

Написать реферат, согласно темам, предложенным в установочных материалах. Практические задания в виде вопросов в конце каждого модуля.

Лекции

Общие сведения о месторождениях полезных ископаемых

Площади распространения, форма, состав и строение месторождений полезных ископаемых

Площади распространения полезных ископаемых (провинция, область, пояс, бассейн полезных ископаемых, рудный район, рудное поле, тело полезного ископаемого). Морфология тел полезных ископаемых. Минеральный и химический состав тел полезных ископаемых. Текстуры и структуры минерального вещества. Этапы и стадии минералонакопления, закономерные минеральные ассоциации (парагенезисы)

Площади распространения полезных ископаемых. В зависимости от масштабов проявления выделяют провинции полезных ископаемых, области (пояса, бассейны), районы (узлы), рудные поля, месторождения, рудные тела.

К провинциям относятся крупные структурные элементы земной коры (синеклизы, антиклизы, пассивные и активные окраины континентов, рифтовые системы, складчатые пояса, дно океана и т.п.)

Область полезных ископаемых - составной элемент провинции, имеет изометрические очертания, характеризуется набором определенных по происхождению и составу месторождений.

Рудные пояса – вытянутые линейные области, приуроченные к прогибам, глубинным разломам, зонам субдукции, рифтовым системам. Их размер - от сотен до тысяч км.

Бассейны – площади непрерывного распространения пластовой минерализации. Их площади – сотни квадратных километров.

Рудный район – местное скопление месторождений в пределах провинций, областей, поясов, бассейнов.

Рудное поле – небольшой участок земной коры (единицы, десятки квадратных километров), в пределах которого располагаются сближенные, одновременно образующиеся и генетически родственные месторождения. Рудное поле может состоять и из одного крупного месторождения с серией разобщенных залежей.

Месторождение – одно или несколько тел полезных ископаемых, объединенных общностью происхождения и приуроченных к локальной геологической структуре. Его размеры варьируют от единицы до десятки квадратных километров.

Рудное тело – скопление в недрах или на поверхности минерального сырья, которое ограничено контуром экономически целесообразной выемки.

Морфология тел полезных ископаемых

Для месторождений полезных ископаемых характерны три морфологических типа залежей: изометрические, плоские и вытянутые по одному направлению.

Изометрические тела полезных ископаемых – скопления минерального вещества примерно равновеликие во всех направлениях.

Шток- крупная более или менее изометричная залежь почти сплошного полезного ископаемого (рис. 1). Пример – штоки каменной соли

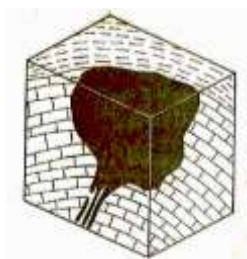


Рис. 1 Шток

Штокверк - некоторый объем горных пород, с рудной минерализацией в виде вкрапленности, многочисленными мелкими разноориентированными прожилками (рис. 2). Их форма может быть изометричная, трубообразная, повторяющая кровлю интрузии, или представляющая собой линейные жиллообразные системы.

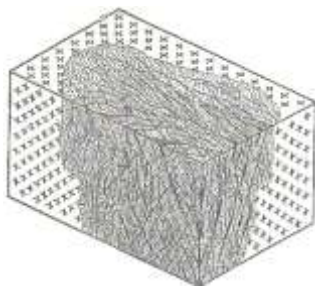


Рис. 2 Штокверк

Гнезда - небольшие изометричные скопления рудного вещества (рис. 3).

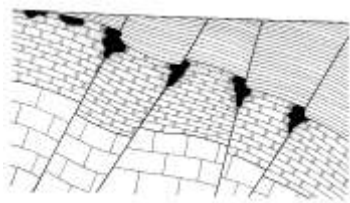


Рис. 3 Гнезда руды

Плоские тела полезных ископаемых – характеризуются двумя протяженными и одним коротким направлением.

Пласты - плоские, пластинообразные тела полезных ископаемых, образующиеся в водных бассейнах синхронно с вмещающими осадочными породами (рис.4).

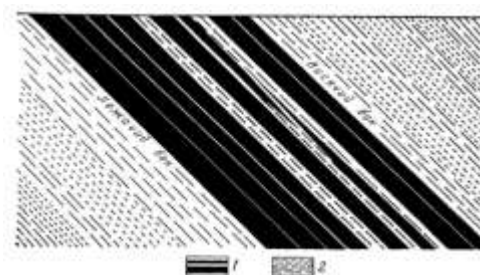


Рис. 4 Строение пласта полезного ископаемого

1-пачки и слои полезного ископаемого; 2-прослои пород.

Жилы – трещины в горных породах, выполненные минеральным веществом. Жилы бывают простыми (единичные минерализованные трещины) и сложными (минерализованные пучки переплетающихся трещин) (рис 5), четковидными, камерными, седловидными, оперяющими, лестничными.

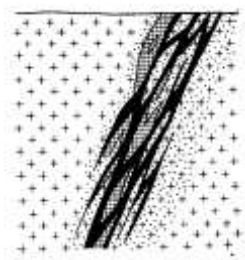


Рис. 5 Сложная жила

Интенсивно обогащенные участки называют *рудными столбами*. Рудные столбы обычно имеют неправильную форму, вытянуты в одном направлении, имеют крутое падение, залегают среди обедненных рудными компонентами пород.

Для жил характерны следующие элементы (рис.6): *зальбанды* – контакты жилы с вмещающими породами со стороны висячего и лежащего боков, *апофизы* – ответвления, *ореолы измененных околожильных пород*.

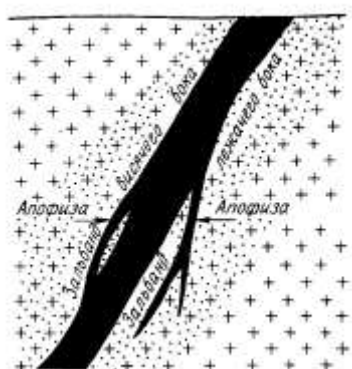


Рис. 6 Простая жила.

Линзы - плоские тела дискообразной или лентообразной формы (рис. 7). Типичны для вулканогенно-осадочных месторождений, формирующихся в субмаринных условиях, а также могут быть образованы метасоматическим или магматическим способом.

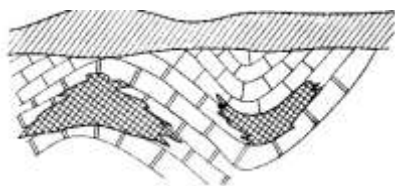


Рис. 7 Линзовидная залежь плавикового шпата в известняках

Вытянутые по одной оси тела полезных ископаемых

Трубы, трубки, трубообразные и столбообразные залежи – рудные тела, удлиненные по одной оси. Они типичны для алмазоносных тел, а также руд золота, серебра в вулканических жерлах

Под *вещественным составом минерального сырья* принято понимать минеральный и химический состав руд. Изучение вещественного состава имеет большое научное и практическое значение. Точные данные по составу руд и особенно парагенезису минералов способствуют выяснению условий формирования месторождения.

По химическому составу ценные минералы представлены:

1. оксидами железа, марганца, олова, урана, хрома, алюминия;
2. силикатами (слюды, асбест и др.);
3. сернистыми соединениями: сульфидами, арсенидами, железа, меди, цинка, свинца, никеля, серебра;
4. карбонатами железа, марганца, магния, свинца, цирка, меди;
5. сульфатами бария и стронция;
6. фосфатами - апатит;
7. галоидами (соли, флюорит);
8. самородными элементами (золото, платина, медь).
9. нитраты – селитры (чилийская и шведская)
10. вольфрамиты – шеелит
11. бораты – людвигит, ашарит

Текстуры и структуры

Минеральное вещество, составляющее полезное ископаемое, обладает соответствующей структурой и текстурой – т.е. рисунком, строением.

Изучение строения руд имеет большое научное и прикладное значение. Так, выясняя возрастные соотношения минеральных агрегатов или минеральных зерен, можно получить ценные данные для определения условий образования руд и, следовательно, генезиса месторождения. Изучение формы рудных зерен, их размеров и строения, а также

расположения минеральных агрегатов позволяет выбрать наиболее рациональный метод механического обогащения руды.

Текстура руды определяется формой, размерами и расположением агрегатов минералов. Морфологической единицей текстурного рисунка является агрегат минералов (рис. 8).

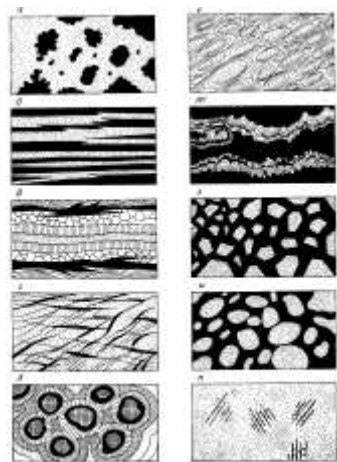


Рис. 8 Некоторые типы текстур руд

а) пятнистая; б) полосчатая в) крустификационная; г) прожилковая; д) кокардовая; е) оолитовая; ж) почковидная; з) брекчиевая; и) брекчиевидная; к) коркасно-ящичная

Структура руды определяется формой, размерами и расположением зерен минералов, точнее, кристаллических индивидов. Морфологической единицей структурного рисунка является кристаллическое зерно (рис. 9).

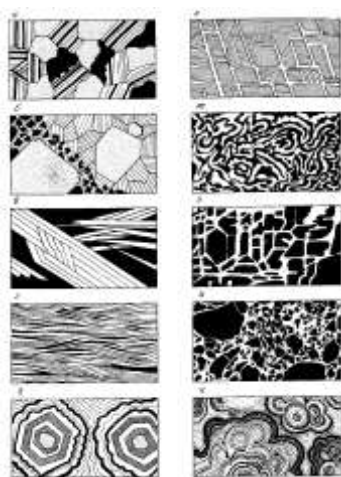


Рис. 9 Некоторые типы структур руд

а) равномернозернистая; б) неравномернозернистая; в) пластинчатая; г) волокнистая; д) зональная; е) кристаллографически-ориентированная; ж) тесного сростания; з) замещения; и) дробления; к) колломорфная

Различают мега-, макро-, микро- текстуры.

Этапы и стадии формирования руд. Процессы минералонакопления при формировании месторождений протекают в течение длительного времени. Они разделяются на этапы и стадии.

Этап – длительный временной интервал, когда происходит накопление руд одного генезиса, например, магматический этап, пегматитовый, гидротермальный. Обычно месторождения полезных ископаемых формируются в один этап, реже в два и более.

Стадии – части этапов, в рамках которых происходило накопление минералов определенного состава. По количеству стадий рудообразования выделяются месторождения простые – одностадийные и сложные – многостадийные. Критериями для выделения стадий рудообразования служат: пересечение ранних минеральных отложений жилками и прожилками минерального вещества последующих стадий; брекчирование минеральных агрегатов ранней стадии с цементацией их обломков минеральной массой новой стадии.

Парагенетическими минеральными ассоциациями называют совместное нахождение минералов, обусловленное общностью происхождения и выраженное определенным порядком накопления.

Генерации минералов – это неоднократные выделения одного и того же минерала, разделенные перерывами.

Геологические условия образования месторождений полезных ископаемых

Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых. Характеристика геологических условий образования полезных ископаемых с позиции как геосинклинальной (фиксистой), так и плитной (мобилистской)

концепций. Периодичность, длительность и глубинные уровни образования месторождений. Источники рудного вещества и способы его отложения.

Генетическая классификация МПИ.

Выделяются серии: эндогенная, экзогенная метаморфогенная. В сериях выделяются группы, в группах – классы, каждому классу соответствует определенный тип месторождений (таблица 3).

Таблица 3 Сводная генетическая классификация месторождений полезных ископаемых

Серия	Группа	Класс	Подкласс
<i>Магматогенная</i> (эндогенная)	Магматическая	Ликвационный Раннемагматический Позднемагматический	-
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический Комбинированный	-
	Пегматитовая	Простые пегматиты Перекристаллизованные пегматиты Метасоматически замещенные пегматиты	-
	Альбитит-грейзеновая	Альбититовый Грейзеновый	-
	Скарновая	Известковых скарнов Магнезиальных скарнов Силикатных скарнов	-
	Гидротермальная	Плутогенный Вулканогенный Амагматогенный (телетермальный, стратиформный)	-
	Колчеданная	Гидротермально-метасоматический Гидротермально-осадочный Комбинированный	-
<i>Седиментогенная</i> (экзогенная)	Выветривания	Остаточный Инфильтрационный	-
	Россыпная	Элювиальный	-

		Делювиальный Пролювиальный Аллювиальный	Косовый Русловый Долинный Дельтовый Террасовый
		Литоральный	Озерный Морской Океанический
		Гляциальный	Моренный Флювиогляциальный
	Осадочная	Механический Химический Биохимический Вулканогенный	-
Метаморфогенная	Метаморфизованная	Регионально- метаморфизованный Контактово- метаморфизованный	-
	Метаморфическая	-	-

Геодинамические обстановки формирования месторождений с позиций тектоники литосферных плит.

Полезные ископаемые являются составной частью структурно-вещественных комплексов (СВК). СВК – это комплекс пород и полезных ископаемых с характерными геологическими структурами, который формируется в определенной геодинамической обстановке. Различные тектонические движения и геологические процессы обусловлены развитием Земли. Это понимали ученые очень давно. Поэтому еще с 17-го века возникли многочисленные геотектонические концепции развития земного шара. Так, в 1829 г. француз Эли де Бомон создал *гипотезу контракции* - сжатия земного шара в результате охлаждения первично расплавленной Земли. С поверхности сжатие приводит к короблению и возникновению горных складок и морских прогибов при вертикальных движениях вещества.

Гипотезу контракции в дальнейшем развивала *гипотеза геосинклиналей* (фиксистская концепция), высказанная в США в 1859 г. Дж. Холлом и в 1873 г. Д. Дэна. Почти одновременно с научным направлением фиксизма

возникло *научное течение мобилизма* о горизонтальных движениях материков. В 1877 г. российский учитель Е.В. Быханов высказал эту мысль. И в 1962 г. американские ученые Г. Хесс и Р. Дитц на основе океанографических исследований океанов разработали *гипотезу спрединга* океанического дна и *движения литосферных плит*, показав причины горизонтального перемещения материков.

Геосинклинальная гипотеза

Гипотеза возникла в США, когда Дж. Холл (1859) и Д. Дэна (1873) разработали механизм преобразования океанической коры в континентальную на основе вертикальных движений вещества. Они считали, что охлаждение и сжатие земной коры (контракция земного шара) приводят к проседанию земной коры (опусканию земной поверхности). В результате возникают глубокие прогибы, названные *геосинклиналями*, в которых накапливаются мощные толщи осадков (до 20 км).

Экспериментальным основанием для разработки гипотезы послужили находки остатков морских животных в осадочных породах суши, слагающих горы. Геосинклина́ли - крупные протяженные области земной коры.

Геосинклинальный этап развития земной коры включает четыре стадии.

Первая стадия – геосинклинальная. В настоящее время ученые считают, что этой стадии предшествует рифтовая стадия, представляющая собой активную тектоническую стадию образования серии опущенных блоков земной коры (развития рифта) при разрывных движениях.

Разрывная тектоника сопровождается магматизмом с внедрением ультраосновной и основной магмы по разломам и подводными вулканическими излияниями (гипербазитовая магматическая формация). Образуются месторождений руд черных металлов (железа, титана, хрома), некоторых руд цветных металлов (меди, никеля, кобальта) и драгоценных металлов (платины и платиноидов).

Собственно геосинклинальная стадия характеризуется спокойным тектоническим режимом, происходят только колебательные движения с преобладанием глубокого опускания и мощного осадконакопления.

В этих условиях образуется глубоководная аспидно-граувакковая осадочная формация, которая состоит из прослоев аспидных (черных) глинистых сланцев и темной осадочной породы - граувакки, представляющей собою темные конгломераты, песчаники и гравелит. Кроме того, образуется кремнисто-вулканогенная осадочная формация, с которой связано формирование осадочных железных руд (джеспилитов), в дальнейшем превращенных под влиянием метаморфизма в железистые кварциты.

Вторая стадия -островная геосинклинальная характеризуется увеличением частоты и размаха колебательных движений (рис. 10).

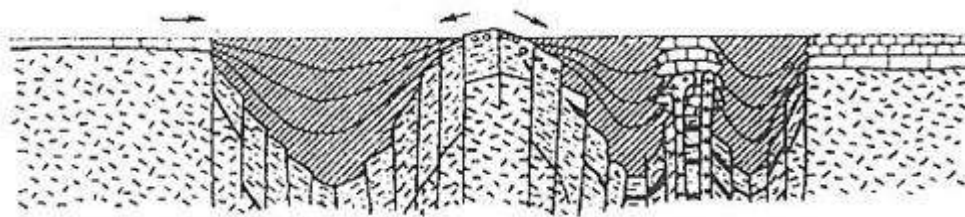


Рис. 10 Островная геосинклинальная стадия

Характерна частая смена поднятий и опусканий при преобладающем режиме опускания. Поэтому происходит циклическое осадконакопление с образованием флишевой осадочной формации.

Флиш - толща осадков, состоящая из ритмически повторяющихся пород. В каждом ритме глинистые и известковые тонкозернистые отложения глубоководных зон постепенно сменяются песчаными и грубообломочными осадками мелководной и прибрежной зон.

Характерно начало складчатых движений, приводящих к образованию складчатых структур (геоантиклинали и прогибы между ними), магматизм среднего состава в виде вулканических излияний (порфиритовая формация). С магмой среднего состава связано образование полиметаллических руд (руды меди, свинца, цинка, золота и серебра).

Третья стадия называется раннеорогенной (раннего горообразования). Среди колебательных движений начинает преобладать поднятие, активизируются складчатые движения и магматизм. Возникает центральное геоантиклинальное поднятие (рис. 11), на периферии - краевые прогибы, в которых происходит накопление нижней молассовой формации, состоящей из розовато-зеленоватых тонкослоистых алевролитов и мергелей.

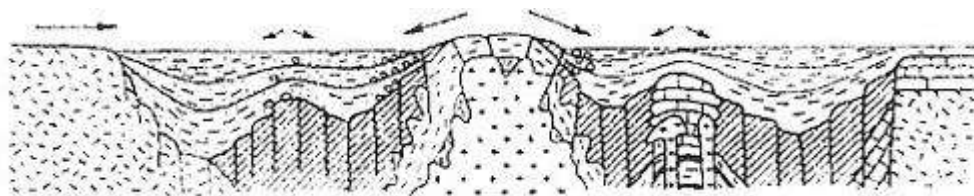


Рис.11 Раннеорогенная стадия.

Большая часть территории становится сушей, сохраняются краевые моря и лагуны. Активизируются процессы контактового и динамического метаморфизма, постмагматические процессы, с которыми связано формирование месторождений руд цветных и редких металлов (молибден, вольфрам, олово, медь, свинец, цинк, золото, серебро).

Четвертая стадия- позднеорогенная (горно-складчатой области) (рис. 12).

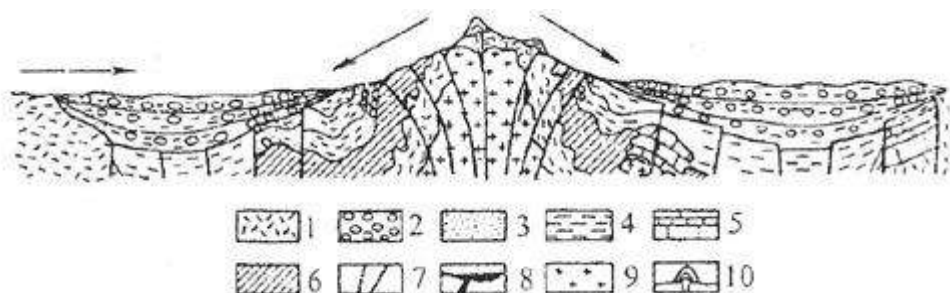


Рис. 12 Позднеорогенная стадия. 1 - фундамент, 2 - конгломераты, 3 - песчаники, 4 - глины, 5 - известняки, 6 - флиш, 7 - разрывы, 8 - пластовые интрузии основных пород, 9 - граниты, 10 - порфириды.

Усиливаются активные тектонические процессы и поднятие, вся территория становится гористой складчатой сушей. Происходят интенсивные складчатые движения с образованием складчатых структур. Мощный региональный метаморфизм приводят к явлению гранитизации -

расплавлению осадочных пород и кристаллизации обширных масс гранитов с наращиванием гранитного слоя.

Щелочно-гранитная магматическая формация способствует образованию месторождений руд редких, редкоземельных и радиоактивных металлов.

Российские ученые А.П. Карпинский и А.Д. Архангельский в первой половине 20-го века дополнили теорию геосинклинали учением об образовании устойчивых участков земной коры - платформ, развивающихся на месте горно-складчатой области.

Тектоника литосферных плит

Тектоника движения литосферных плит утверждает, что материки движутся горизонтально в составе *литосферных плит* - крупных блоков литосферы в диаметре по поверхности Земли несколько тысяч километров. Их горизонтальные движения обусловлены скольжением литосферы по *астеносферному слою мантии*, в котором вещество частично расплавлено и значительно размягчено.

Движение литосферных плит вызвано тепловыми потоками, возникающими в мантии вследствие физического явления конвекции, вероятно, на границе с ядром Земли

Основу концепции составляет орогенический *цикл Уилсона*, который обычно охватывает промежуток времени 200-250 млн. лет. Цикл разделяется на 5 стадий: *внутриконтинентального рифтообразования, расширения океанического дна, поглощения океанической коры, столкновения литосферных плит и заключительная стадия (стабилизационная)*.

Стадия внутриконтинентального рифтообразования или магматизм и металлогения горячих точек. В ослабленных участках литосферных плит мантийные или магматические струи нагревают литосферу, образуют купольные поднятия, в ядрах которых генерируются магмы (кислые, реже основные, щелочные). В результате этих процессов в однородных

континентальных блоках возникают системы радиальных разломов, а внутри орогенных поясов образуются линейные рифты.

