
9. Знакомство с осадочными месторождениями	82
Рекомендуемая литература	99
Приложение 1.....	100
Приложение 2.....	102
Приложение 3.....	104
Приложение 4	112

Учебное издание

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Составители:

Дроздов Владислав Владиславович
Голованов Константин Сергеевич
Манукян Саргис Тумасович
Рожнова Александра Александровна

Издается в авторской редакции

Технический редактор, компьютерная верстка М. И. Толмачёв

Подписано в печать 03.04.2018

Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. 6,63

Уч.-изд. л. 6,04

Бумага офсетная

Заказ 261

Тираж 25 экз.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2