С возникшими в эту стадию геологическими структурами ассоциируют следующие полезные ископаемые:

1. *в межматериковых рифтах* – рассолы и металлоносные осадки с медью, цинком, серебром и др. элементами (впадины Красного моря);

2. *в рифтовых зонах континентов* – базито-ультрабазитовые расслоенные интрузии с медно-никелевыми, платиноидными, хромитовыми и титаномагнетитовыми месторождениями (Бушвельдское, Великая Дайка, Норильское, Печенга);

3. *в зонах тектономагматической активизации* предрифтовой стадии: а) алмазонасные кимберлитовые и лампроитовые трубки (Ю.Африка, Якутия, Австралия); б) *ультрабазито-щелочные интрузии с карбонатами*, к которым приурочены апатит-магнетитовые месторождения с флогопитом, вермикулитом, флюоритом (Ковдорское); интрузии нефелиновых сиенитов с апатит-нефелиновой и редкоземельной минерализацией (Хибинское); интрузии щелочных гранитов с олово-вольфрамовыми грейзенами и тантало-ниобиевыми жильными месторождениями (Джос, Нигерия; Рондония, Бразилия);

4. *во внутриконтинентальных рифтах* формируются в терригенных толщах стратиформные полиметаллические руды (Саливан, Канада; Маунт-Айза, Австралия; Гамсберг, ЮАР), урановые месторождения роллового типа (Канада); в эвапоритовых комплексах залежи натриевых и калиевых солей, магнезиты, фосфориты.

Расширение (спрединг) океанического дна. В процессе прогрева в зонах мантийных струй единый континент раскалывается на несколько частей.

В эту стадию возникают срединно-океанические хребты – глубинные расколы литосферы, по которым в придонные области поступает мантийный магматический материал, который формирует океаническую кору (в основном базальтовые магмы). По мере удаления в обе стороны от оси

хребта отмечается удревнение возраста коры. В начальную подстадию спрединговой стадии фиксируются самые ранние моменты зарождения океана после раскола единой континентальной плиты (Красноморский тип). Зрелая (Атлантический тип) подстадия характеризуется вполне развившимся океаническим бассейном с четко обособившимся центральным поднятием (срединно-океаническим хребтом). С одной стороны от поднятия развиваются процессы активной окраины расколовшегося континента, а с другой – пассивной окраины. Месторождения формируются в следующих геологических ситуациях:

1. на склонах *срединно-океанические хребтов* и в осевых рифтах образуются вулканогенно-осадочные колчеданно-полиметаллические и оксидные железомарганцевые месторождения;
2. в *глубинных зонах океанических хребтов* вблизи или ниже границы Мохоровичича формируются в дунитовых комплексах хромиты (кайнозойские месторождения Кубы); в массивах перидотитов никелевые, титаномagnetитовые, золоторудные и платиноидные руды;
3. в зонах *трансформных разломов* – стратиформные баритовые и вулканогенно-осадочные колчеданно-полиметаллические месторождения (Прииртышский рудный район, Казахстан).
4. на *пассивных континентальных окраинах* – осадочная серия (медистые песчаники, эвапориты, фосфориты, стратиформные свинцово-цинковые, барит-флюоритовые месторождения в карбонатных отложениях).

Поглощение (субдукция) океанической плиты.

1. *Внешние дуги и глубоководные желоба.* Здесь выводятся на поверхность возникшие ранее месторождения офиолитовой ассоциации (колчеданные кипрского типа в эффузивах основного состава, хромитовые, тальковые, асбестовые и магнезитовые в ультрабазитах). В троге внешней дуги – россыпи золота.
2. *Вулканоплутоническая (магматическая) дуга.* Развита известково-щелочные лавы среднего и кислого состава, а в ядерной части

дугового хребта – гранодиоритовые и гранитные плутоны. С ними ассоциируют; медно-молибденовые, олово-вольфрамовые месторождения.

3. *Тыловодужный магматический пояс.* Мощное давление континентальной плиты создает в тыловой части зоны субдукции систему чешуйчатых надвигов, падающих на восток и утолщающих земную кору. Формируются интрузии анатектических гранитов с оловорудными месторождениями.

4. *Краевой бассейн сжатия.* Выполнен терригенными осадками, содержит инфильтрационное урановое оруденение в песчаниках, соли в эвапоритах, угольные пласты.

Коллизия. Столкновение континентов приводит к закрытию океана, исчезновению бассейна между ними, возникновению надвигового пояса и нового бассейна. Место сочленения маркируется сутурной зоной. В надвиговом поясе – анатектические граниты с олово-вольфрамовыми месторождениями. В бассейнах – медные и урановые инфильтрационные месторождения в терригенных толщах. В глубинных частях сутурных зон – жадеит, нефрит, ювелирные корунды.

Заключительная стадия. Возвращение континента в его первоначальное состояние, затухание тектонических магматических процессов, формирование систем амагматогенных рифтов, выполненных мелководными терригенно-карбонатными осадками с седиментогенными и эпитермальными полиметаллическими, урановыми) месторождениями. В эту стадию появляются поздние континентальные вулканические пояса с золото-серебряными и полиметаллическими месторождениями.

Периодичность, длительность и глубинные уровни образования месторождений.

Периодичность формирования месторождений хорошо разработана геосинклинальной концепцией. Выделяется гренвильский, байкальский, каледонский, герцинский, киммерийский, альпийский этапы. Каждый этап характеризуется типоморфным набором полезных ископаемых.

По мобилистским теориям в истории нашей планеты выделяют пять основных металлогенических периодов:

- тонких литосферных плит (3,8-3 млрд. лет);
- высокой тектонической активности, появление мощной континентальной коры и ядра земли (3 – 2,7 млрд. лет);
- возникновения первых суперконтинентов (2,7 – 1,8 млрд. лет);
- слабой тектономагматической и металлогенической активности (1,8 – 0,6 млрд. лет);
- циклического функционирования механизма тектоники литосферных плит (0,6 – 0 млрд. лет).

Длительность формирования месторождений часто сопоставима с продолжительностью геологических процессов. В зависимости от генетической природы образование полезного ископаемого может происходить от тысяч до десятков миллионов лет. Например, для формирования осадочных железорудных пластов необходимо 5-10 млн. лет. Жильные месторождения могут формироваться за отрезки времени до десятков тысяч лет. Образование 30 угольных пластов в Донбассе происходило в течение 60 млн. лет. Магматические комплексы месторождения Ковдор создавались 300 млн. лет.

По уровням глубинности месторождения разделяются на приповерхностные, гипабиссальные, абиссальные, ультраабиссальные.

Приповерхностные (0-1,5 км) – экзогенные, вулканогенно-осадочные руды.

Гипабиссальный уровень (1,5-3,5 км) – наиболее богат. Здесь могут формироваться почти все промышленно-генетические типы эндогенных месторождений.

Абиссальный уровень (3,5-10 км) – беднее, чем два предыдущих. Здесь образуются альбитит-грейзеновые, карбонатитовые, пегматитовые и часть магматических (хромитовых, титаномагнетитовых) месторождений, а также

месторождения, ассоциирующие с крупными гранитоидными, основными и ультраосновными плутонами.

Ультраабиссальный уровень (более 10 км) - небольшая группа месторождений (дистеновые, силлиманитовые, андалузитовые сланцы, рутил, корунд и др.). Здесь также идут преобразования ранее сформированных месторождений – т. е. образуются метаморфизованные месторождения (железа, марганца, свинца и цинка).

Источники рудного вещества. Среди источников вещества различных генетических типов месторождений выделяют:

- ювенильный – магматический, связанный с разнообразными магмами;
- ассимиляционный, возникший при захвате расплавами ранее образовавшихся минеральных масс;
- выщелоченный водными растворами из вмещающих пород;
- экзогенный, образовавшийся в результате выветривания континентальных пород и перевода части соединений либо в истинные растворы, либо во взвеси или механические обломки и сноса их в водные бассейны.

Проектное задание: Изучить геологические условия образования любого месторождения полезных ископаемых Забайкальского края.

Вопросы для самоконтроля знаний

- 1. Месторождения, каких генетических типов характерны для ультраабиссального уровня глубины формирования полезных ископаемых?***
- 2. Назовите источники вещества для формирования месторождений полезных ископаемых.***
- 3. Сколько необходимо времени для формирования месторождений полезных ископаемых?***
- 4. Назовите отличия мобилисткой и фиксистой концепции развития Земли.***

5. *Какие геологические структуры возникают в стадию внутриконтинентального рифтообразования?*
6. *Что такое эндогенные месторождения?*
7. *Что такое экзогенные месторождения?*
8. *Что является источником металлов метаморфогенных месторождений?*
9. *Назовите авторов геосинклинальной концепции и тектоники движения литосферных плит.*
10. *Какие стадии включает геосинклинальный этап развития земной коры?*
11. *Типы движения литосферных плит.*
12. *Периодичность формирования месторождений.*

Генетические типы месторождений полезных ископаемых

Эндогенная серия

Магматические месторождения

Общая характеристика магматических месторождений. Ликвация, кристаллизационная дифференциация. Модель образования ликвационных месторождений (медно-никелевые сульфидные месторождения и хромитовые месторождения, титаномагнетитовые и платиноидные месторождения). Раннемагматические месторождения. Особенности образования месторождений алмазов в кимберлитовых трубках взрыва и лампроитах. Модель образования позднемагматических месторождений. В качестве примеров рассмотреть месторождения хромитов, платиноидов, титано-магнетитов, апатитов.

К магматическим месторождениям относятся месторождения, полезные ископаемые которых образуются из магмы. Магматические месторождения образуются в процессе дифференциации и кристаллизации магмы при высокой температуре (1500—800°C), высоком давлении (сотни килограмм силы на квадратный сантиметр) и на значительных глубинах (3—5 км и более). Первоисточником вещества магматических месторождений

является, вероятно, верхняя мантия Земли, о чем свидетельствуют приуроченность ряда месторождений и вмещающих их базальтоидных пород к глубинным разломам и близость отношений изотопов серы сульфидов к метеоритному стандарту.

Для магматических месторождений характерна тесная связь их с изверженными горными породами, с которыми они образуются в результате общих процессов. В магматических месторождениях и вмещающих их изверженных породах встречаются сходные рудные и нерудные минералы, но количественно рудные минералы преобладают только в месторождениях.

Магматические месторождения представляют собой промышленные объекты как рудные (платина, хромит, железные, титановые и медно-никелевые руды и др.), так и нерудные (алмаз, графит, апатит и др.).

В ходе становления интрузивных массивов происходила дифференциация вещества двух типов: ликвационная и кристаллизационная.

Дифференциация за счет ликвации магмы. Рудносиликатная магма при охлаждении разделяется на две несмешивающиеся жидкости – силикатную и рудную, кристаллизация которых происходит отдельно и приводит к образованию *ликвационных месторождений*.

Кристаллизационная дифференциация. В первичной магме не происходит ликвации. Магма остывает, и из неё последовательно кристаллизуются минералы: сначала наиболее высокотемпературные, а затем имеющие более низкие температуры кристаллизации.

Раннемагматические месторождения возникли в результате ранней (опережающей) кристаллизации рудных минералов по отношению к нерудным. Примером их могут служить месторождения алмазов в кимберлитах и лампроитах, а также некоторые месторождения полиметаллов, хромитов и платины.

Если минералы, содержащие полезные элементы, кристаллизуются после затвердевания породообразующих силикатов, образуются *позднемагматические месторождения*.

Ликвационные месторождения

Наиболее характерными ликвационными магматическими образованиями являются сульфидные медно-никелевые месторождения в ультраосновных и основных породах. К ним относятся: Норильское, Монча-Тундра и Печенга на Кольском полуострове, крупное месторождение Садбери в Канаде, медно-никелево-платиновые месторождения (риф Меренского) Бушвельдского комплекса.

В развитии таких комплексов намечаются три главные стадии: 1 - излияния лав и образование толщ вулканогенных платформенных пород; 2 - внедрение пластовых и в меньшей степени секущих рудоносных интрузий; 3 - внедрение даек преимущественно основного состава.

Среди рудных тел различают следующие разновидности: пластовые «висячие» залежи вкрапленных руд; пластовые и линзообразные залежи донных массивных «шлировых» и прожилково-вкрапленных руд; линзы и неправильные тела приконтактовых брекчиевых руд; жилы.

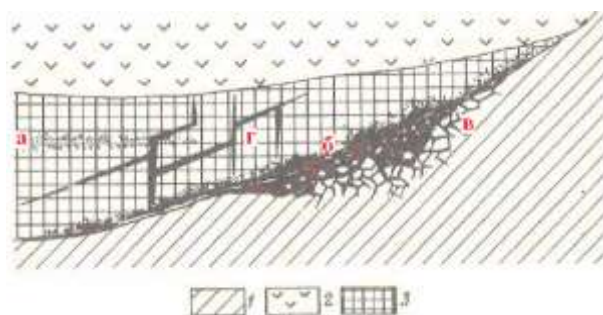


Рис. Схема размещения рудных тел сульфидных медно-никелевых месторождений: а- висячие вкрапленные руды; б-донные залежи; в- приконтактовые брекчиевые руды; г-жилы; Породы 1- подстилающие; 2- перекрывающие; 3- вмещающие.

На ранней стадии магматического этапа происходит ликвация - отделение сульфидной жидкости, которая принимает форму мелких капель, рассеянных в силикатном расплаве. Капли сливаются в полосы, гнезда, часть которых за счет высокой плотности под действием гравитации погружается в придонные части магматической камеры. Так возникают висячие, донные и пластообразные залежи. На средней стадии при температурах 1100-1200°C (и

более) кристаллизуются порообразующие силикаты, а сульфиды остаются жидкими. Основная часть сульфидного расплава кристаллизуется позже силикатного (на поздней стадии магматического этапа) при температурах 600-800°C. Ликвационные месторождения редки.

Минеральный состав руд магматических сульфидных медно-никелевых месторождений очень прост и выдержан для всего мира. Главные рудные минералы: пирротин (Fe_{1-x}S); пентландит ($(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$); халькопирит (CuFeS_2), часто магнетит (FeFe_2O_4). Среди нерудных преобладают: оливин, ромбические пироксены, могут присутствовать гранаты, клинопироксены и продукты их изменения, эпидот, серпентин, актинолит, хлорит и карбонаты.

Характерные текстуры руд – массивная, полосчатая, брекчиевая, прожилково-вкрапленная и вкрапленная. Типичные структуры – зернистая и порфировая.

Раннемагматические месторождения

Раннемагматические месторождения встречаются значительно чаще ликвационных. Среди них известны зоны вкрапленников и шширообразные скопления хромитов, содержащих платину и алмазы в перидотитах. К ним также принадлежит титаномagnetитовое оруденение в геосинклинальных габброидах и месторождения графита в щелочных породах (Ботогол в Вост. Саяне).

Выкристаллизовавшиеся рудные минералы благодаря высокой плотности опускаются в жидком силикатном расплаве на дно магматической камеры. Здесь они перемещаются под действием гравитации и конвекционных токов, образуя обогащенные участки (кумуляты). Эти участки по составу близки к вмещающей породе, отличаются только повышенным содержанием рудных компонентов. Для раннемагматических месторождений, образующихся в ранний период кристаллизации магмы, характерны следующие особенности:

1. постепенные контакты между рудой и вмещающими породами (поэтому их оконтуривание проводится по данным опробования);

2. преимущественно неправильная форма рудных тел – гнезда, линзы, сложные плитообразные залежи, трубообразные тела;

3. преимущественно кристаллически зернистые структуры руд, реже вкрапленные текстуры.

Единственным представителем крупных объектов среди раннемагматических месторождений, имеющих большое практическое значение, являются коренные месторождения алмазов.

Месторождения алмазов

Месторождения алмазов генетически связаны с формацией кимберлитов, проявляющейся на участках древних платформ, тектонически активизированных в последующее время. К ним принадлежат месторождения алмазов Якутии (Сибирская платформа), ЮАР (Африканская платформа), Нового Южного Уэльса (Австралийская платформа). В целом для земного шара эпоха формирования алмазоносных кимберлитов связана с верхнепалеозойской или раннемезозойской (триасовой) магматической активизацией.

Внешне кимберлит очень невзрачен и напоминает бетон, в котором сцементированы обломки разнообразных пород. Названы они по названию города Кимберли на юге Африки. Алмазоносные кимберлиты выполняют крутопадающие трубообразные тела (рис.), прослеживающиеся на глубину более 1 км. При этом их поперечные сечения резко сокращаются. Например, трубка Мира в Якутии на глубине 600 м уменьшается в 5 раз. С глубиной эти тела переходят в плитообразные дайки. Диаметр трубок колеблется от нескольких метров до первых сотен метров.

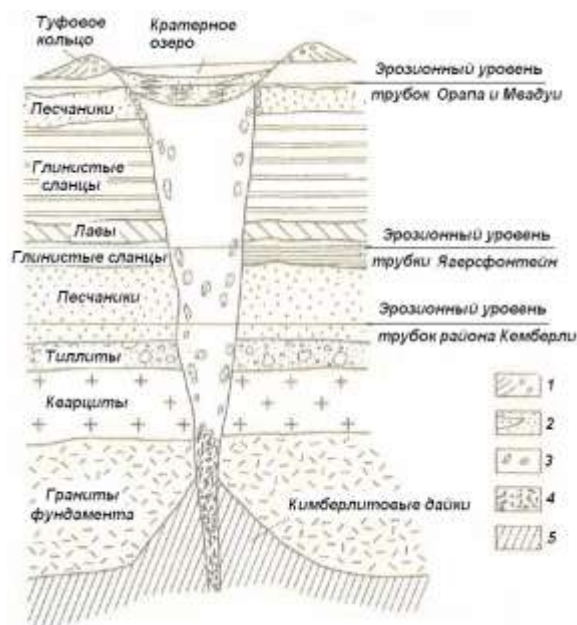


Рис. Модель кимберлитовой трубки По Д. Доусону. 1-отложения туфового кольца; 2-крупно-мелкозернистые осадки; 3-ксенолиты; 4-массивная брекчия; 5.дайка.

В минеральном составе кимберлитов выделяются минералы самих кимберлитов: оливин, энстатит, диопсид, хромдиопсид, флогопит – главные; ильменит, пироп, хромит, шпинель, графит, алмаз – акцессорные.

При поверхностном разрушении алмазоносных кимберлитовых трубок в элювиальных и аллювиальных отложениях наблюдается очень характерная ассоциация шлиховых минералов: оливин, пироп, пикроильменит, хромдиопсид, являющаяся отчетливым поисковым признаком алмазных месторождений.

Относительно генезиса алмазов в кимберлитах существует три главные точки зрения: алмазы образовались в результате ассимиляции (растворения) кимберлитовой магмой углистых пород; алмазы захвачены кимберлитами вместе с эклогитами из глубинных частей земной коры; алмазы кристаллизовались в самой кимберлитовой магме как ее естественные порообразующие минералы.

Схема генезиса следующая: кимберлитовая ультраосновная магма зарождалась в обстановке очень высокого давления на значительной глубине, свыше 100 км, в ней выделялись на ранней стадии такие парагенетические

минералы как алмаз, пикроильменит, хромдиопсид. Затем такая магма с выделившимися в ней кристаллами поднималась вдоль глубинных разломов, образовавшихся в период тектоно-магматической активизации. При этом могли образовываться кимберлитовые дайки. По достижении некоторого уровня, когда давление газовой составляющей кимберлитовой магмы превосходило внешнее давление, происходил газовый прорыв осадочных пород платформы с заполнением трубообразных полостей обломками вмещающих, прорываемых пород и кимберлитовой магмой.

Среднее содержание алмазов в кимберлитах не превышает 0,5 карата на 1 м³ породы (карат равен 0,2 г).

Новый, неизвестный до этого тип алмазов был назван лампроитовым типом. *Лампроит* – это богатая магнием основная или ультраосновная лампрофировая порода, но в отличие от кимберлита обогащенная также калием. Лампроиты относят к особой группе меланократовых пород – лампрофирам (гипабиссальным интрузивным или субвулканическим породам, которые никогда не образуют обособленных крупных масс – это малые интрузии, нежки, трубки взрыва – пространственно всегда связаны с трещинной тектоникой).

Лампроитовые тела, по сравнению с кимберлитовыми трубками, имеют большие размеры. Их формы – трубки в виде бокала шампанского, штоки, силлы и дайки. По сравнению с кимберлитами они бедны глубинными ксенолитами. Лампроитовые расплавы зародились на меньших глубинах по сравнению с кимберлитовыми. Лампроитовые магмы возникали также в результате частичного плавления верхней мантии ультраосновного состава, но несколько отличного от кимберлитовых магм. Для лампроитовых магм характерны низкие концентрации Al, Fe, Ca, Na, В отличие от кимберлитов в лампроитах редки гранаты и ильменит, преобладают хромшпинелиды, а в основной массе имеется амфибол. Лампроиты отличаются повышенным содержанием Rb, Sr, Ba, Ti, Zr, Pb, Th, U, легких редкоземельных элементов.

Но механизм формирования алмазов в лампроитах сходен с кимберлитовыми телами.

Позднемагматические месторождения

Позднемагматические месторождения генетически связаны с тремя формациями глубинных магматических пород. С перидотитовой ассоциируют месторождения хромитов и платиноидов, с габбро-пироксенит-дунитовой той же стадии геологического развития связаны месторождения титаномagnetитов, с формацией щелочных пород, развитых преимущественно на платформах, связаны месторождения: 1 - апатитомagnetитов; 2 - апатито-нефелинов; 3 - редких земель. Для всех этих позднемагматических месторождений типичны общие, объединяющие их признаки: эпигенетичный характер рудных тел; ксеноморфный облик рудных минералов, сидеронитовые структуры; крупные масштабы месторождений.

Месторождения хромитов

Хромитовые месторождения располагаются внутри массивов ультраосновных пород. В России крупные месторождения на Урале (Сарановское), Кимперсайское, в Восточной Сибири; за рубежом в Турции, Норвегии Южной Африке (Бушвельд, риф Меренского), на Кубе. Среди рудных тел по форме преобладают жилы, линзы, гнезда, реже полосы, пласты. Руды в основном вкрапленные («рябчиковые») и массивные, реже встречаются полосчатые, пятнистые, нодулярные, брекчиевые текстуры. Руда сложена хромшпинелидами $(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}^{+3})_2\text{O}_4$,

Месторождения платиноидов

Среди элементов группы платины известно шесть металлов: платина (Pt), иридий (Ir), осмий (Os), палладий (Pd), родий (Rh), рутений (Ru). Они входят в состав комплексных (медно-никелевых, ванадий-железо-медных), либо самостоятельных (платинометалльных) магматических месторождений. К месторождениям такого типа относятся месторождения металлов платиновой группы алданского типа - Кондерский и Инаглинский массивы; месторождения Уральского платинового пояса - Нижнетагильский

узел, Качканарское месторождение (Южный Урал), Верх-Нейвинское месторождение (Средний Урал).

Месторождения титаномагнетитов

Магматические месторождения титаномагнетитов залегают в дифференцированных массивах основных пород. Они известны на Урале (Качканарское), в Горной Шории, в Восточных Саянах; за рубежом в Южной Африке (Бушвельд), в Канаде (Квебек). По форме рудных тел среди титаномагнетитовых месторождений выделяются жилы, линзы, гнезда, а также вкрапления шпировидной, лентовидной и неправильной формы.

Апатит-магнетитовые месторождения

Это редкие месторождения, связанные с породами щелочного состава. Классическим примером является рудное поле Кирунавары в Северной Швеции, также месторождения подобного типа известны в Норвегии, Мексике, Чили. В России месторождением подобного типа является Лебяжье (Урал). Типичные представители этих месторождений относятся к древним эпохам рудообразования: протерозойской, каледонской. Рудные жиллообразные или линзообразные тела обычно приурочены к контакту щелочных гипабиссальных пород или располагаются среди тех разновидностей, которые представляют собой продукты последовательного внедрения сложных интрузивов.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. *Что такое магматические месторождения полезных ископаемых?*
2. *Что такое ликвация?*
3. *Схема образования ликвационных месторождений.*
4. *Минеральный состав руд сульфидных медно-никелевых месторождений.*
5. *Назовите примеры сульфидных медно-никелевых месторождений.*
6. *Особенности раннемагматических месторождений.*
7. *Назовите примеры раннемагматических месторождений.*
8. *Состав и строение кимберлитовых трубок взрыва.*

9. *Температуры и давления образования алмазов.*
10. *Гипотезы образования алмазов в кимберлитовых трубках взрыва.*
11. *Глубины образования алмазов.*
12. *Отличие лампроитов от кимберлитов.*
13. *Примеры магматических месторождений алмазов.*
14. *Назовите признаки позднемагматических месторождений.*
15. *Полезные ископаемые позднемагматических месторождений.*

Пегматитовые месторождения

Общая характеристика. Магматогенные и метаморфогенные пегматиты. Разделение пегматитов по минеральному составу (гранитные, щелочные, пегматиты ультраосновных и основных магм, гибридные и десилицированные пегматиты). Пегматиты «чистой линии» и «линии скрещивания». Пегматитовые тела. Простые и сложные пегматиты. Геологический возраст пегматитов. Физико-химические условия образования пегматитов. Существующие гипотезы образования пегматитов (А. Ферсмана, Р.Джонса и Е. Камерона, А. Заварицкого, метаморфогенная). Полезные ископаемые пегматитов (простые пегматиты, перекристаллизованные пегматиты, метасоматически замещенные пегматиты).

Выделяют две группы пегматитов — магматогенные и метаморфогенные.

Магматогенные пегматиты и связанные с ними полезные ископаемые принадлежат к группе позднемагматических образований, формировавшихся на завершающихся стадиях становления массивов и располагающихся близ его кровли.

Пегматиты располагаются внутри материнских интрузий или в непосредственной близости от них. Они характеризуются тождественностью состава с этими породами, но отличаются от них меньшими размерами, формой (жилы, гнезда), неравномерной крупно- и гигантозернистой

структурой, особенно в центральной части пегматитовых тел (в Норвегии агрегат кристаллов микроклина до 1000 т, на Урале была каменоломня в одном кристалле амазонита, площадь пластин мусковита 3-5 м²; биотита 7м²; кристаллы берилла весом до 18 т, длиной до 5,5м; в Ленинградском горном музее – кристалл берилла длиной около 3 м, масса 100кг. Пегматитовые месторождения приурочены как к геосинклинальным областям, так и платформам. В геосинклиналях наиболее распространены гранитные пегматиты, на платформах – пегматиты щелочных пород.

Пегматиты свойственны глубинным изверженным породам любого состава, но преобладают *гранитные*, связанные с интрузиями гранитов.

Гибридные пегматиты – образуются при ассимиляции гранитной магмой различных пород.

Десилированные пегматиты – формируются при воздействии гранитного расплава на ультраосновные и карбонатные породы.

Щелочные пегматиты – встречаются в щелочных магматических комплексах.

Наиболее редкий тип пегматитов – это *ультраосновные пегматиты*, приуроченные к ультраосновным породам.

Гранитные пегматиты разделены А.Е. Ферсманом на *пегматиты чистой линии* и *пегматиты линии скрещивания*. Первые залегают в гранитах или тождественных породах и не претерпели изменения состава в процессе формирования. Вторые образуются среди других формаций, при этом возникают гибридные пегматиты, ассимилировавшие (растворявшие) вещество боковых пород, и десилицированные пегматиты, отдавшие часть своего кремнезема вмещающим породам.

Метаморфогенные пегматиты, формирующиеся на разных стадиях метаморфического преобразования, преимущественно древних докембрийских пород, по особенностям состава соответствуют фациям регионального метаморфизма вмещающих пород.

Преобладающей *формой пегматитов* являются плитообразные и сложные жилы, реже встречаются линзы, гнезда и трубы. Длина тел пегматитов изменяется от 150 м до 5000 м, при изменении мощности от 50 м до 400 м. Например, на Мамском месторождении мусковита (в Забайкалье) пегматитовые жилы имеют протяженность до 200 м, мощность до 50 м.

По составу и особенностям внутреннего строения пегматиты разделяются на простые, или недифференцированные, и сложные, или дифференцированные.

Простые гранитные пегматиты состоят из калиевого полевого шпата и кварца.

Сложные гранитные пегматиты имеют разнообразный минеральный состав и зональное строение. В структуре зональных пегматитов выделяются: оболочка, внутренняя часть и неправильные метасоматические скопления. Все они составляют пять главных элементов зональной структуры (рис. 14).

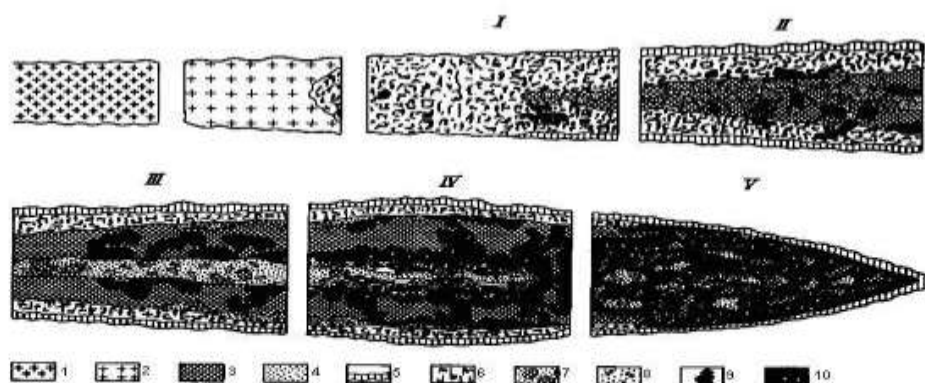


Рис. Схема текстурно-парагенетических типов пегматитов. По К. Власову. I — равномернозернистый или письменный тип, II — блоковый тип, III — полидифференцированный тип, IV — тип редкометалльного замещения, V — альбит-сподуменовый тип; 1 — гранит; 2 — пегматоидный гранит; 3 — микроклин; 4 — кварц; 5 — контактовые оторочки и зоны мусковит-кварц-полевошпатового состава; 6 — пегматит письменной и гранитной структуры; 7 — блоковая зона; 8 — мономинеральная микроклиновая зона; 9 — кварц-сподумовая зона; 10 — комплексы и зоны замещения; альбит, кварц, мусковит, реликты микроклина, редкометалльные минералы (лепидолит,

берилл, часто цезиевый, ниобато-танталаты, полихромный турмалин, сподумен и др.).

Геологический возраст пегматитов разнообразен – от архея до мезозоя. Но преобладают все же докембрийские пегматиты. Например, архейский возраст имеют пегматиты Анабарского щита, протерозойский – пегматиты Украинского кристаллического массива, Кольского полуострова. К юным эпохам количество полезных ископаемых в пегматитах уменьшается.

Подавляющая масса пегматитов формировалась на значительных глубинах от 1,5-2 и 16-20 км. Ранняя кристаллизация магматического расплава происходит при температуре 1200-900°C, нормальный гранит застывает при температуре немного ниже 1000°C, в присутствии минерализаторов температура может снижаться до 730-640°C. Учитывая совокупность всех данных, начальная температура гранитного пегматитового расплава должна быть порядка 800-700°C. В процессе последующего накопления и метасоматического преобразования пегматитообразующих минеральных комплексов, температура постепенно снижалась с последовательным формированием биотита, кварца, мусковита, берилла, последующих выделений кварца и топаза, мориона и аметиста, и заключительных выделений халцедона. Последний (халцедон) формируется в интервале температур 90-55°C.

Генетические гипотезы образования пегматитов

Генезис пегматитов относится к одной из самых дискуссионных проблем. Даже место пегматитов в генетической классификации нельзя считать твердо установленным: одни их относят к магматическим, другие – к постмагматическим, третьи – к самостоятельной категории месторождений. По этому поводу существует четыре гипотезы.

Гипотеза А.Е. Ферсмана (классическая). По его представлениям, пегматиты образуются из остаточных магматических расплавов, обогащенных летучими компонентами на больших глубинах (несколько км) при очень высоком давлении (сотни и тысячи атмосфер) и температуре 700-

400°C. Роль летучих компонентов сводится к понижению температуры кристаллизации расплава, понижению его вязкости и дифференциации расплава. Как результат - образование крупных, совершенных по форме кристаллов (при содержании в расплаве 1% H_2O температура его кристаллизации понижается на 30-50°C, а при 10-12% H_2O на 300-400°C). А.Е. Фесман выделял 5 этапов образования пегматитов: магматический (900-800°C); эпимагматический (800-700°C); пневматолитовый (700-400°C); гидротермальный (400-50°C); гипергенный (менее 50°C).

Гипотеза А.Н. Заварицкого. Гипотеза перекристаллизации и последующего метасоматоза была высказана А.Н. Заварицким, который рассматривал пегматиты как промежуточные образования между изверженными породами и рудными жилами. А.Н. Заварицкий отрицал существование особой пегматитовой магмы или пегматитового расплава, а признавал существование пегматообразующего газового раствора, в котором в газовой фазе находятся не молекулы силикатных минералов, а их составные части. Этот раствор проникал по трещинам и порам в боковые породы, способствует их преобразованию и перекристаллизации мелких и тонкозернистых образований в крупнокристаллические пегматиты. Таким образом, пегматиты представляют собой перекристаллизованные участки материнских пород: гранитов, сиенитов и т.д. В дальнейшем газовый раствор диффундировал через боковые породы, изменял свой состав, подвергался фракционной кристаллизации, из него выпадали некоторые минералы. Кроме того, часть минералов становилась неустойчивыми, подвергалась растворению и замещению другими минералами. А.Н. Заварицкий выделяет два этапа в формировании пегматитов. Первый этап – перекристаллизации материнской породы под воздействием газового раствора; второй этап – сжижение раствора, выпадение из него минералов, замещение ранее выделившихся, вследствие изменения состава раствора и образование минералов пегматитов.

Гипотеза Р. Джонса, Е. Камерона, Ф. Хесса и др., имеющая компромиссный характер. Пегматиты образуются комбинированным путем в два этапа. На первом магматическом этапе – закрытая система, из остаточного расплава кристаллизуются простые зональные пегматиты. Затем система открытая, под воздействием газовой-водных минерализованных глубинных растворов осуществляется метасоматическая переработка ранее отложенных минералов с выносом отдельных компонентов. Так возникают метасоматические части пегматитов, содержащие кварц, альбит, мусковит, минералы редких металлов.

Метаморфогенная гипотеза Г.Рамберга, Ю.М.Соколова объясняет условия формирования пегматитов в древних метаморфических комплексах. Пегматиты формируются на разных стадиях метаморфогенного преобразования преимущественно докембрийских пород и по особенностям состава соответствуют фации метаморфизма вмещающих пород. Согласно данной гипотезе пегматиты – продукты регрессивного метаморфизма.

Среди пегматитовых месторождений выделяются три генетических класса: простые пегматиты; перекристаллизованные пегматиты; метасоматически замещенные пегматиты. Простые пегматиты сложены калий-натровыми полевыми шпатами и кварцем с небольшой примесью слюды (рис.). Эти пегматиты разрабатываются для получения комплексного керамического сырья и используются для производства низших сортов изделий фаянсовой и фарфоровой промышленности. Такие пегматиты называются также керамическими пегматитами (Карелия -Хетоламбино, Чкаловское; Кольский полуостров; Украина - Бельчаковское, Глубочанское; Восточная Сибирь - Мамско-Чуйское месторождения).

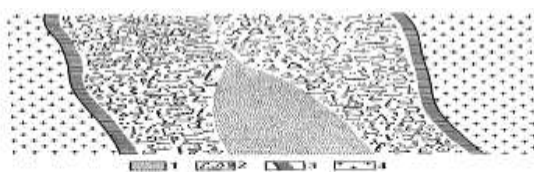


Рис. Сечение простого пегматита: 1 – кварцевое ядро; 2 – пегматит письменной структуры; 3 – слюдяная оторочка; 4 – гранит.

Перекристаллизованные пегматиты, как правило, имеют разноминеральную крупно- и гигантозернистую структуру (рис.). Такая структура могла сформироваться в результате перекристаллизации исходного вещества жил под влиянием горячих газовой-жидких растворов, химический состав которых находился в равновесии с составом ранее выделившихся пегматитообразующих соединений. Из перекристаллизованных пегматитов добывают мусковит (месторождения Чупино-Лоухского района Карелии, Мамского района Иркутской обл.), попутно добывают полевошпатовое сырье, кварц.

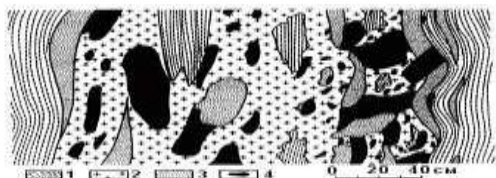


Рис. Сечение перекристаллизованного пегматита жилы 4 Слюдяногорского месторождения. 1 – гнейсы; 2 – среднезернистые пегматиты; 3 – кварц; 4 – мусковит.

Метасоматически замещенные пегматиты, в отличие от ранее рассмотренных, отличаются перекристаллизацией и метасоматической переработкой в различной степени под воздействием горячих минерализованных растворов, химически неравновесных по отношению к составу первичной пегматитообразующей минеральной массы (рис.). Из метасоматически замещенных пегматитов добывают оптический флюорит, драгоценные камни, руды лития, бериллия, цезия, рубидия, реже олова, вольфрама, тория, урана, ниобия, тантала, редких земель.

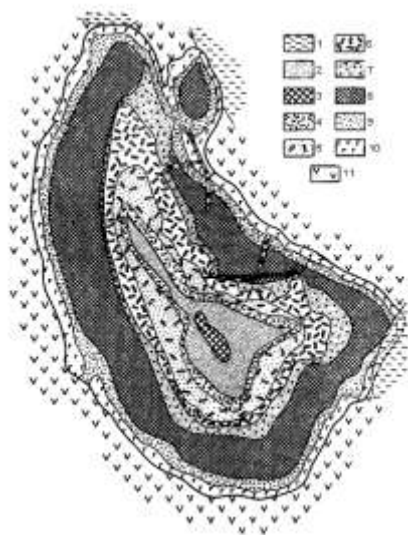


Рис. Сечение метасоматически замещенного пегматита. 1 – наносы; 2 – зоны блокового кварца; 3 зоны крупноблокового микроклина; 4 зоны мелкопластинчатого альбита; 5 кварц-сподуменовая зона; 6 – клевеландит-сподуменовая зона; 7 зона кварц-мусковитовых гнезд; 8 зона крупноблокового микроклина; 9 зона гнезд мелкозернистого альбита; 10 графическая кварц-микроклиновая зона; 11 – вмещающие породы.

Пример – месторождение Кайстон (США), на котором встречен сподумен ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) длиной 16 м, в диаметре 1 м, массой 90 т. В Южной Африке на пегматитовом месторождении встречались кристаллы берилла ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) массой 30 т. Месторождения корунда с его драгоценными разновидностями - сапфиром и рубином – Урал (Карабашское, Борзовское) до 10 кг.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. ***Что такое пегматиты?***
2. ***Особенности магматических пегматитов.***
3. ***Назовите отличия материнской породы от пегматитов.***
4. ***Чем отличаются пегматиты «чистой линии» от пегматитов «линии скрещивания»?***
5. ***Особенности метаморфогенных пегматитов.***
6. ***Как различаются пегматиты по составу?***
7. ***Форма пегматитовых тел.***
8. ***Как различаются пегматиты по составу и внутреннему строению?***
9. ***Геологический возраст пегматитовых месторождений.***

10. *Глубины образования пегматитов.*
11. *При каких температурах и давлениях образуются пегматиты?*
12. *Гипотеза А.Е. Ферсмана.*
13. *Гипотеза Р. Джонса, Е. Камерона.*
14. *Гипотеза А.Н. Заварицкого.*
15. *Метаморфогенная гипотеза формирования пегматитов.*
16. *Какие месторождения полезных ископаемых связаны с простыми пегматитами?*
17. *Какие месторождения полезных ископаемых связаны с перекристаллизованными пегматитами?*
18. *Какие месторождения полезных ископаемых связаны с метасоматически замещенными пегматитами?*

Карбонатитовые месторождения

Общая характеристика. Особенности минерального и химического состава пород, структурно геологическая позиция их массивов. Карбонатитовые тела. Физико-химические условия образования карбонатитов. Геологический возраст месторождений. Гипотезы образования пегматитов (магматическая, гидротермальная и комбинированная гипотезы). Примеры месторождений.

Карбонатиты представляют собой существенно карбонатные породы, пространственно и генетически связанные со щелочно-ультраосновными магматическими комплексами платформенного типа. Они образуют самостоятельную группу месторождений, сравнительно редко встречающуюся и содержащую полезные ископаемые, лишь недавно вовлеченные в промышленное использование: это руды ниобия, редких земель, апатита, флогопита, вермикулита, а также повышенные концентрации магнетита, циркония, тантала, стронция.

В настоящее время на земном шаре известно более 250 массивов ультраосновных щелочных пород. В России такие массивы известны в

Карело-Кольском регионе, Сибири. Размещаются массивы на платформах и имеют различный геологический возраст. Среди них известны массивы докембрийского (Сибирь, Северная Америка), каледонского (юг Сибири), герцинского (Мурманская обл.), киммерийского (Сибирь, Бразилия) и альпийского циклов развития (большинство карбонатитов Африки).

Карбонатитовые месторождения связаны только с платформенным этапом геологического развития и ассоциированы с комплексами ультраосновных щелочных пород. Залежи карбонатитов образуют штоки, конические дайки, падающие к центру массива, кольцевые дайки, падающие в противоположную сторону, радиальные дайки. Трубообразные карбонатитоносные интрузии ультраосновного – щелочного состава в плане характеризуются концентрически зональным строением за счет многофазового внедрения магмы. В них выделяют четыре главные группы пород: 1) ранние ультраосновные (дуниты, перидотиты, пироксениты); 2) щелочные (щелочные и нефелиновые сиениты); 3) ореолы вмещающих пород, подвергшихся щелочному метасоматозу и превратившихся в фениты; 4) карбонатиты (рис. 18)

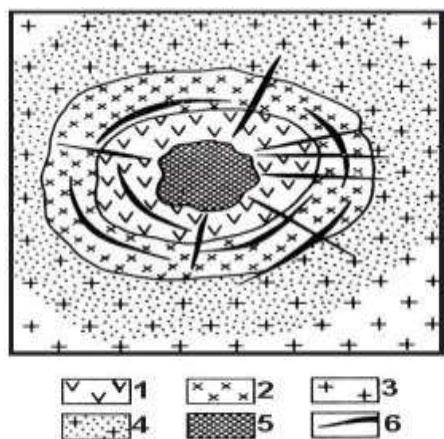


Рис. Общая схема строения карбонатного месторождения:

1 – щелочные породы; 2 – ультраосновные породы; 3 – гнейсы; 4 – фениты; 5 – шток карбонатитов; 6 – жилы карбонатитов.

Причем зональность может быть различна. Так, на Ковдорском массиве от периферии к центру наблюдаются дуниты-перидотиты, щелочные породы, ореолы метасоматических пород – фенитов, карбонатитов. На Кондерском

массиве зональность обратная – в центре ультраосновные породы, на периферии щелочные породы и карбонатиты (рис.).

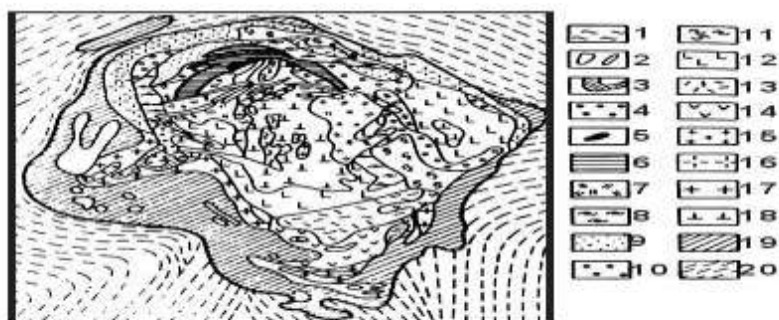


Рис. Схематическая геологическая карта Ковдорского массива: 1 – сунгулитовые породы; 2 – карбонатиты; 3 – апатит-форстеритовые породы; 4 – магнетитовые руды; 5 и 6 – флогопит-диопсид-форстеритовые гигантозернистые (5) и средне- и крупнозернистые (6) породы; 7 – оливиниты флогопитизированные и диопсидизированные; 8 – гранатовые автоскарны; 9 – монтичеллитолиты; 10 – мелилитолиты; 11 – турьяиты; 12 – пироксениты; 13 – слюдиты и слюдяно-пироксеновые породы; 14 – нефелиновые пироксениты; 15 – полевошпатовые ийолиты и нефелиновые сиениты; 16 – ийолит-уртиты; 17 – ийолит-мельтейгиты; 18 – оливиниты; 19 – фениты; 20 – гранитогнейсы.

По условиям формирования среди карбонатитовых массивов можно выделить «открытые» и «закрытые». К первым относятся массивы, достигшие дневной поверхности. В этом случае возникали вулканы, жерла которых выполнены эффузивами. Массивы такого типа широко распространены в Африке, Восточной Сибири (Гулинский – 2000 км²); их площадь изменяется от одного до десятков квадратных километров. В них устанавливается вертикальная зональность: с глубиной уменьшается количество карбонатитов и щелочных пород и увеличивается количество гипербазитов.

«Закрытые» или «сложные» массивы в период формирования не имели выхода на дневную поверхность. Максимальное развитие в них карбонатитов отмечается на более глубоких горизонтах, чем в «открытых» массивах.

Карбонатитовые месторождения могут образовываться на разных глубинах. Выделяют следующие уровни (фаии) глубинности: 1) поверхностный 1-1,5 км (вулканическая и субвулканическая фаии); 2) малый 2,5-3 км (гипабиссальная фаия); 3) средний 5-6 км (мезоабиссальный); 4) глубокий 8-10 км (абиссальный).

В карбонатитах установлен стадийный характер минералообразования: в первую стадию формируются крупнозернистые кальциты с минералами титана и циркония; во вторую – среднезернистые кальциты с дополнительными минералами титана, урана, тория; в третью – мелкозернистый кальцит-доломитовый агрегат с ниобиевой минерализацией; в четвертую – мелкозернистые массы доломит-анкеритового состава с редкоземельными карбонатами. Текстура карбонатитов массивная, полосчатая, узловатая, плоччатая, структура – разномзернистая.

Генезис карбонатитов до настоящего времени считается вопросом дискуссионным. Превалирующими являются две гипотезы: собственно магматическая и гидротермально-метасоматическая.

Магматическая гипотеза. Форма тел карбонатитов говорит о возможном их образовании при раскристаллизации из магматического расплава. Об этом свидетельствуют обломки вмещающих пород в карбонатитах, флюидная текстура некоторых карбонатитов, наличие в составе карбонатитов остывших расплавленных включений с температурой гомогенизации 880-558°C. Последнее обстоятельство позволило поставить вопрос о явлении магматической ликвации с отделением карбонатного расплава при температуре 900±50°C. Эти представления подтверждаются экспериментальными данными.

Гидротермальная гипотеза. Никто из исследователей не отрицает наличие карбонатитов гидротермально-метасоматического происхождения. В пользу этой гипотезы свидетельствуют следующие данные: наличие постепенных переходов от карбонатитов к замещаемым им породам; наличие реликтов незамещенных силикатных пород, пронизанные сетью прожилков;

метасоматическая зональность в распределении минеральных ассоциаций, на контакте карбонатных и силикатных пород; зависимость состава темноцветных и акцессорных минералов карбонатитов от состава замещаемых силикатных пород; избирательный характер карбонатного метасоматоза.

Комплексная гипотеза. Карбонатиты имеют комбинированное происхождение, их образование начинается на магматическом этапе и продолжается на гидротермальном. Каждый этап включает несколько стадий, связанных с последовательным внедрением порций магматических расплавов: ультраосновного, щелочного, карбонатного, а также различных по составу и температурам порций гидротермальных растворов. Внедрение расплавов и растворов осуществляется по цилиндрическим, коническим, радиальным трещинам в остывающем многофазовом интрузиве.

Примеры месторождений. Карбонатиты имеют важное промышленное значение. С ними связаны основные ресурсы тантала, ниобия, редких земель, существенные запасы титана, железных руд, флюорита, флогопита, апатита и др.

Минеральные типы рудоносных карбонатитов отвечают различным уровням их возникновения и последующего эрозионного среза.

На глубине 3-6 км от поверхности формируются железо, ниобий, фосфор. В средней зоне (3-2,5 км) – ниобий, тантал, редкие земли, церий, селен, фосфор, железо, флогопит. В верхней зоне из постмагматических (посткарбонатитовых) растворов образуются флюорит, барит, стронцианит. И в приповерхностной зоне накапливаются торий, редкие земли.

Главными типами промышленных месторождений являются следующие: *апатит-магнетитовые карбонатиты* известны на Кольском полуострове (Ковдорское), в Африке, Канаде, Бразилии; запасы железной руды достигают сотен миллионов тонн при содержании железа от 20 до 70%; запасы апатита сопоставимы по масштабам при содержании P_2O_5 10 – 15 %; *флогопитовые карбонатиты*, образованные на контакте железо-

магнезиальных пород со щелочными и представленные крупными зонами слюд, флогопитовыми жилами и прожилками. В коре выветривания по флогопитам на Ковдорском месторождении образуются богатые залежи вермикулитовых руд; сульфидоносные карбонатиты- месторождение медных руд Палабора (ЮАР) с запасами меди 1,5 млн. т. , а также свинцово-цинковые руды Южная Сибирь

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое карбонатиты?***
- 2. С какими комплексами пород связаны карбонатиты?***
- 3. В каких геологических обстановках образуются карбонатиты?***
- 4. Форма рудных тел карбонатитов.***
- 5. Типоморфные минералы карбонатитов.***
- 6. Зональность карбонатитовых месторождений***
- 7. Какие выделяются группы карбонатитов по составу полезных ископаемых?***
- 8. Какие геологические структуры контролируют карбонатитовые месторождения полезных ископаемых?***
- 9. Назовите отличие «открытых» и «закрытых» карбонатитов.***
- 10. Глубины образования карбонатитов***

Альбитит-грейзеновые месторождения

Общая характеристика альбитит-грейзеновые месторождения. Геохимическая перегруппировка породообразующих элементов и типоморфных металлов при формировании альбититов и грейзенов. Физико-химические условия месторождений. Полезные ископаемые и примеры альбититовых и грейзеновых месторождений.

Альбититы и грейзены объединяют общность происхождения, локализация и источник рудообразующих веществ. В общем типичном случае они связаны с апикальными (верхушечными) выступами массивов

кислых и щелочных гипабиссальных изверженных пород, подвергшихся постмагматическому щелочному метасоматозу. При этом вследствие натрового метасоматоза, апикальные части гранитных куполов и их апофиз были альбитизированы, а избыток калия вынесен и связан в грейзенах, сформировавшихся вблизи кровли интрузивов среди вмещающих пород. В результате перегруппировки компонентов в альбититах накапливается натрий, а в слюдяных грейзенах – калий. При этом происходит рафинирование породы от металлических элементов – примесей и переотложение их частично в альбититах, а частично в грейзенах. В альбититах накапливается цирконий, ниобий и торий, а в грейзенах – беррилий, литий, олово, вольфрам.

Единство процесса возникновения альбититов и грейзенов не всегда приводит к их совместному образованию и нахождению. Формирование альбитит-грейзеновых месторождений происходило за счет воздействия восходящих горячих и химически агрессивных растворов на раскристаллизовавшуюся интрузивную породу. Постмагматические растворы являлись производными тех же кислых или щелочных магм, из которых формировались интрузивы. «Пропитывая» всю массу уже застывших интрузивов по пути следования вверх к кровле интрузива, растворы перегруппировывали порообразующие элементы.

Вначале развивался *калиевый метасоматоз* – ранняя *микроклинизация*, которая происходила обычно в ядерных частях массива при температурах 650-580°C в обстановке повышенных давлений. Затем происходила инверсия процесса и активизировался *натриевый метасоматоз* при температурах 550-400°C, что приводило к ранней *альбитизации* периферических зон массивов в условиях пониженного давления. Процесс происходил на фоне восходящей кислотности раствора. При этом калий выносился и сменялся натрием. Растворы оставались ещё надкритическими.

Максимальная кислотность растворов наступала в следующую стадию метасоматоза – *стадию грейзенизации*. Растворы, поднимаясь к кровле

массивов, переходили в гидротермальные. Температуры при этом снижались от 450 до 200°C. В условиях повышенной активности фтора, бора из интрузивных пород выносились щелочи, алюминий, рудные элементы примеси. Так, в верхних частях интрузивов и над ними формировались грейзены.

В природе чаще имеются грейзеновые месторождения без альбититов и альбититовые без грейзенов.

Альбититовые и грейзеновые месторождения формировались в среднюю и позднюю стадии геосинклинального цикла, а также при активизации магматической деятельности на древних платформах. Альбитизация характерна для щелочных метасоматитов древних щитов, для контактовых частей щелочных массивов (каледониды Тянь-Шаня) для районов распространения скарновых месторождений (Северный и Средний Урал), для рудных полей грейзеновых и апогранитовых месторождений (Забайкалье). За границей значительные месторождения альбититов и грейзенов известны в Индонезии, Китае, Бирме, Австралии, Южной Америке, Испании, Чехословакии и др.

При общности физико-химических условий образования альбититовых и грейзеновых месторождений они различаются в деталях процесса. Альбититы возникают раньше, из более высокотемпературных щелочных надкритических растворов в тыловой части метасоматической колонны, а грейзены – позже, из менее высокотемпературных кислых растворов по фронту метасоматоза.

Альбититовые месторождения

Термин альбититы возник в советской геологической литературе в пятидесятых годах после обнаружения А. Беусом этих месторождений в Восточном Забайкалье. Они представляют собой штокообразные массы метасоматически преобразованных куполов и апофиз материнских изверженных пород, достигающие по площади нескольких квадратных км.

Альбитит представляет собой лейкократовую породу, в которой на фоне основной мелкозернистой альбитовой массы наблюдаются порфиновые выделения кварца и микроклина, а также пластинки слюды и реже щелочного амфибола. Различные альбититы характеризуются единым парагенезисом главных минералов, состоящим из альбита, микроклина и кварца. Для этих месторождений обычна вертикальная зональность, которая выражается в развитии следующих зон (снизу вверх): биотитовые граниты (Mi, Pl, Q; Bi), двуслюдяные граниты (Mi, Pl; Q; Bi, Mus), альбитизированные граниты (Mi, Ab, Q, Mus), альбититы (Ab, Q, Mus), грейзены (Mus, Q).

В зависимости от состава исходных пород меняется и состав полезных ископаемых в альбититах различного происхождения: в альбититах по гранитам нормального ряда ведущим является бериллий (берилл); в альбититах по гранитам субщелочного ряда – литий, рубидий, тантал и ниобий (лепидолит); в альбититах по гранитам щелочного ряда – цирконий, ниобий, иттриевые редкие земли (циркон, танталит-колумбит, пирохлор). Содержание компонентов: ниобия до 0,3%; циркония до 0,7%; лития до 0,05-0,06%.

Грейзеновые месторождения

Грейзен – старинный термин немецких рудокопов (greisen – по-немецки «расщепление»). Такое название связано с тем, что типичный грейзен состоит из легко расщепляющегося агрегата слюды – мусковита, кварца, местами турмалина, топаза, флюорита и рудных минералов.

Главная масса грейзенов формировалась в апикальных выступах гранитных массивов и алюмосиликатных породах их кровли (песчаники, сланцы, эффузивы и туфы); реже они возникали в основных и карбонатных породах кровли (рис.).

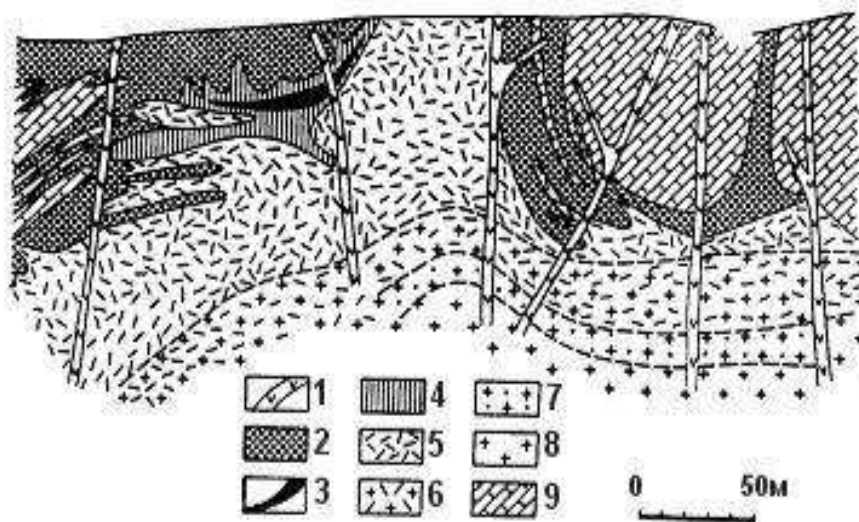


Рис. 23. Схематический поперечный геологический разрез грейзенового месторождения в известняках у контакта с гранитом. 1 – порфитовиды; 2 – слюдисто-флюоритовые грейзены; 3 – диаспор-топаз-флюоритовые грейзены; 4 – топаз-флюоритовые грейзены; 5 – кварц-топазовые грейзены; 6 – сильно грейзенизированные граниты; 7 – умеренно грейзенизированные граниты; 8 – слабо грейзенизированные граниты; 9 – известняки.

Грейзены, возникающие в различных породах, обладают зональным строением и характерным набором фаций (рисунок). В связи с тем, что грейзены располагаются как среди магматических пород, так и в породах кровли, среди них выделяются: эндогрейзены и экзогрейзены.

Грейзеновые месторождения имеют форму: 1) штоков, возникающих при массовом метасоматозе; 2) штокверков, образующихся по густой сети мелких трещин; 3) жил, следующих вдоль разобщенных трещин. Первые формы преобладают среди эндогрейзенов, последние – среди экзогрейзенов.

В грейзенах всех разновидностей сосредоточены ресурсы: 1) олова (касситерит); 2) вольфрама (вольфрамит); 3) лития (лепидолит, циннвальдит); 4) бериллия (берилл, хризоберилл). Известны месторождения простые однометальные и комплексные: оловянно-вольфрамовые, вольфрам-молибденовые, молибден-берилловые (Спокойненское в Забайкалье, Акчатау в Казахстане), касситерит-топаз кварцевый (Этыка в Забайкалье) и комплексный вольфрамит-молибденит-топаз-кварцевый (Восточный

Коунрад (Казахстан) с ниобием, танталом, цирконием, торием, оловом, вольфрамом, молибденом, бериллием, висмутом).

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое альбититы?***
- 2. Что такое грейзены?***
- 3. С какими магматическими породами связано формирование альбитов и грейзенов?***
- 4. Формы рудных тел грейзенов и альбититов.***
- 5. Что такое эндо- и экзогрейзены?***
- 6. Физико-химические условия образования альбитит грейзеновых месторождений.***
- 7. Полезные ископаемые альбититовых месторождений.***
- 8. Полезные ископаемые грейзеновых месторождений.***

Скарновые месторождения

Общая характеристика. Эндо и экзоскарны. Скарновые тела полезных ископаемых. Разновидности скарнов (известковые, магнезиальные, силикатные). Зональное строение скарновых залежей. Физико-химические условия образования скарнов. Генетические гипотезы. Полезные ископаемые скарнов (скарновые месторождения железа, вольфрама и молибдена, меди, цинка и свинца).

Скарнами обычно называют породы известково-силикатного состава, образовавшиеся метасоматическим путем в приконтактной области интрузивов среди карбонатных, реже силикатных пород. Выделяют экзоскарны, располагающиеся за пределами интрузий, и эндоскарны, находящиеся внутри последних. Отмечается большое разнообразие скарновых тел. Преобладают экзоскарны, локализующиеся непосредственно в зоне контакта интрузивов.

Форма залежей скарновых месторождений обычно сложная и разнообразная. Это пласты, линзы, штоки, трубы, жилы, гнезда и сложные

комбинированные залежи. Наиболее крупными являются пластовые и пластообразные скарновые тела, протягивающиеся иногда на 2000-2500 м при мощности до 200 м.

По составу исходных пород скарны разделяются на три типа: известковый, магнезиальный и силикатный.

Известковые скарны наиболее распространены в природе и образуются по известнякам. Их состав: гранаты рядаgrossуляр-андрадит и пироксены ряда диопсид-геденбергит. Иногда широко развиты везувиан, волластонит, скаполит, амфиболы и эпидот.

Магнезиальные скарны более редки. Они возникают при замещении доломитов и состоят из диопсида, форстерита, шпинели, флогопита, серпентинита, людвигита и реже других минералов.

Силикатные скарны относятся к редким образованиям. Они формируются по гранитоидам, порфирам и их туфам, траппам. Для их минерального состава наиболее характерен скаполит.

Для скарнов характерны друзовые, крустификационные, полосчатые, массивные и вкрапленные текстуры.

Скарновым залежам свойственно зональное строение. В общем случае в следующем виде происходит смена минерального состава. Неизмененные граниты по направлению к контакту с вмещающими породами сменяются осветленными, мусковитизированными гранитами. Они в свою очередь, переходят в околоскарновые породы или эндогенные скарны преимущественно гранатового состава. Вслед за этим зона экзоскарнов, которая переходит в гранатые и пироксеновые скарны. С ними соприкасаются мраморизованные известняки, сменяющиеся неизмененными известняками.

Эти образования известны с раннего докембрия и характерны для платформ, мобильных поясов и областей тектоно-матической активизации, где они ассоциируют с плагиогранитами, плагиосиенитами и траппами, производными базальтовой магмы; с гранодиоритами батолитов и

гранитоидами малых интрузий. Скарны могут быть связаны с любыми фазами интрузивного процесса, иногда со всеми.

Геологические структуры скарновых образований определяются: - поверхностью контакта изверженных пород по отношению к слоистости вмещающих толщ. Согласно контакт менее благоприятен. Секущий - благоприятный, морфология тел при этом обычно сложная; -слоистость вмещающих пород обеспечивает выборочное развитие метасоматоза по определенным пластам пород и вдоль их контактов; -секущие тектонические разрывы локализуют скарны, формируя жильные тела, служат каналами, обеспечивающими проникновение скарнообразующих растворов, определяют условия размещения оруденения на поздних стадиях скарнообразования.

Физико-химические условия образования. Скарны образуются в результате комбинированного воздействия тепла интрузий и горячих минерализованных газовой-жидких водных растворов. Они прогревают окружающие породы, приводя к их перекристаллизации без привноса новых веществ.

При становлении любого интрузивного тела вмещающие породы испытывают термальный изохимический метаморфизм. По сланцам образуются контактовые роговики, по песчаникам — кварциты, по известнякам — мраморы. Зоны таких преобразований получают развитие вокруг интрузий при любых глубинах и давлении. С другой стороны наблюдается влияние флюидов, выделяющихся в процессе отвердевания интрузии в её эндо- и экзоконтактах. Глубины скарнообразования оптимальны на интервале 0,2 — 0,5 км.

Температурный диапазон формирования скарнов: известковых от 1000 до 400°C, магнезиальных магматической стадии от 1000 до 650°C, магнезиальных послемагматической стадии от 650 до 450°C.

Процесс образования скарновых месторождений многостадийный. Так, на полиметаллическом скарновом месторождении Верхнее (Приморский

край) минералообразование протекало в четыре стадии: 1) предрудную скарную – волластонит-гранатовую (свыше 600°C), 2) скарно-сульфидную (600-400°C), 3) сфалерито-галенитовую (350-120°C), 4) халцедон-кальцитовую (100-20°C), минералы которых отлагались в виде друз в открытых полостях. Таким образом начальная температура скарнообразования не превышает 900°C, а конечная 100-50 °C.

Происхождение скарнов и скарновых месторождений наиболее детально рассматривается в двух гипотезах — инфильтрационно-диффузионной, разработанной Д. С. Коржинским, и стадийной, предложенной П. П. Пилипенко.

При *инфильтрационном процессе* постмагматические растворы могут привносить с собой компоненты, особенно рудные – Cu, Pb, Zn, W, Mo. Они могут циркулировать по трещинам в экзоконтактах интрузий там откладывать минералы скарнов. Температуры таких растворов могут снижаться от 400 до 200°C и даже ниже.

При *стадийной гипотезе* П. П. Пилипенко считается, что главная масса вещества скарнов и руд привносится извне специфическими растворами. По мере снижения температуры состав привносимых веществ менялся, обуславливая минеральную зональность. Предполагается, что доминировали метасоматические процессы, протекавшие в шесть стадий.

Полезные ископаемые

Главная общепринятая систематика по составу полезных ископаемых: 1) железо (Магнитная гора, Уральский хребет); 2) вольфрам (провинции шеелитовых руд в скарнах - Среднеазиатская (Чарух-Дайрон), Хакасская и Южно-Уральская), 3) медь (Турьинские рудники на Урале, Чатыркум в Казахстане, Юлия в Восточном Саяне), 4) свинец-цинк (встречаются довольно часто - группа Тетюхе (мест. Верхнее) на Дальнем Востоке, Алтын-Топкан и Кансай в Средней Азии, Ютта, Нью-Мексико, Калифорния в США и другие), 5) молибден (встречаются редко, локализуются в контактовых

зонах умеренно-кислых гранитов - Тырны-Ауз (Кавказ), 6) олово, 7) бор и другие.

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое скарны?***
- 2. Что такое эндо- и экзоскарны?***
- 3. Какую форму рудных тел имеют скарновые месторождения?***
- 4. Как разделяются скарны по составу исходных пород?***
- 5. При каких температурах и давлениях образуются скарны?***

Колчеданные месторождения

Общая характеристика. Геодинамические условия формирования. Рудные тела. Геологический возраст. Глубина, температура и давление образования колчеданных месторождений. Этапы рудообразования. Кипрский тип серноколчеданных месторождений. Уральский тип медноколчеданных месторождений. Тип Кууроко (рудноалтайский) колчеданно-полиметаллических месторождений.

К колчеданным относятся месторождения, руды которых сложены преимущественно сульфидами железа, с редким преобладанием пирита, пирротина, марказита, с которыми ассоциируют халькопирит, борнит, сфалерит, блеклые руды. Нерудные минералы развиты слабо и представлены обычно баритом, кварцем, кальцитом, серицитом, хлоритом, гипсом.

Изменения боковых пород, вмещающих колчеданные залежи, проявляются чаще всего в хлоритизации, серицитизации, окварцевании и пиритизации.

Колчеданные месторождения ассоциируют с базальт-риолитовыми или и вулканогенными формациями ранней стадии геологического развития эвгеосинклиналей, возникают при метаморфизме, на месте геосинклинальных трогов, выполненных плутоническими и вулканическими производными базальтоидной магмы, а также их пирокластами, перемежающимися с прослоями терригенных осадков. В пределах этих поясов

колчеданные месторождения вытягиваются прерывистыми цепями, длина которых достигает нескольких тысяч километров.

Рудные тела колчеданных месторождений имеют сложную конфигурацию. В них различают согласную с вмещающими породами пластообразную часть и систему секущих прожилково-вкрапленных руд. Типичные формы рудных тел – линзы, жило - и пластообразные залежи и штоки, вкрапленные и прожилковые зоны. По текстурным особенностям различают массивные, слоистые и прожилково-вкрапленные руды.

Колчеданные залежи сопровождаются ореолами измененных вмещающих вулканогенных пород, превращенных в пиритизированные кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые и другие метасоматиты.

Рудокласты – обломки и катуны колчеданной руды в вулканогенно-осадочных отложениях.

Колчеданные руды служат сырьем для добычи серной кислоты, меди и цинка с попутным получением барита, золота, серебра и других металлов. Термин «колчеданы» введен русскими геологами. На английском языке они называются «Cupryferous pyritic deposits» (медно-железистые пиритистые отложения).

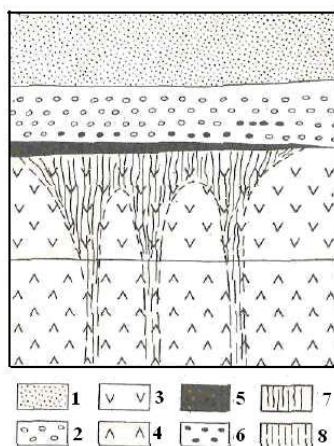


Рис. Общая схема строения колчеданного месторождения. Туфы и конгломераты: 1-кислого состава, 2-среднего состава, эффузивы: 3-кислого состава, 4-среднего и основного состава, 5-массивная колчеданная руда, 6-горизонты рудокластов, 7-прожилково-вкрапленная руда среди гидротермально измененных пород, 8- зоны смятия и дробления

Все колчеданные месторождения рассматриваются как продукты восходящих минерализованных газогидротермальных потоков, генерированных глубинными вулканическими очагами. Часть рудного вещества этих потоков отлагается на путях их подъема, фильтруясь сквозь вулканические породы и формируя вулканогенные гидротермально-метасоматические залежи прожилково-вкрапленных руд. Другая часть достигает дна геосинклинального бассейна и выпадает, образуя вулканические гидротермально-осадочные пластовые залежи массивных руд.

Геологический возраст. В архейском цикле образованы месторождения Канады, США, Австралии, Карелии. В протерозойское время возникли колчеданы Прибайкалья, Полярного Урала, Индии, ЮАР. Каледонские колчеданы характерны Бурятии, Западных Саян, Канады, Бирмы. Герцинские колчеданные месторождения очень распространены Урал, Рудный Алтай, Казахстан, Испания и т.д. Киммерийские колчеданы известны на Кавказе, в Якутии. Японии. Альпийская металлогения - Турция, Греция, Франция, Куба и т.д.

Глубина, температура и давление образования колчеданных месторождений. Колчеданные месторождения формируются в начальную стадию геосинклинального цикла связи с базальтоидным вулканизмом. Большая часть полученных данных говорит о том, что колчеданные месторождения формировались в придонных частях палеоморей. При этом вулканогенно-осадочные пластовые залежи массивной руды отлагались при сравнительно низком давлении, а колонна подстилающих их прожилково-вкрапленных руд, уходящая до глубины свыше 1000 м, формировались в обстановке высокого давления. В первом случае давление определяется столбом морской воды, которое при глубине в 500 м составляло 5 МПа, а при максимальной глубине 10 000 м могло достигать 100 МПа.

Температуры образования колчеданных месторождений с учетом всех тонкостей – от переработки боковых пород до выпадения последних порций

рудобразующих минералов - находится в широком интервале от 500 до 40 °С.

Этапы рудообразования. В общей истории колчеданного рудообразования достаточно отчетливо намечаются три этапа.

Первый (предрудный) этап обусловлен высокотемпературными кислыми газовыми растворами, приводящими к интенсивной перегруппировке минеральной массы вулканогенных пород, без заметного привноса вещества. В этих условиях возникают метасоматически измененные породы.

Второй (колчеданный) этап постепенно сменяет первый. В этот этап происходит накопление основной массы сульфидов железа из гидротермальных растворов, циркулирующих вдоль трещин в измененных кварц-серицитовых породах.

Третий (рудный) этап отмечается лишь на некоторых колчеданных месторождениях. В отличие от первых слитных этапов, он отделяется длительным перерывом, во время которого минеральные массы ранних этапов могут претерпеть некоторый метаморфизм, тектонические деформации и внедрение даек изверженных пород.

Типы колчеданных месторождений. По составу руд, связям с различными вулканическими формациями, геодинамическим обстановкам колчеданные месторождения могут быть представлены следующими основными типами: серноколчеданным (кипрский тип), медно-колчеданным (уральский тип), колчеданно-полиметаллическим (алтайский тип или тип Куроко).

Серноколчеданные месторождения (кипрский тип). Образуются в спрединговых обстановках, связаны с базальтоидным вулканизмом, сложены пиритовыми рудами с небольшой примесью кварца. Месторождения этого типа известны на Кипре, Урале (Карабашское), Австралия (Броккен-Хилл), в Испании, Японии. Пирит служит источником для получения серной кислоты.

Медно-колчеданные (уральский тип), месторождения связаны с риолит-базальтовыми формациями и образуются в субдукционных обстановках. Руды представлены преобладающими сульфидами железа (пиритом, марказитом) и халькопиритом; второстепенные рудные минералы – сфалерит, пирротин, блеклые руды, галенит и др. Этот тип месторождений широко распространен и детально исследован в герцинских комплексах Урала (Сибай, Гай, Учалы, Блявинское).

Колчеданно-полиметаллические месторождения связаны с риолит-андезит-базальтовыми вулканогенными формациями. Главными рудными минералами являются пирит, сфалерит, галенит, реже халькопирит, среди жильных минералов преобладают кварц, барит. Месторождения данного типа развиты на Рудном Алтае (Риддер-Сокольное, Зыряновское, Тишинское), в Прибайкалье (Холодненское), Забайкалье (Озерное), в Казахстане (Жайрем, Текели).

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Какие месторождения относятся к колчеданным?***
- 2. Какую форму имеют рудные тела колчеданных месторождений?***
- 3. Что такое рудокласты?***
- 4. На каких глубинах происходит образование колчеданных месторождений?***
- 5. Какие температуры и давления характерны для колчеданных месторождений?***

Гидротермальные месторождения

Общие сведения. Геологический возраст гидротермальных месторождений. Связь с магматическими формациями. Зональность гидротермальных месторождений. Гидротермальные изменения пород, вмещающие оруденение. Ореолы рассеяния. Глубина, температура и давление образования гидротермальных месторождений. Источники воды гидротермальных систем. Источники минерального вещества гидротермальных систем. Формы переноса минеральных соединений.

Метасоматоз. Классификации гидротермальных месторождений (температурная, генетическая). Плутоногенно-гидротермальные месторождения. Вулканогенно-гидротермальные месторождения. Амагматогенные месторождения.

Термин гидротермальные месторождения впервые применил французский геолог Л.Де Лоне в 1897 году. Гидротермальные месторождения создаются циркулирующими в земной коре горячими минерализованными газово-жидкими растворами. Скопление полезных ископаемых при этом возникает как вследствие отложения минеральных масс в пустотах горных пород, так и в связи с замещением последних. Поэтому форма рудных тел зависит с одной стороны от морфологии рудовмещающих полостей, а с другой – от очертаний замещаемых пород. Наиболее типичны для гидротермальных месторождений различные жилы. Среди них также часты штоки, гнезда, штокверки, линзы, пластообразные залежи и сложные комбинированные тела.

Тела полезных ископаемых гидротермального генезиса обычно размещаются среди пород, подвергшихся гидротермальному изменению в процессе рудообразования. Кроме того, они, как правило, окаймляются ореолами рассеянной минерализации. Размеры тел полезных ископаемых гидротермального происхождения изменяются в очень широких пределах: от нескольких метров до нескольких километров. На Березовском месторождении золота – это жилы, длиной 2-3 м, встречаются отдельные жильные тела, а Материнская жила в Калифорния протягивается на 200 км.

Доказательством формирования полезных ископаемых из гидротерм являются многочисленные исследования современных минеральных источников. Горячие воды (80-96°C) Узун-Гейской системы на Камчатке за 100 лет вынесли (в тыс. тонн): мышьяка – 26, сурьмы – 5, ртути -2,5, цинка – 2, свинца и меди по 2,5. Фумаролы «Долины тысячи дымов» на Аляске ежегодно выделяют свыше миллиона тонн соляной и около 200 тыс. т плавиковой кислоты. Горячие воды глубокой скважины Южной Калифорнии

представлены высококонцентрированным (36%) гидротермальным раствором, с хлоридами щелочей, 2 г/т серебра, 15 г/т меди, 100 г/т свинца, 700 г/т цинка.

Гидротермальные месторождения имеют огромное значение для добычи многих важнейших полезных ископаемых, особенно для получения цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов, подавляющая часть меди, свинца, цинка, сурьмы, молибдена, ртути, серебра, кадмия и лития, а также значительная доля золота, кобальта, урана, олова и вольфрама. Такой же генезис имеет преобладающее количество месторождений нерудного сырья: хризотил-асбеста, магнезита, флюорита, барита, а также горного хрусталя, кальцита, флогопита, графита.

Геологический возраст. Гидротермальные месторождения формировались на всем протяжении длительного развития земной коры начиная с 2,5 млрд. лет до наших дней. В протерозойскую и рифейскую эпохи доминировали интрузии базальтового состава и крупные батолиты кислых пород – наиболее благоприятные для гидротермальных процессов металлических руд. В калейдонскую эпоху образуются гидротермальные месторождения золота. Герцинская эпоха – расцвет гидротермальной деятельности, которая продолжилась в киммерийскую и альпийскую эпохи.

Геологические структуры. Структурные элементы гидротермальных рудных полей и месторождений (рис.):



Рис. Связь с магматическими формациями. 1. рудоподводящие структуры, которые рассматриваются в виде каналов, определяющих

места поступления рудоносных расплавов и растворов из глубинных частей в пределы рудного поля. Чаще всего это крупные разломы. 2.рудораспределяющие структуры, по которым рудоносные растворы отводятся от рудоподводящих каналов на участки рудоотложения. Это обычно разрывы или водопроницаемые пласты, пересекаемые рудоподводящим каналом. 3.рудораспределяющие структуры, локализирующие рудные тела и определяющие форму, размер и особенности внутреннего строения.

Гидротермальные месторождения могут образовываться в различных геодинамических обстановках, но преимущественно – в зонах орогенеза и при тектоно-магматической активизации континентов. Поэтому наиболее типична связь гидротермальных процессов с гранитоидным магматизмом в разных его проявлениях. Месторождения могут пространственно и генетически связаны интрузиями (штоками, дайками) гранитов, гранодиоритов, диоритов, а также с вулканическими андезитодацитами, риолитами, реже они находятся в ассоциациях с формациями щелочных и трапловых пород. Но в связи с перидотитовой и габбровой формациями гидротермальные месторождения практически не образуются. Это объясняется разной насыщенностью водой (растворимостью воды) в магмах основного, ультраосновного и кислого состава.

Среди признаков связи между гидротермальными месторождениями и комплексами изверженных пород первоочередными являются следующие: - одновременность образования; -приуроченность к одним и тем же геологическим структурам; -одинаковая степень метаморфизма; -ассоциация определенных по составу изверженных пород и месторождений; -закономерности размещения гидротермальных месторождений по отношению к массивам изверженных пород; -геохимическое родство.

Формы связи гидротермальных месторождений и изверженных пород могут быть: -непосредственные (собственно генетические) или материнские, при которых месторождения располагаются в центре или по периферии магматических массивов, а растворы, из которых они формируются являются постмагматическими; -парагенетические, косвенные

или братские, при которых постмагматические минеральные месторождения, часто разобщающиеся от интрузивной массы, особенно на глубине, являются производными породившего их общего глубинного магматического очага; - агенетические, случайные, объединяющие на одной площади генетически не связанные интрузивы и гидротермальные месторождения, особенно принадлежащие разным геологическим эпохам; -отсутствие видимых связей.

Первичная зональность гидротермальных месторождений отличалась и изучалась геологами очень давно (Де Лоне в 1900 году, Д.Коллинс в 1902; Ж.Уоллер в 1904 году). Большую популярность в начале 20-х годов прошлого столетия приобрела гипотеза В. Эммонса «О вертикальной зональности металлоносных жил». Он полагал, что «восходящие из магматического очага горячие растворы, насыщенные в высокой степени минеральными веществами, отлагают минералы в порядке, обратном их растворимости, входя в более холодные области». Эммонс выделил 16 зон с низкотемпературными наверху и высокотемпературными на глубине.

В 1937 году для объяснения зональности С.В. Смирнов выдвинул пульсационную гипотезу, согласно которой рудоносные погоны периодически импульсами отделяются от магматических расплавов по мере их остывания. Состав металлов в этих погонах изменяется в процессе остывания и кристаллизации магмы, что приводит к последовательному формированию месторождений различного состава из растворов, циркулирующих каждый раз по новым путям, смещающимся в сторону от предыдущих.

Порядок экзогенной зональности определяется масштабами ее проявления: 1. региональная зональность или зональность рудных поясов; 2. промежуточная зональность или зональность рудных узлов; 3. локальная зональность или зональность рудных тел.

Генетические типы зональности рудных тел:

1. зональность первого рода или стадийная – обуславливается последовательным отщеплением от родоначальных магматических очагов

растворов меняющегося состава и последовательным отложением руд разного состава.

2. зональность второго рода или фациальная – связана с изменением геологических и физико-химических условий циркуляции растворов на пути движения, приводящих к отложению минеральных комплексов.

Изменение вмещающих пород. В процессе взаимодействия гидротермальных растворов с породами, вмещающими рудные тела, происходит их метасоматическое преобразование. По главному химическому элементу, вытесняющему другие породообразующие элементы, различают несколько видов околорудного метасоматоза.

Калиевый метасоматоз по мере снижения температуры процесса проявляется в виде калиевой полевошпатизации, мусковитизации, серицитизации и каолинизации. При калиевой полевошпатизации образуются ореолы ортоклаза или микроклина. Мусковит замещает темноцветные минералы, отчасти полевые шпаты. Серицитизация обычна для кислых и средних пород и связана с замещениями плагиоклаза. Каолинизация (аргиллизация) приводит к развитию в гидротермально измененных породах каолина, диккита, накрита.

Натриевый метасоматоз приводит к замещению калиевых полевых шпатов натровыми или кислыми плагиоклазами типа альбита, что обычно для кислых пород.

Кремниевый метасоматоз может развиваться по породам любого состава. Окварцевание по сланцам приводит к образованию роговиков, по кислым и средним изверженным породам формируются вторичные кварциты, по карбонатным породам – джаспероиды.

Магнийевый метасоматоз приводит к преобразованию известняков и мраморов в доломиты.

Железо-магнийевый метасоматоз – хлоритизация по породам различного состава (за исключением чистых кварцевых и карбонатных пород).

Кальцевый метасоматоз проявляется в виде пропилитизации и листвинитизации. Пропилиты развиваются среди средних и основных пород особенно эффузивных. В их состав входят карбонаты (анкерит, кальцит), альбит, хлорит, эпидот, серицит, соссюрит. Листвинитизация наиболее отчетливо проявляется среди серпентинитов, ультраосновных и основных пород. Листвиниты формируются под воздействием углекислых сероводородсодержащих гидротермальных растворов, при выносе из материнских пород щелочей. В процессе листвинитизации темноцветы и полевые шпаты замещаются магнезиально-железистыми карбонатами, серицитом, пиритом. Листвинитизация сопровождает золотое, золото-мышьяковое, ртутно-сурьменное и никель-кобальтовое оруденение.

Березитизация впервые была подмечена на Березовском золоторудном месторождении близ г. Свердловска и определена А.И. Карпинским как результат гидротермального изменения кислых гипабиссальных пород: гранит-порфиров. Сущность процесса заключается в разложении полевых шпатов, образовании за счет их серицита и кварца с одновременной пиритизацией породы. Березиты – кварц-серицитовые породы с примесью пирита и анкерита, в менее измененных породах присутствуют реликты альбита или ортоклаза (микроклина). Отличительная особенность березитов – присутствие довольно крупных кристаллов мусковита, фенгита, идиоморфных кристаллов нефрита, диабластовые структуры (под микроскопом).

Ореолы рассеяния. Вокруг рудных тел вмещающие их породы обычно содержат повышенное против нормального количество тех металлов, которые входят в состав руд. Площади с таким повышенным содержанием металлов, окаймляющие рудные тела, называются ореолами рассеяния. Они бывают первичные и вторичные.

Первичные ореолы рассеяния образуются при формировании месторождений и представляют собой обычно тонкую рассеянную вкрапленность или мелкие прожилки, не всегда устанавливаемые визуально.

Форма первичных ореолов, также как морфология зон гидротермально измененных пород, имеет вид чехла, облегающего рудные тела. Ореолы больше вытянуты вверх над рудными телами, чем в сторону от них. Они сопровождаются апофизами вдоль структур, благоприятных для оттока гидротермальных растворов (трещиноватости, разломов, зон дробления).

Вторичные ореолы рассеяния образуются при окислении и разрушении верхних частей рудных тел в приповерхностных зонах в связи с разносом рудных минералов по площади.

Физико-химические условия образования. Гидротермальные месторождения, как указывалось выше, формируются из горячих газовых и жидких растворов. Большинство исследователей считает, что растворителем является вода с растворенными в ней минеральными солями и газами. Рудообразующие растворы могут принадлежать к взвесям, коллоидам и молекулярным растворам.

Температура образования начального гидротермального рудообразования близка к $700-600^{\circ}\text{C}$ и постепенно понижаясь, опускается до $50-25^{\circ}\text{C}$. Наиболее обильное гидротермальное рудообразование происходит в интервале $400-100^{\circ}\text{C}$. Давление при образовании гидротермальных месторождений обычно в известной степени соответствует глубине формирования гидротермальных месторождений.

Источники воды гидротермальных систем. Магматическая вода (или ювенильная) отделяется от магматических расплавов в процессе их остывания и преобразования в изверженную породу. По данным разных авторов кислые магмы содержат не менее 2% и до 10% воды, основные – не менее 1 % и до 5-6%. Если принять за среднее содержание воды в магматическом расплаве 8 %, а удерживающуюся воду при кристаллизации глубинных пород в количестве 1 %, то 7 % воды, высвобождающейся при кристаллизации расплава составят около $0,2 \text{ км}^3$ от каждого кубического километра расплава.

Метаморфическая вода формируется в результате прогрессивного метаморфизма горных пород под действием возрастающих температур и давлений. В свежих слабометаморфизованных породах может находиться около 30% (от массы пород) воды различных форм: поровой, пленочной, капиллярной, интерминеральной, конституционной. При различных степенях метаморфизма происходит высвобождение различных форм этой воды. Согласно Г.Войткевичу и Г.Лебедько, свежий осадок может содержать до 60% воды, в зоне диагенеза и катагенеза сохраняется 30-20 %, в породах зеленосланцевой фации около 4 %, в породах амфиболовой фации 2-1 %, а гранулитовой – около 0,5%. Если принять плотность глинистых пород 2,5 г/см³ и потерю воды 9%, то при метаморфизме 1 км³ осадков высвободится около 200 млн. т воды.

Захороненная вода находится в пористом пространстве древних осадков, погруженных вместе с осадками на глубину и слагающих различные формации осадочных пород. Первоначально количество такой воды может достигать первых десятков процентов от массы породы. Под воздействием тектонических, магматических процессов (тектонический стресс, внедрение магматических масс) захороненная вода может высвобождаться, нагреваться, приходить в движение, участвовать в формировании гидротермальных систем.

Атмосферная вода при соответствующих гидрогеологических условиях может проникать в глубинные части земной коры, нагреваться, минерализоваться и приобретать свойства гидротермальных растворов.

Морская вода также может быть вовлечена в гидротермальный процесс в тех случаях, когда в придонные части моря или океана внедряются магматические массы, создающие местные очаги разогрева. Происходит засасывание морских вод на глубину и вовлечение их в систему гидротермальной циркуляции.

Источники минерального вещества при формировании гидротермальных систем можно разделить на три главных группы:

1. ювенильный магматический источник является производным первичной подкоровой базальтоидной магмы отделяющийся от нее при подъеме и остывании в верхних зонах земной коры. Таковы источники железа, марганца, титана, ванадия, хрома, никеля, меди, платины;

2. ассимиляционный магматический связан с гранитоидной магмой, возникающей при переправлении нижней части осадочной оболочки земли и ассимилирующей все ее элементы;

3. фильтрационный внемагматический обусловлен заимствованием рудообразующих веществ из боковых пород на путях циркуляции гидротермальных растворов.

Формы переноса минеральных соединений в гидротермальных растворах: в истинных растворах, в коллоидных растворах, в легкорастворимых соединениях ионных растворов, в легкорастворимых соединениях комплексных растворов.

Метасоматоз. Минеральное вещество гидротермальных месторождений накапливается в процессе выполнения открытых полостей и замещения боковых пород, или метасоматоза.

Метасоматоз – это замещение горной породы с изменением ее минерального и химического состава, при котором растворение старых и образование новых минералов происходит близко одновременно, так что замещаемая порода все время сохраняет твердое состояние.

Инtrarудный метасоматоз- обусловлен тем, что продукты последующих стадий гидротермального рудообразования избирательно замещают минеральное вещество предшествующих стадий, вынося его и переотлагая в других частях рудных тел.

Избирательный метасоматоз – проявляется в концентрации руд метасоматического происхождения в строго определенных пластах пород или на их контактах.

Классификация гидротермальных месторождений. Существует целый ряд различных классификаций, в основу которых положены

морфологические, генетические, физико-химические условия формирования гидротермальных месторождений. В начале нашего века были сформулированы первые генетические классификации гидротермальных месторождений. По температуре процесса и глубине образования гидротермальные месторождения впервые предложил подразделять в 1907 году американский геолог В. Линдгрэн. Он выделял три класса месторождений: 1) гипотермальный, формирующийся на большой глубине, при очень большом давлении и высокой температуре (500-300°); 2) мезотермальный – средняя глубина, большое давление и средняя температура (300-200°); 3) эпитептермальный – небольшая глубина, умеренное давление, сравнительно низкая температура (200-50°).

Классификация В.И.Смирнова основывается на следующих принципах: 1) распределение месторождений минеральному составу руд, минеральным парагенезисам рудным и нерудным; 2) сходный генезис, выражающийся в приуроченности к той или иной стадии цикла геологического развития, приуроченности к той или иной тектонической зоне складчатых областей; 3) физико-химических условиях формирования.

Исходя из этих признаков в группе гидротермальных месторождений выделяются три класса: плутоногенный, вулканогенный и амагматогенный (телетермальный).

Плутоногенные гидротермальные месторождения. Гидротермальные месторождения этого класса связаны с кислыми, умеренно кислыми и умеренно щелочными гипабиссальными изверженными породами, в основном поздней стадии геосинклинального периода, а также активизированных платформ. Этот класс объединяет разнообразные по составу и широко распространенные среднетемпературные, реже высоко- и низкотемпературные месторождения с характерными парагенезисами: кварцевым, сульфидным или карбонатным, реже встречаются баритовые, флюоритовые и окисно-железистые месторождения. Парагенезисы отвечают доминирующему минералу в составе руд.

Образование руд в этом классе всегда сопровождается отчетливым изменением боковых пород: особенно характерна серицитизация, реже хлоритизация, окварцевание, лиственитизация, серпентинизация, флюоритизация, пиритизация, гематитизация.

Для руд плутогенного класса наиболее типичны кристаллически-зернистые структуры от идиоморфных до авеотриоморфных, а также порфировидные, пластинчатые, зональные, решетчатые, сетчатые.

Формы рудных тел изометрические плоские и трубообразные. Размеры тел колеблются от нескольких метров до десятков километров по протяженности. Типичны месторождения с большим количеством рудных тел.

Формирование плутогенных месторождений происходило на глубине от 1 до 5 км, при преобладающих температурах 400-300°.

Среди образований кварцевого подкласса наибольшее значение имеют месторождения золота, молибдена, меди, отчасти вольфрама, а из неметаллических ископаемых – барита и горного хрусталя (пъезокварца). Наиболее типична для них жильная форма.

Образования сульфидного парагенезиса включают в качестве характерных следующие месторождения: 1) галенит-сфалерит-халькопирит-пиритовые (Садон на Кавказе); 2) галенит-сфалерит-пирит-баритовые (Салаир).

Среди образований сульфидного подкласса наибольшее значение имеют месторождения свинца, цинка, серебра, мышьяка, молибдена, меди, висмута, кобальта, никеля, олова, вольфрама, сурьмы, а из нерудных – барита.

Образования карбонатного парагенезиса включают месторождения: 1) сидеритовые (Бакал на Урале); 2) родохрозитовые (Бьют в США); 3) магнезитовые (Сатка на Урале) (рис.); 4) кальцит-тремолит-тальковые.

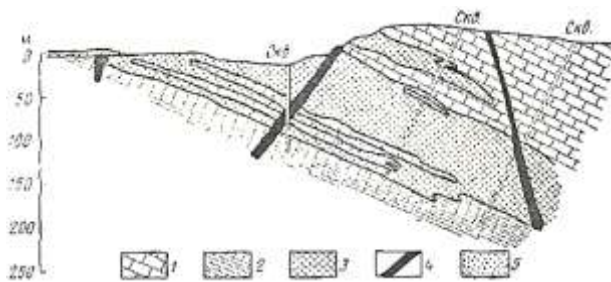


Рис. Геологический разрез Саткинского месторождения магнезита (по П. Татаринову). 1. –известняки; 2.-доломиты; 3.-магнезит; 4.-дайки диабазов; 5.-современные отложения.

Вулканогенные гидротермальные месторождения. Гидротермальные месторождения этого класса связаны, главным образом, с наземным, преимущественно андезит-дацитовым, вулканизмом поздней стадии геосинклинального развития, а также с щелочными и трапповыми магматическими формациями активизированных платформ. Среди них наиболее характерны месторождения, приуроченные к жерлам вулканов и их периферии. Им свойственны конические, кольцевые, трубчатые, радиально-трещинные структуры. Также известны месторождения, контролируемые разломами в лавовых и пирокластических породах. Рудные тела чаще всего имеют форму жил, труб, штокверков, обычно они невелики по размерам, быстро выклиниваются с глубиной, но сложены, как правило, очень богатыми рудами.

К вулканогенным месторождениям принадлежат следующие типы парагенезисов:

- магнетитовые месторождения, связанные с траппами и приуроченные к штокам габброидов и вулканическим трубкам взрыва; они залегают среди карбонатных и песчано-сланцевых пород, скарнированных траппов, образуют жилы, штоки, штокверковые зоны (Коршуновское, в Восточной Сибири);

- золото-серебряные месторождения, ассоциирующие с субвулканическими интрузивами кварцевых порфиров, размещающиеся среди андезит-дацитовых пород и представляющих собой пучки жил,

прорезающих вулканические жерла (Балей в Забайкалье, Крипл-Крик, США (рис.));

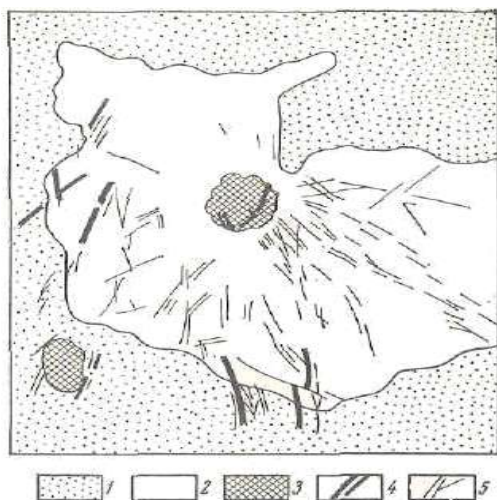


Рис. Схема геологического строения месторождения Крипл-Крик (по Линдгрону) в плане

1.-древние граниты; 2.-лавовый покров ;3.- жерла вулканов; 4.-дайки; 5.-рудные жилы

- киноварные (ртутные) месторождения, пространственно и генетически связанные с четвертичным вулканизмом кислого и среднего состава; их размещение контролируется сопряжением разломов, (Пламенное на Чукотке, Боркут в Закарпатье);
- Самородной меди в ассоциации с хлоритом, эпидотом, цоизитом, серицитом, кварцем, датолитом, анальдимом среди фельзитовых агломератов, переслаивающихся с базальтовыми потоками (месторождения в Японии, Чили, Перу).

Для вулканогенных месторождений очень характерно специфическое гидротермальное изменение вмещающих эффузивных пород, проявляющиеся в окварцевании, пропилитизации, алунитизации, каолинизации, свидетельствующих о кислом характере рудообразующих растворов. Эти месторождения формировались в приверхностной зоне, на глубинах от нескольких десятков-сотен метров до 1 километра, в условиях резкого спада температур и давления при резко возрастающем воздействии кислородного потенциала.

Амагматогенные месторождения. Месторождения этого класса достаточно отчетливо выделяются по следующим признакам: 1) они находятся на площадях развития осадочных формаций, где отсутствуют активные изверженные породы; 2) для них типична пластовая форма рудных тел; 3) рудные тела занимают строго стратиграфическую позицию в мощной толще осадочных пород; 4) им не свойственен отчетливый контроль оруденения по разломам; 5) руды обладают простым минеральным составом.

Эти месторождения формировались в заключительную стадию геологического развития геосинклиналей всех типов, при переходе к платформенному режиму.

Генезис амагматогенных месторождений до сих пор является дискуссионным вопросом. Значительная часть геологов склонна рассматривать их как первично-осадочные сингенетичные месторождения, претерпевшие последующие изменения; другая, большая часть исследователей, считает их эпигенетическими гидротермальными образованиями, связанными с залегающими на глубине изверженными породами.

По гидротермальной гипотезе формирования телетермальных месторождений оно происходило на глубинах от нескольких сотен метров до первых километров, начальная температура достигала 250-200° (по данным изучения газовой-жидких включений).

К телетермальным месторождениям относят: 1) борнит-халькопиритовые месторождения меди в «медистых песчаниках» (Джезказган в Казахстане; 2) полиметаллические в карбонатных формациях (Миргалимсай в Казахстане); 3) антимонитовые и киноварные месторождения сурьмы и ртути (Хайдаркан в Средней Азии, Никитовка в Донбассе, Альмадеи в Испании); 4) флюоритовые месторождения (Аледерма на Полярном Урале); 5) реальгар-аурипигментовые месторождения (Лухуми в Закавказье).

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. *Что такое гидротермы?*
2. *Назовите геологические структуры рудных полей и месторождений гидротермального генезиса.*
3. *Какую форму имеют рудные тела гидротермального происхождения?*
4. *На каких глубинах образуются гидротермальные месторождения?*
5. *Какие существуют генетические формы связи гидротермальных месторождений с изверженными горными породами?*
6. *Эндогенная зональность гидротермальных месторождений.*
7. *Что такое первичные и вторичные ореолы рассеяния?*
8. *Какие температуры и давления характерны для гидротермального процесса?*
9. *Назовите источники воды гидротермальных систем.*
10. *Что является источником минерального вещества гидротермальных систем?*
11. *Что такое метасоматоз?*
12. *Чем отличается интратермальный и избирательный метасоматоз?*
13. *Температурная классификация гидротермальных месторождений.*
14. *Генетическая классификация гидротермальных месторождений.*
15. *Как образуются плутоногенно-гидротермальные месторождения?*
16. *Как образуются вулканогенно-гидротермальные месторождения?*
17. *Какие температуры характерны для вулканогенно-гидротермальных месторождений?*
18. *Какие месторождения принято относить к «амагматогенным»?*
19. *Привести пример стратиформных месторождений.*

Экзогенная серия

Месторождения выветривания

Общая характеристика. Агенты выветривания. Профили выветривания. Предпосылки для образования месторождений выветривания. Морфологические типы месторождений (площадной,

линейный, карстовый). Остаточные месторождения. Инфильтрационные месторождения. Кора выветривания месторождений полезных ископаемых.

В данную группу отнесены месторождения, образование которых непосредственно связано с процессами выветривания. Они включают месторождения бокситов (95% мировых запасов), железа, марганца, никеля, редких металлов, золота, каолина, апатита, магнезита, талька, барита, цеолитов, монтмориллонита, камнесамоцветного сырья.

Кора выветривания – это самостоятельная континентальная геологическая формация, возникающая под воздействием атмосферных и биогенных агентов на коренные породы, выведенные на дневную поверхность, и представленная продуктами механического, химического и биохимического разрушения этих пород. Кора выветривания служит мощным источником минеральной массы для всех экзогенных месторождений.

Месторождения выветривания приурочены к корам выветривания (хемогенному элювию) и представляют собой гипсометрически несмещенные продукты глубокого химического преобразования пород в зоне гипергенеза.

Процессы выветривания протекают в самой верхней части литосферы, при атмосферном давлении и небольших колебаниях температур.

Кора выветривания является мощным источником минеральной массы идущей на образование экзогенных групп месторождений полезных ископаемых. С выветриванием связано возникновение россыпей. Кора выветривания выступает в роли поставщика материалов, сносимых с континентов при образовании многих осадочных, прибрежных, озерных и морских месторождений.

Формирование месторождений выветривания обусловлено перегруппировкой минеральной массы глубинных пород, химически неустойчивых в термодинамических условиях приповерхностной части земной коры. Кора выветривания распространяется вглубь Земли до уровня

грунтовых вод (обычно 20 – 100 м от поверхности и редко до 200 м). Для образования месторождений, связанных с химическим выветриванием необходимо сочетание целого ряда факторов – климата, рельефа, состава пород субстрата, уровень грунтовых вод, тектонические процессы, а также действия необходимых агентов выветривания.

Агенты выветривания. К основным агентам выветривания относятся вода, кислород, углекислота, микроорганизмы, аминокислоты, колебания температуры.

Вода является наиболее действенным агентом выветривания. Она осуществляет растворение, перенос, и отложение природных химических соединений в коре выветривания. Главным источником воды в коре выветривания являются атмосферные осадки просачивающиеся в глубь земли.

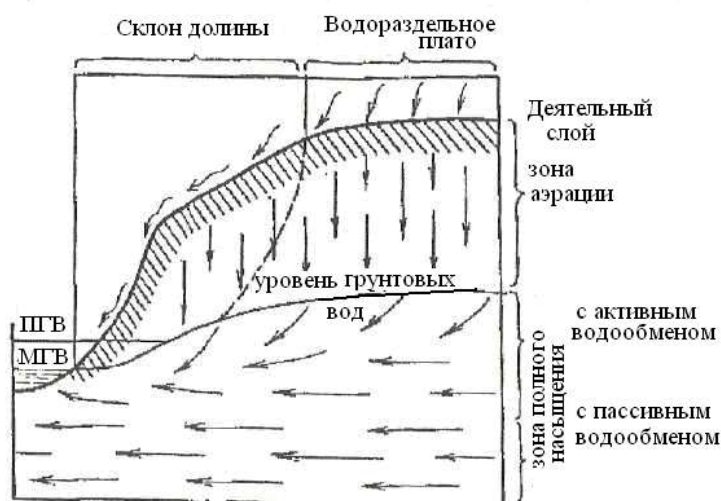


Рис. Схема циркуляции подземных вод при благоприятных условиях инфильтрации осадков (по В. Смирнову)

Горизонты речной воды: ПГВ - паводковый, МГВ - меженный

Наиболее активные реакции разложения горных пород с участием подземных вод происходит в зоне аэрации выше уровня грунтовых вод.

Кислород и углекислота играют важную роль в процессах окисления. Кислоты неорганического и органического состава учувствуют в процессе разложения горных пород, придавая определенную химическую

направленность. Живые организмы, главным образом бактерии и растения, принимают участие в преобразовании гонных пород у поверхности земли. Температура колеблется в узких рамках (от + 20 до -20 С⁰). Изменение температуры меняет растворимость газов в воде и в связи с этим изменяет темп реакции по разложению породообразующих минералов.

При разложении коренных пород в коре выветривания важную роль играют реакции окисления, гидратации, гидролиза и частично, диализа. Химическое выветривание чаще всего начинается с окисления. Окисление происходит по-разному в различных геологических обстановках и климатических условиях. Обычно этому процессу подвержены соединения железа, магния, никеля, кобальта, т. е. металлов, сравнительно легко вступающих во взаимодействие с кислородом. В то же время алюмосиликаты и силикаты (наиболее развитые породообразующие минералы) при воздействии на них поверхностных растворов, богатых кислородом, разлагаются. При этом слагающие их компоненты - щелочные металлы и даже кремнезем переходят в раствор. При разложении легче удаляются неметаллические элементы, тогда как металлы часто накапливаются в коре. К энергично выносимым относятся хлор, бром и сера, к легко выносимым – кальций, натрий, калий и фтор, к подвижным кремнезем фосфор, марганец, кобальт, никель и медь, а к инертным – железо, алюминий и титан.

Профили выветривания. В результате разложения коренных пород и избирательной миграции элементов возникает кора выветривания разного состава (или разного профиля выветривания) с характерными полезными ископаемыми. Профиль выветривания определяется, прежде всего, по степени разложения породообразующих силикатов, выражаемой соотношением кремния и алюминия в её минеральной массе. Различают следующие профили выветривания:

1. *гидрослюдистый* с элювиальными россыпями, характеризуется изменением силикатов в реакциях гидратации и гидролиза без существенного выноса кремнезема. Типоморфные минералы – гидрослюда, гидрохлорит,

бейделлит, монтмориллонит. Для полезных ископаемых этот тип малосущественен. Иногда с ним связывают золотоносные коры выветривания.

2. *каолин-гидроалюидный (глинистый)* с месторождениями глин и каолинита, маршаллита, фосфоритов, магнезита, бирюзы. Профиль отличается частичным выносом кремнезема. Типоморфными минералами являются каолинит, галлуазит, нонтронит и кварц. Характерны месторождения глин и каолина.

3. *латеритный* с бокситами, кобальт-железо-никелевыми месторождениями. Характерно полное нарушение связей между глиноземом и кремнеземом, интенсивная миграция (вынос из субстрата) щелочей, кремнезема и накопление гидрооксидов алюминия, оксидов и гидроксидов железа, водных силикатов никеля и кобальта, окислов марганца.

Предпосылки для образования месторождений выветривания. К главным факторам выветривания относятся: климат, состав исходных пород, тектонический режим, геоморфологические и гидрогеологические условия.

Главными элементами климатических условий являются температура воздуха и количество осадков. Наиболее совершенные климатические условия для формирования кор выветривания складываются в тропиках с круглогодичной высокой температурой воздуха и с длительными периодами непрерывного увлажнения почвы, а наименее благоприятные – в суровом климате заснеженных приполярных областях. Климат со временем меняется и там где раньше были тропические условия (например, на Южном Урале или на Колыме), сейчас установился климат средних и северных широт.

Непременным условием для формирования рудоносных кор является также наличие ценных компонентов в исходных породах (субстрате). Ультраосновные и основные породы, в состав которых входят феррические минералы, разлагаются быстрее и наиболее легко образуют коры выветривания. К коре выветривания этих пород приурочены месторождения железа (бурый железняк), никеля (силикатные руды), бокситов. Кислые

породы, состав которых определяется преобладанием силикатных минералов, преобразуется медленнее. В корях выветривания кислых пород возникают месторождения глин и бокситов.

Для месторождений выветривания особое значение имеют расколы площадей распространения коры выветривания на тектонические блоки и перемещения этих блоков друг относительно друга. При этом могут возникнуть три ситуации, влияющие на сохранность месторождений выветривания: 1. месторождения оказываются на приподнятых блоках, разрушаются эрозией и не сохраняются; 2. месторождения погружаются в нисходящих блоках, перекрываются мощными толщами молодых осадков, оказываются глубоко захороненными и труднодоступными; 3. месторождения кор выветривания сохраняются под тонким покровом молодых отложений стабильных тектонических блоков.

Сильно расчлененный высокогорный рельеф местности, в условиях которого физическое разрушение склонов ущелий опережает химическое разложение слагающих их пород, неблагоприятен для развития коры выветривания. Также не благоприятен сильно сглаженный равнинный ландшафт, особенно с высоким стоянием грунтовых вод. Оптимальные условия - среднегорный, холмистый рельеф. По данным Б. Михайлова, при одинаковом климате и субстрате на речных террасах формируются каолины, а на пенепах – бокситы. Благоприятный рельеф формируется с тесной связью с тектоническим фактором.

Месторождения кор выветривания развиваются вниз от дневной поверхности до уровня грунтовых вод. Если этот уровень медленно опускается и на него наступает химическое разложение, это приведет к образованию мощной коры выветривания. Если со временем уровень грунтовых вод поднимется и перекроет кору выветривания, то развитие ее прекратится, а созданные месторождения законсервируются под грунтовыми водами.

Выявленные коры выветривания с их месторождениями, принадлежат разным эпохам – от древнейших до самых юных.

Типы месторождений. По форме и условиям нахождения тел полезных ископаемых различают месторождения площадной, линейной и приконтактной коры выветривания.

Месторождения площадной коры плащом покрывают коренные породы. Нижняя граница плащеобразных залежей сложная, неровная, размеры в поперечнике от десятков до тысяч метров, мощность – до первых десятков метров.

Месторождения линейной коры выветривания имеют форму жиллообразных тел, которые развиваются по системам трещин до глубины 100-200 метров.

Приконтактные (контактово-карстовые) месторождения выветривания размещены вдоль контакта растворимых пород (например, карбонатных) и пород, поставляющих минеральное вещество при разложении (например, никель содержащий серпентинит).

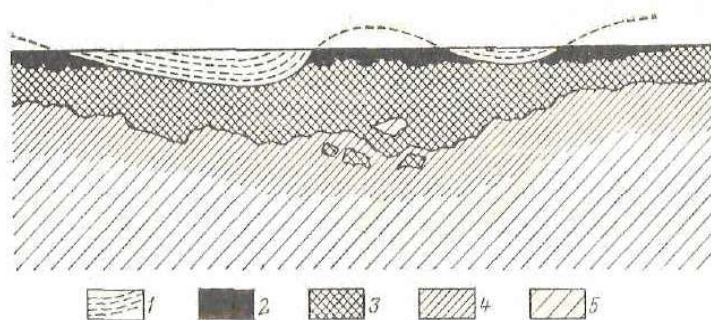


Рис. Месторождения площадной коры выветривания на змеевиках. 1.- покровные породы; 2.-охристо-глинистая порода; 3-5.-змеевики; 3.- нонтрититизированные со скоплением минералов никеля; 4.-разложенные со скоплениями минералов никеля; 5.-неразложенные.



Рис. Месторождения линейной коры выветривания в змеевиках. 1.- неразложившиеся; 2.- выветрелые со скоплениями минералов никеля; 3.- охристо-глинистая порода; 4.- зона трещиноватости.

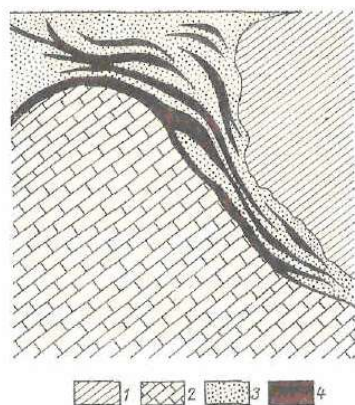


Рис. Месторождения приконтактной (карстовой) коры выветривания. 1.-серпентиниты; 2.-известняки; 3.-карстовые отложения; 4.- руда.

В зависимости от способа накопления вещества полезного ископаемого, месторождения выветривания делятся на остаточные и инфильтрационные.

Остаточные месторождения формируются вследствие растворения и выноса грунтовыми водами минеральной массы горных пород, не имеющей ценности, и накопления в остатке вещества полезного ископаемого. Форма тел – плащеобразная. Пример – месторождения каолина (Глуховецкое на Украине), бокситов (Боке в Гвинее), гарниерит-нантронитовые месторождения силикатных никелевых (с кобальтом) руд (Кимперсайское, Халиловское, Верхнеуфалейское на Южном Урале), на Кубе и др.

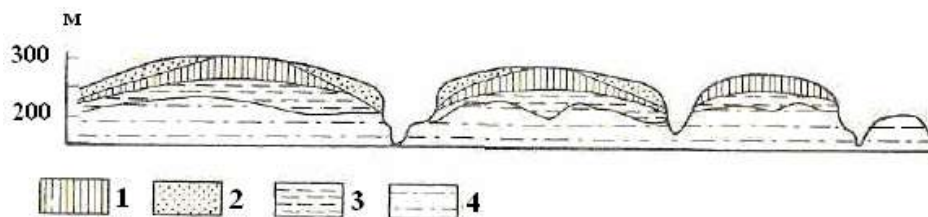


Рис. Схема строения бокситовых залежей месторождения Боке (Гвинея). 1,2-бокситы; 1.-структурные; 2.-обломочные; 3.-аллиты, каолиновые глины; 4.-граполитовые сланцы и другие терригенные породы ордовика

Инфильтрационные месторождения возникают при растворении грунтовыми водами ценных компонентов, их фильтрации и переотложении вещества в нижней части коры выветривания. Так возникает ряд месторождений полезных ископаемых: железа, марганца, меди, урана, ванадия, радия, фосфоритов, гипса, боратов, магнезита, исландского шпата.

Наиболее важное промышленное значение имеют инфильтрационные месторождения урана. Они возникают в связи с деятельностью подземных вод глубокой циркуляции. Источником урана являются горные породы, содержащие повышенные концентрации этого элемента, входящего в состав акцессорных минералов. В результате их разложения при процессах выветривания уран переходит в растворы и переносится грунтовыми водами в виде соединений уранила. Выделение урана из растворов в виде настурана и урановых черней обусловлено действием различных восстановителей – углистого вещества, битумоидов, сероводорода и др. (пример месторождения урана плато Колорадо (США), Набарлек (Австралия), Раббит-Лейк (Канада)).

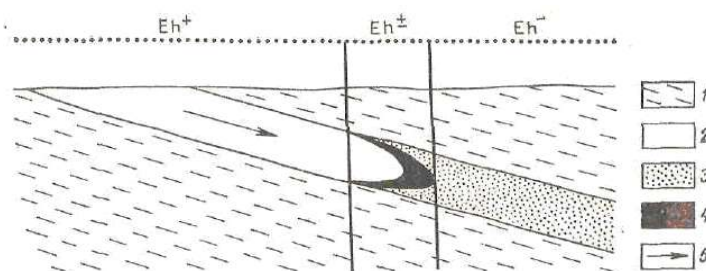


Рис. Схема зонального строения инфильтрационного уранового месторождения. 1.-водоупорные породы (глины); 2.-вышеложенный

песчаник; 3.-свежий песчаник; 4.-переотложенная урановая руда; 5.-направление движения грунтовых вод.

Кора выветривания месторождений полезных ископаемых. При химическом и физическом выветривании тела полезных ископаемых, выведенных на поверхность земли, также претерпевают существенные изменения минерального, химического состава и строения. Приповерхностное изменение тел полезных ископаемых связано с тем, что минералы попадая в обстановку высокого кислородного потенциала близ поверхности земли, оказываются в ней неустойчивыми и подвергаются разложению. При этом образуются новые соединения, часть которых сохраняется на месте, другая часть мигрирует и переотлагается поблизости, а третья часть выносится за пределы рудных залежей и рассеивается. Примеры месторождений: железных руд Бокал (Урал), Елизаветинское (Средний Урал), Аккермановское, Ново-Киевское (Южный Урал).

Наибольшие преобразования происходят при выветривании сульфидных рудных тел, пластов угля, залежей минеральных солей, серы.

В зоне окисления сульфидных рудных тел выделяется приповерхностный слой; зона окисленных руд; зона вторичного обогащения и зона первичных руд.

Зона окисления. Сульфиды в зоне окисления под воздействием воды с растворенными в ней кислородом и углекислотой, а также обычно находящейся в ней в этих условиях серной кислотой сульфиды переходят в сульфаты. Сульфаты являются неустойчивыми и окисляются далее, конечными продуктами измененных руд окажутся оксиды, гидроксиды, карбонаты.

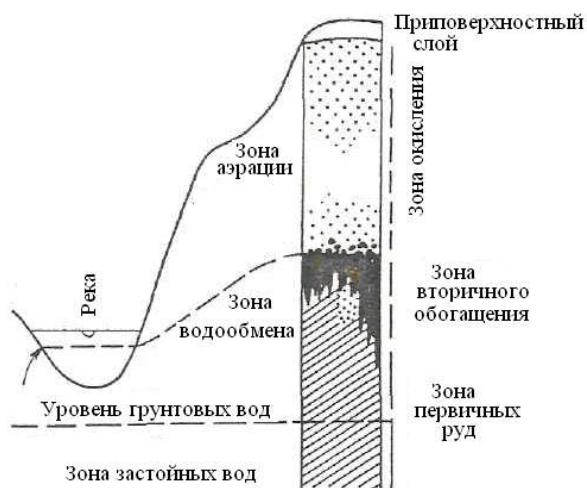


Рис. Схема соотношения измененной части рудного тела и зон циркуляции приповерхностных вод среди пород равной проницаемости.

В результате этих преобразований, в верхней части сульфидных рудных тел накапливаются массы гидроксидов железа (бурых железняков), образующие так называемую «железную шляпу».

Зона вторичного обогащения формируется близ уровня грунтовых вод при переотложении части металла, выщелоченного из зоны окисления. Здесь происходит отложение вторичных минералов. Для возникновения зоны вторичного обогащения необходимо, чтобы в зоне окисления получились легкорастворимые соединения, чтобы они не реагировали с осадителями вмещающих пород, чтобы они при переходе из окислительной и кислотной верхней части рудных тел в щелочную среду из нижней части выпадали в осадок. Это характерно для месторождений меди, урана, серебра, золота.

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое кора выветривания?***
- 2. Как разделяются коры выветривания в зависимости от формы и условий нахождения тел полезных ископаемых?***
- 3. Какие существуют агенты выветривания?***
- 4. Назовите профили выветривания.***
- 5. Факторы выветривания.***
- 6. Остаточные месторождения (определение)***
- 7. Полезные ископаемые и примеры остаточных месторождений.***

8. *Инфильтрационные месторождения (определение).*
9. *Полезные ископаемые и примеры инфильтрационных месторождений.*
10. *В каких климатических условиях образуется каолиновая кора выветривания?*
11. *Что такое зона окисления на сульфидных месторождениях?*
12. *Схема химических преобразований сульфидных руд в зоне окисления.*
13. *Что такое зона вторичного обогащения руд?*
14. *Примеры месторождений кор выветривания полезных ископаемых.*

Россыпные месторождения

Общая характеристика. Типы россыпей (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, литоральные, аллювиальные). Предпосылки формирования россыпей. Строение аллювиальной россыпи.

Месторождения россыпей возникают благодаря концентрации ценных компонентов среди обломочных отложений в процессе разрушения и переотложения вещества горных пород и ранее существовавших месторождений полезных ископаемых, претерпевших физическое и химическое выветривание. По различным классификациям россыпные месторождения выделяют в виде самостоятельной группы или включают в осадочную группу как механический класс.

Полезные минералы россыпей включают в себя: золото, платину и платиноиды, уран, ниобий, вольфрам, бериллий, ртуть, железо, медь, драгоценные и поделочные камни – алмазы, изумруды, гранаты, корунд и др., а также – формовочные, строительные и стекольные пески.

Экономическое значение россыпных месторождений весьма значительное, что обусловлено рядом причин: малыми затратами при отработке поверхностных рыхлых образований с применением высокоэффективных способов добычи и обогащения (драги, сепараторы и пр.); присутствием весьма ценных полезных компонентов (алмазы, платина, золото и др.); часто встречающимся комплексом полезных компонентов

(циркон-рутил-ильменитовые, алмазоносные золотые и др.); быстрой оборачиваемостью вложенных в разработку месторождений средств. Освоение россыпей дает примерно половину мировой добычи алмазов, ильменита, вольфрамита, шеелита, касситерита; около 20 - 30% золота, платины и значительный процент ряда других полезных компонентов.

В настоящее время существует несколько классификаций россыпных месторождений. В генетическом отношении наиболее приемлема та, которая основывается на определении генетических типов отложений, с которыми связаны россыпи. В классе россыпных выделяются 2 подкласса – континентальных и прибрежно-морских (латеральных). В первый класс включены аллювиальные, пролювиальные, элювиальные, делювиальные, ледниковые, карстовые и золовые типы; во второй – дельтовые, подводные аллювиальные, пляжевые, баровые, пересыпные (косовые), береговых валов, подводного склона и лагунные. Помимо природных выделяют и россыпи техногенного характера.

По связи с коренными источниками выделяют россыпи ближнего (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, ложковые, карстовые, некоторые аллювиальные, золовые, озёрные) и дальнего сноса – латеральные (часть аллювиальных, дельтовые, мелководно-морские). Различают россыпи древние и современные, сформированные в голоцене.

По времени образования россыпи могут быть *современными и древними* (ископаемыми), по условиям залегания они делятся на *открытые и погребенные*, по форме среди них различают *плащеобразные, пластовые, линзовидные, лентовидные и гнездовые*. Размеры россыпей колеблются в широких пределах. Косовые и русловые россыпи верховьев рек имеют протяженность до 10-15 км. Долинные россыпи протягиваются на сотни километров.

Предпосылки образования россыпей. Для формирования месторождений россыпного генезиса необходимо сочетание ряда факторов:

1. присутствие в области питания россыпеобразующих минералов;

2. предварительная концентрация этих минералов;
3. интенсивное разрушение источников и глубокий эрозионный срез в областях денудации;
4. тектонически устойчивые разнонаправленные движения крупных блоков земной коры;
5. присутствие долгоживущих динамических ловушек полезных минералов.

Россыпеобразующие минералы это абразивно и химически стойкие высокоплотные минералы. Они концентрируются в тяжелой фракции отложений терригенного происхождения. По плотности ценные минералы составляют следующий ряд: золото – 15 – 19, платина – 14 – 19, касситерит – 6,8 – 7,1, гранаты – 3,5 – 4,2, алмаз – 3,5.

Возможности формирования россыпей тех или иных минералов зависят от их физических свойств – твёрдости, способности к истиранию спайности, хрупкости, смачиваемости, гидродинамических характеристик. Так, киноварь и вольфрамит обладая совершенной спайности подвержены истиранию и разрушению. Вязкость янтаря и его низкий удельный вес, обуславливающий его способность к всплыванию приводят к его высокой подвижности и сохранности в потоках рассеяния. Мягкость и большой удельный вес пластинчатого золота не препятствует его переносу на большие расстояния, чему способствуют его высокие гидравлические характеристики.

Источниками россыпей служат как магматические породы, обогащённые акцессорными минералами, как – редкометалльные граниты; эндогенные рудопроявления и месторождения (коренные); древние осадочные породы, обогащённые полезными компонентами; древние россыпи (промежуточные коллекторы).

Интенсивное разрушение коренных источников россыпей взаимосвязано с предыдущими эпохами интенсивного выветривания и перерывов в осадконакоплении. Такое первичное разрушение коры выветривания создаёт предпосылки для первичного обогащения россыпей

полезными компонентами вплоть до образования аллювиальных россыпей. Для образования прибрежно-морских россыпей большое значение имеет глубокое химическое выветривание в сочетании с интенсивным механическим разрушением пород.

Наличие глубокого эрозионного среза питающих провинций и длительность денудации являются необходимыми условиями формирования продуктивных россыпей.

Элювиальные россыпи (рис.) возникают на месте залегания коренных пород, контуры их примерно совпадают. Россыпи могут быть необогащенными, если представляют собой развалы вещества полезного ископаемого, и обогащенными, если «пустые» породы частично вымыты водами плоскостного стока.

Делювиальные россыпи формируются при сортировке обломочного материала в процессе его плоскостного смыва. Строение россыпи зависит от угла склона, мощности делювия, параметров обломков (формы, размеров, плотности), климатических, гидрогеологических и инженерно-геологических факторов. Длина россыпей достигает десятки – первые сотни метров. Максимальное содержание ценных минералов - в вершинах россыпей.

Аллювиальные россыпи образуются за счет дифференциации и отложения перемещаемых донных осадков.



Рис. Схема размещения россыпных месторождений различных видов в поперечном сечении речной долины.

С аллювиальными россыпями связаны значительные объёмы запасов золота, платины, алмазов, вольфрама и самоцветов. Чаще всего это россыпи ближайшего сноса.

В разрезах россыпей выделяют снизу вверх такие элементы (рис.):

- 1) плотик, - бывает коренной, сложенный коренными породами дна речной долины, и ложный, подстилающий верхние залежи сложных россыпей, и представленный обычно глиной;
- 2) пласт или пески, состоят из валунно-галечных образований, содержащих в качестве связующего материала песчаную и глинистую фракции, и концентрирующих основную массу тяжелых минеральных частиц;
- 3) торфа, представляют собой песчано-глинистые осадки, обедненные тяжелыми минералами;
- 4) почвенный слой.

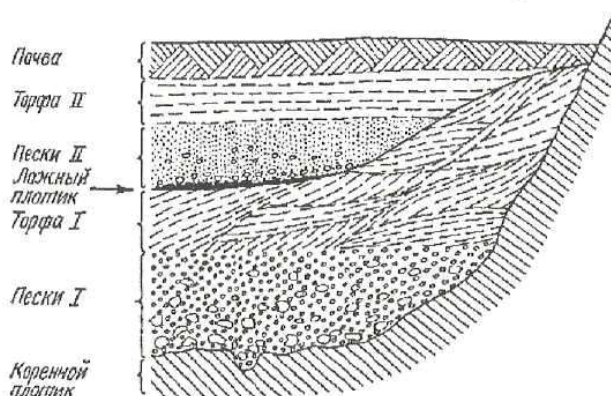


Рис. Схема строения аллювиальной россыпи в поперечном сечении.

В случае наличия в составе аллювиального разреза двух и более металлоносных пластов, осадки, подстилающие верхний пласт именуют ложным плотиком. Важным показателем продуктивности русловых россыпей является строение плотика. Чем сложнее оно, тем контрастнее будет распределение полезных компонентов.

Минералы россыпей приурочиваются к нижним частям аллювиальных отложений, к стержневым осадкам русел. Аллювиальные россыпи образуют лентовидные и линзообразные тела, вытянутые вдоль речной долины. Распределение полезных компонентов в них неоднородно и струеподобно.

Пролувиальные россыпи встречаются в предгорных аридных областях и приурочены к отложениям конусов выноса и блуждающих русел. Они

развиваются за счет смыывания обломочного материала со склонов временными потоками. Обломки слабо окатаны и плохо сортированы с уменьшением их крупности на периферии конусов выноса.

Прибрежно-морские россыпи – это наиболее крупные по протяженности месторождения (до 1000 км, Квинсленд – Новый Южный Уэльс, Австралия). Источниками поступления ильменита, рутила, лейкоксена, магнетита и титаномagnetита служат области базальтоидного и андезитового магнетизма, комплексы ультрабазитов. Щелочные и кислые интрузивы — для циркона и монацита, метаморфические породы — для акцессорных гранатов, силлиманита, кианита и ставролита. Одной из важнейших особенностей прибрежно-морских россыпей является возобновляемость их запасов, которые восстанавливаются по происшествии нескольких штормовых сезонов. Данному типу россыпей присуще высокое качество руды, обусловленное длительной сортировкой осадочного материала.

Среди прибрежно-морских россыпей можно выделить следующие разновидности: пляжевые, баровые, косовые, береговых валов, лагун, дельт и подводного склона. По отношению к урезу воды выделяют россыпи, находящиеся над уровнем моря и подводные. Россыпи золота, платины, касситерита отлагаются преимущественно в затопленной разновидности.

Прибрежно-морские россыпи отлагаются при наличии следующих предпосылок:

1. наличия продуктивных источников обломочного материала в виде дельт или ледниковых отложений;
2. присутствие в береговой зоне магматических и метаморфических пород, обогащённых россыпеобразующими минералами;
3. формирование интенсивных вдольбереговых потоков в прибрежной зоне шельфа, обусловленных активной гидродинамикой, определяемой активной ветровой, приливно-отливной и волноприбойной деятельностью;

4. предшествующие современным эпохи формирования россыпей и вторичных коллекторов;

5. оптимальный ход консолидационных движений, который обуславливает длительный активный лито- и гидродинамический режим прибрежно-морской полосы.

Формирование *озёрного* типа россыпей подобно условиям образующим прибрежно-морские.

Карстовый тип россыпей относят к образованиям ближнего сноса. Для них характерно: положение в карстовых провалах и пещерах; близкое присутствие коренных рудных источников; пространственная и временная связь с корами глубокого химического выветривания; расположение в основании карстовых отложений; примесь хорошо отсортированного песчаного материала и щебёнки карбонатных пород, повышенная глинистость; неравномерное, часто гнездовое распределение полезных компонентов, присутствие весьма богатых участков; небольшие размеры (мощности — первые метры, длина и ширина — десятки метров). Часто данные россыпи связаны с зонами трещиноватости или контактами карбонатных и силикатных пород.

Золотому типу россыпей присущи: хорошая окатанность и отполированность песчаных зёрен; приуроченность полезных концентраций к основанию наветренных частей барханов и дюн; линзовидно-полосчатая форма в плане, простирающаяся поперёк генеральному направлению ветров; небольшие масштабы.

Наиболее распространены современные россыпи всех генетических классов. Также широко известны верхнее- и нижнечетвертичные россыпные месторождения. Среди третичных отложений известны аллювиальные и прибрежные морские циркон-рутил-ильменитовые россыпи в Приднепровье, Зауралье, Сибири; аллювиальные золотые и платиновые россыпи Урала, золотые россыпи Восточного Забайкалья, Салаира, Алдона. В меловых осадках известны циркон-ильменитовые морские россыпи (Украина, кийская

свита Сибири, Кузнецкий Алатау). В юрских толщах – золотые россыпи Урала, Байкало-Витимского нагорья и Енисейского кряжа, Волыни. Наиболее редки россыпи палеозойской группы.

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое россыпь?***
- 2. Как разделяются россыпи по условиям образования?***
- 3. Как разделяются россыпи по времени образования?***
- 4. Как разделяются россыпи по условиям залегания?***
- 5. Какие ценные минералы концентрируются в россыпях?***
- 6. Что такое элювиальные россыпи, примеры месторождений?***
- 7. Что такое делювиальные россыпи, примеры месторождений?***
- 8. Как образуются пролювиальные россыпи, примеры месторождений?***
- 9. Литоральные россыпи (образование, полезные ископаемые и примеры месторождений)?***
- 10. Что означают термины «континентальные» и «прибрежно-морские россыпи»?***

Осадочные месторождения

Общая характеристика осадочных месторождений. Классификация месторождений (механогенные, хемогенные, биогенные). Механогенные месторождения (гравийные, песчаные, глинистые). Особенности осадочных месторождений образованных из истинных растворов. Представления об образовании солей. Примеры месторождений. Месторождения, образованные из коллоидных растворов (месторождения железа, марганца, алюминия). Концентрация цветных и редких металлов в черных сланцах. Биохимические месторождения. Источники фосфора в месторождениях фосфоритов. Месторождения карбонатных и кремнистых пород. Осадочные месторождения горючих полезных ископаемых (месторождения сапропеля, торфа, угля, горючих сланцев).

Осадочными называются месторождения, возникшие в процессе осадконакопления на дне водоемов. По месту образования они разделяются на речные, болотные, озерные и морские. Кроме того, различают месторождения платформенные и геосинклинальные.

По характеру осадконакопления в группе осадочных месторождений выделяют четыре класса: 1) механические; 2) химические; 3) биохимические; 4) вулканогенно-осадочные.

Тела полезных ископаемых этой группы залегают согласно с вмещающими их породами, обычно занимают строго определенную стратиграфическую позицию и имеют форму пластов, линз. Лишь вследствие метаморфизма и тектонических движений могут быть деформированы и приобрести более сложные очертания. Размеры таких пластов (особенно в морских осадочных месторождениях) могут протягиваться на десятки, а иногда и сотни километров, мощность при этом колеблется от 0,5 до 500 метров.

Осадочные месторождения полезных ископаемых имеют крупное значение. Среди них известны: месторождения строительных материалов (гравий, песок, глины, сланцы, известняки, доломиты, мергели, гипс, яшма); ископаемых солей, фосфатов, руд железа, марганца и алюминия, а также некоторых цветных и редких металлов (уран, медь, ванадий); месторождения горючих ископаемых (уголь, горючие сланцы, нефть, газ). Среди осадочных месторождений известны современные, но более распространены древние полезные ископаемые, которые формировались во все периоды геологической истории от докембрия до кайнозоя.

Механические осадочные месторождения

Типичными представителями этой группы месторождений могут служить месторождения гравия, песка и глины.

Месторождения гравия по условиям образования подразделяются на :
1) временных гонных потоков и их конусов выноса; 2) отложения рек; 3) отложения ледников (зандры, озы (водно-ледниковые отложения), камы и

камовые террасы (валунные отложения материковых льдов)); 4) прибрежные озерные и морские. В основном используются современные, т.к. древние сильно уплотнены.

Месторождения песка по условиям образования разделяются на: 1) элювиальные; 2) делювиальные; 3) пролювиальные; 4) аллювиальные; 5) флювиогляциальные; 6) озерные; 7) морские; 8) эоловые. Наибольшее практическое значение имеют аллювиальные, озерные и морские пески. По составу среди них выделяют мономинеральные (олигомиктовые) и полиминеральные (полимиктовые). По возрасту известны чаще всего современные пески, реже третичные и еще реже юрские и меловые.

Месторождения глины по условиям образования подразделяются на : 1) глины кор выветривания; 2) делювиальные; 3) аллювиальные; 4) озерные; 5) морские; 6) ледниковые; 7) лессовые.

Их главными минералами являются: каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, галуазит $Al[Si_4O_{10}](OH)_8 \cdot 4H_2O$, монтмориillonит, пиррофиллит $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$, гидрослюда,

Химические осадочные месторождения

Среди хемогенных осадочных месторождений различают образованные из истинных растворов, к которым принадлежат соли, гипс, ангидрит, бораты, барит; и месторождения, возникшие из коллоидных растворов, включающие руды железа, марганца, алюминия, некоторых цветных и редких металлов.

Соли -эвапоритовые месторождения минеральных солей состоят из хлоридов и сульфатов натрия, калия, магния и кальция с примесью бромидов, йодидов, боратов.

Большинство залежей солей содержит в качестве главного компонента – галит, почти всегда в различных количествах присутствуют гипс и ангидрит, а также примесь карбонатно-глинистого материала. Содержание остальных минералов колеблется в широких пределах в зависимости от условий образования соляных месторождений. По условиям образования

среди них выделяются: 1) природные рассолы современных соляных бассейнов; 2) соляные подземные воды; 3) залежи минеральных солей современных бассейнов; 4) ископаемые соли.

Залежи современных солей формируются в бассейнах двух типов: 1) связанных с морем и питающихся морской водой; 3) континентальных, питающихся водами суши.

Соленосные бассейны морских побережий возникают вследствие колебательных движений земной коры. При опускании пониженных участков они заливаются морской водой, в дальнейшем такие участки отшнуровываются от моря барами, косами с образованием лиманов, лагун, и прибрежных озер. В условиях сухого, жаркого климата с течением времени они осолоняются и превращаются в соляные и солеродные бассейны (рис.). Такие бассейны известны в Крыму (Саки, Данузлав); на побережье Азовского моря (Сиваш); Каспийского моря (Кара-Богазгол); Аральского (Джаксыклыч).

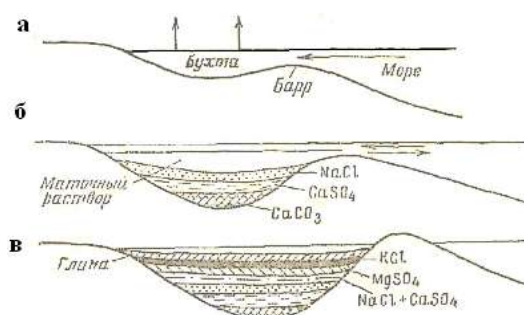


Рис. Схема солеобразования. а-начальная стадия притока воды из моря и образование карбонатов; б-средняя стадия отложения солей Ca и Na и образования маточного раствора; в- конечная стадия отложения солей K и Mg и перекрытие соляной залежи слоем глины.

Континентальные соленые озера возникают в плоских бессточных котловинах сухих и жарких областей при систематическом выпаривании поступающих в них поверхностных и подземных вод. Они известны в Западно-Сибирской, Туркменской низменностях, в Эмбекском районе, Монголии и др.

Соляная масса современных бассейнов состоит из рапы (соляного рассола) и самосада (твердых соляных накоплений), находящихся в состоянии подвижного равновесия. Выделяют три типа рассолов соляных озер: карбонатный или содовый, сульфатный и хлоридный.

Ископаемые залежи минеральных солей формировались в прошлые геологические эпохи в обстановке аридного климата в процессе испарения морской воды в относительно изолированных лагунах. (Содержание солей в воде современного Мирового океана в среднем 3,5% или 35 грамм на 1 кг воды, а в Красном море – 4,2%). Порядок кристаллизации солей из морской воды зависит от: исходного состава, количества солей, пределов совместной растворимости, температуры и времени испарения. Установлено, что основные сочетания солей, образующихся при испарении морской воды, обусловлены равновесием водных растворов пятерной системы: Na, K, Mg, SO_4 , Cl. Обычно выпадение солей из морской воды происходит в следующей последовательности: 1) карбонаты Ca и Mg; 2) гипс; 3) галит с гипсом; 4) галит с ангидритом; 5) галит с полигалитом; 6) сульфаты калия и магния (гексагидрит); 7) астраханит и сульфат магния (эпсомит); 8) каинит; 9) карналлит; 10) бишофит, после выделения сульфата кальция кристаллизация всех солей идет в сопровождении галита. Все известные крупные месторождения каменной соли, гипса и ангидрита формировались в предгорных прогибах или синеклизах платформ. Это Предуральский, Предкарпатский, Донецкий прогибы, а также Прикаспийская, Днепровско-Донецкая, Вилуйская и другие синеклизы.

Многие соляные месторождения характеризуются специфической «соляной тектоникой», обусловленной низкой плотностью и высокой пластичностью солей. Выжимание соляных масс приводит к возникновению соляных куполов и диапиров (рис.).

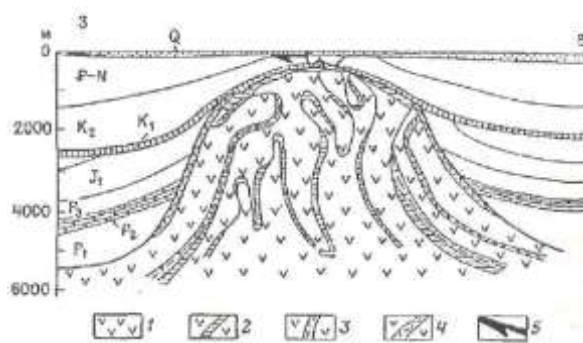


Рис. Складчатость нагнетания в ядре диапирового соляного купола. Ядро сложено породами пермского возраста. (по А. Бенцу). 1-соль, 2-глина, 3-известняки, 4-ангидрит, 5-битум.

Осадочные месторождения железа, марганца и алюминия

Осадочные месторождения этого типа формируются из суспензий и коллоидных растворов на дне водных бассейнов в сходных геологических условиях.

Источник материала для этих месторождений – континентальная кора выветривания, продукты разложения которой сносятся поверхностными и грунтовыми водами. Максимальное количество железа мобилизуется при разложении основных пород с высоким содержанием этого металла. Для накопления бокситов, наоборот, наиболее благоприятны кислые породы, а для марганца – толщи пород с повышенным содержанием марганца.

Накопление руд железа, марганца и алюминия может происходить в речных, озерных и морских водоемах. Перенос соединений железа, марганца и алюминия речными водами происходит в форме тонких взвесей, коллоидных и истинных растворов. Отложение соединений всех трех металлов происходит в прибрежной зоне озер и морей, под воздействием электролитов (растворы HCl и другие), коагулирующих коллоиды металлических соединений и переводящих их в осадок. В связи с различной геохимической подвижностью соединений железа, марганца и алюминия происходит их дифференциация в прибрежной зоне водоемов. В ходе этой дифференциации вначале и ближе к берегу накапливаются бокситы, затем в верхней части шельфа – железные руды, а еще далее, уже в нижней части

шельфа происходит садка марганцевых руд (рис.). Так как железо в этом дифференциальном ряду находится между алюминием и марганцем, в

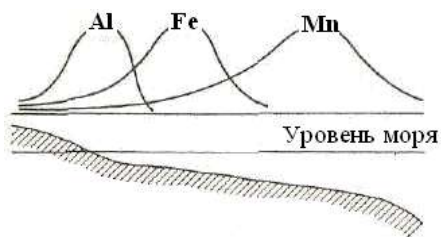


Рис. Дифференциация руд алюминия, железа и марганца в прибрежной части водоема.

природе довольно часто встречаются железо-марганцевые и железо-алюминиевые осадочные месторождения, в то время как алюминий и марганец обычно совместно не встречаются.

Месторождения железа распространены очень широко и по экономическому значению занимают второе место среди других генетических типов железных руд. Они имеют форму пластов, вытянутых линз, пластообразных залежей и гнезд. Размеры их достигают крупных величин – в длину десятки, иногда сотни километров; в ширину – несколько километров; мощность – десятки метров. Примером являются железные руды Керченского бассейна, выполняющие отдельные мульды.

По минеральному составу руды осадочных месторождений железа разделяются на три группы: 1) окисно-гидроокисные; 2) карбонатные; 3) силикатные.

Окисно-гидроокисные руды бурых железняков состоят в основном из лимонита, гетита, гидрогематита, гематита, магнетита.

Карбонатные руды в основном представлены сидеритом.

Силикатные руды содержат значительные количества железистых хлоритов: шамозита $\text{Fe}_4\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Кроме того состав всех трех групп железных руд пополняется гидроокислами и окислами марганца, кварцем, халцедоном, кальцитом, баритом, глинистыми минералами, иногда сульфидами.

Н. Страхов выделяет семь главных и серию мелких эпох накопления железных руд в истории формирования осадочной оболочки Земли. В первую, наиболее древнюю докембрийскую произошло отложение грандиозных масс железа, фиксированных в месторождениях железистых кварцитов.

1. Докембрийская эпоха – железистые кварциты; Кривой Рог, КМА; отложения платформ: Северо-Американской (озеро Верхнее), Южно-Американской, Африканской, Индийской.

2. Кембрийская эпоха – осадочные месторождения железных руд; Енисейский креп, Казахстан, Англия, Испания, Аппалачи.

3. Ордовикская эпоха – гематит-шамозит-сидеритовые руды; Тюрингия, Чехословакия, Британия.

4. Силурийская эпоха – гематит-шамозитовые клинтонские руды; Северная Америка.

5. Каменноугольная эпоха – железорудные месторождения; Центральный Казахстан, Урал, Англия.

6. Юрская эпоха – осадочные месторождения платформ; Русская и Сибирская платформы, Урал, Кавказ.

7. Эпоха верхнего неогена – оолитовые руды Франции, Люксембург; осадочные морские месторождения Керченские; коры выветривания Куба, Австралия, Индия.

Месторождения марганца так же, как и железа, имеют форму пластов, пластообразных и линзовидных залежей. Размеры их обычно несколько меньше железорудных, но все же достигают длины в несколько километров, ширины – сотен метров, а мощности до 20 метров.

По минеральному составу осадочных и метаморфизованных руд А. Бетехтин выделяет: окисно-гидроокисные, карбонатные и силикатные руды.

Окисно-гидроокисные состоят из псиломелана, пирролюзита, лимонита, глинистых миллорелов опала, а в окислых рудах морского происхождения в качестве ведущего минерала встречается манганит.

Карбонатные руды состоят из родохрозита, манганокальцита, опала, марказита, пирита, глауконита, барита.

Силикатные руды состоят из родонита $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$, бустамита $(\text{Mn}, \text{Ca})_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$, марганцевых гранатов в смеси с карбонатами марганца, кварцем, гематитом, магнетитом.

По условиям образования выделяются морские, на долю которых приходится 80% всех мировых запасов марганцевых руд и континентальные (озерные и болотные), имеющие ничтожное значение.

Морские осадочные руды почти все имеют кайнозойский возраст и, как правило, приурочены к горизонтам кремнистых или кремнисто-глинистых осадков, располагающихся обычно в основании трансгрессивно залегающих толщ осадочных пород. Примером является Чистурское, Никопольское, Марсятское, Полуночное (Северный Урал).

Осадочные месторождения бокситов

Боксит – тонкодисперсная порода, состоящая из гидратов окиси алюминия – диаспоров, бемита, гидраргиллита и подчиненного количества окислов и гидроокислов железа, кварца, опала, каолинита, карбонатов и других примесей. Качество бокситов определяется как составом и содержанием Al_2O_3 , так и присутствием вредных примесей, главной из которых является кремнезем.

Образование осадочных месторождений бокситов происходило за счет размыва, переноса и отложения латеритных продуктов выветривания в водных бассейнах: речных, озерно-болотных, лагунных, морских. В зависимости от места накопления и особенностей геологического строения выделяют: остаточные коры вветривания, геосинклинальные месторождения бокситов и платформенные. (рис.)

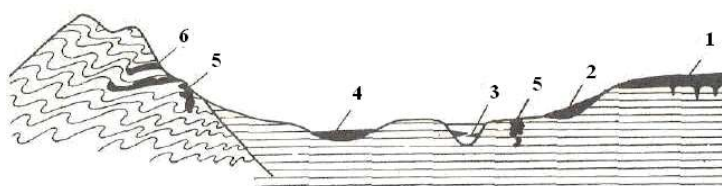


Рис. Схема соотношения месторождений бокситов, различных по условиям образования. 1-остаточные (латеритные), 2-склоновые (делювиально-пролювиальные), 3-долинные (аллювиальные), 4-котловинные, 5-карстовые, 6-геосинклинальные.

Геосинклинальные месторождения бокситов формировались в прибрежно-морской обстановке в краевых частях геосинклинальных прогибов, в зоне примыкания их к платформам.

Платформенные месторождения бокситов располагаются на окраинах синеклиз и в небольших котловинах. Их формирование происходило в речных, озерно-болотных и лагунных бассейнах, благодаря чему в составе бокситов этого типа большая роль принадлежит терригенным осадкам: пескам, глинам, углистым образованиям. К месторождениям этого типа относятся: Тихвинское (Ленинградская область), Тиманское (Коми АССР).

Черносланцевые толщи

В настоящее время большая группа промышленно важных металлов обнаруживается в так называемых черных сланцах. Формирование таких рудных скоплений связывается с различными и часто комплексными процессами, среди которых реальную роль играет их осадочное образование.

Черные сланцы битуминозной формации часто содержат рассеянную вкрапленность сульфидов железа, меди, молибдена, оксидов урана и ванадия, иногда достигающую промышленной концентрации. Кроме того, в их состав входят никель, хром, титан, кобальт, цинк, свинец, серебро, золото, цирконий, лантан, скандий, бериллий, торий и другие элементы.

Ураноносные углеродсодержащие черные сланцы известны среди осадков различного возраста от протерозойских до альпийских. Первичная концентрация урана в них низкая и составляет тысячные, - сотые доли процента. Однако огромные массы таких сланцев нередко сосредотачивают грандиозные запасы урана. Уран в них находится в формах уран-органических комплексов, сорбированных ионов и изоморфного замещения

кальция в коллофане. Пример – формация Чаттануга в США (запасы урана 5 млн. т при содержании урана в 0,066%).

Примером месторождения меди служит Мансфельд в Германии. Пласт битуминозных мергелистых сланцев мощностью 20-40 см прослеживается на расстоянии нескольких километров и в нем рассеяны борнит, сфалерит, халькопирит, реже пирит, галенит, блеклая руда, самородное серебро. Руда содержит также повышенные количества молибдена, ванадия, никеля, платину, палладий, рений. В образовании таких руд также большую роль играют биохимические процессы. Руда рассматривается как продукт взаимодействия морской воды, содержащей металлы с десульфуризирующими бактериями сапропелевого ила на дне моря.

Концентрация металлов, первично рассеянных в черных сланцах, существенно возрастает в результате их диагенетических преобразований. Подобные образования частично имеют биохимический генезис, так как в этих осаднении большую роль играло органическое вещество.

Первичное рассеянное накопление металлов в черных сланцах характерно и для золоторудных месторождений, которых часто называют «черносланцевыми». Однако формирование месторождений из рассеянного осадочного золота происходит только после катагенетических, метаморфических или гидротермальных преобразований золотоносных толщ, когда происходит мобилизация рудных компонентов и их вторичная концентрация в благоприятных физических и химических условиях.

Биохимические месторождения

Образование биохимических осадков, включающих полезные ископаемые, обусловлено способностью некоторых животных и растительных организмов концентрировать при жизнедеятельности большие количества тех или иных химических элементов.

Биохимическое осадочное происхождение имеют месторождения известняков, доломитов, мергелей, диатомитов, фосфоритов, урана, ванадия, серы, а также твердых, жидких и газообразных каустобиолитов. Главными

типами биохимических осадочных месторождений являются фосфоритовый, горючих полезных ископаемых, карбонатных и кремнистых пород.

Фосфориты

Среди фосфоритов выделяются морские и континентальные месторождения. Морские фосфоритовые залежи обычно имеют пластовую или пластообразную форму и обладают большими размерами. Например, на месторождениях Каратау в Западном Казахстане зона распространения фосфоритовых пластов вытянута на 100 км при ширине 40-50 км, содержит от одного до семи пластов (рис.).

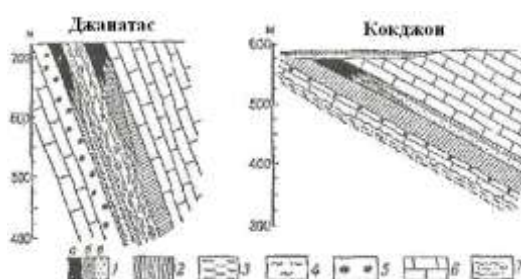


Рис. Схема размещения типов руд на месторождениях Джанатас и Кокджон район х.Каратау. (по А.М. Тушиной). 1-3 фосфатные руды: 1-богатые (а- низкомагнезиальные, б-магнезиальные, в- высокомагнезиальные); 2-рядовые; 3-бедные; 4-фосфатно-кремнистые руды; 5-кремнистые руды; 6-доломиты; 7-песчаники, алевролиты.

Континентальные месторождения менее значительны по размерам. Они представлены корами выветривания; аллювиальными скоплениями фосфоритизированных остатков ископаемых позвоночных; концентрациями экскрементов летучих мышей и птиц (гуано).

Источником фосфора для фосфоритовых месторождений служит сравнительно легко растворимый апатит магматических пород. Фосфор, сносимый в морские водоемы, усваивается животными и растительными организмами. Концентрация фосфора в костях, панцирях, тканях и крови морских организмов достигает значительных размеров.

По мнению некоторых геологов, основным источником фосфора, растворенного в морской воде, является фосфор, привносимый подводными вулканическими эксталяциями.

Отложение фосфатных соединений на дне моря может осуществляться двумя способами — биологическим и биохимическим.

В первом случае в результате отмирания морских организмов и скопления их на дне моря, согласно схеме Колле, сначала происходит разложение органического вещества с образованием углекислого аммония и фосфорнокислого кальция. Затем взаимодействие этих соединений приводит к выделению фосфорнокислого аммония. Далее фосфорнокислый аммоний реагирует с известковистыми раковинами, образуя фосфорит. Эта схема приложима в основном для образования платформенных фосфоритов.

Фосфоритовое месторождение может образоваться при наличии глубинного течения, направленного из глубокой части к берегу водоема. Когда глубинные холодные воды, насыщенные CO_2 и P_2O_5 , подводятся глубоководными течениями в область материкового шельфа, уменьшается парциальное давление CO_2 . Вследствие уменьшения парциального давления CO_2 в этих восходящих слоях морской воды система ранее установившегося равновесия нарушается, и воды становятся перенасыщенными по отношению к CaCO_3 и $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2^{2+}$. Так возникают условия для химической садки кальцита и фосфорита, их концентрации на склоне шельфа. Пример — месторождения Каратау (Казахстан), Фосфория в США.

Для фосфоритовых месторождений характерна связь с определенными геологическими эпохами. Более 80% фосфоритовых руд сосредоточено в отложениях трех эпох: венд-кембрийской, пермской и поздней мел-палеогеновой.

Все фосфориты характеризуются повышенным содержанием радиоактивных минералов U, Th, Y, Sc, Mo, V, Ba, Cr, F.

Карбонатные породы

Месторождения биогенных известняков и доломитов является ценным цементным сырьем, кроме того, используется в качестве облицовочного и строительного материала, минеральных добавок и удобрений в сельском хозяйстве.

Среди биогенных карбонатных пород выделяют: строматолитовые и онколитовые известняки и доломиты, органогенно-детритовые, органогенные (ракушечники), органогенно-обломочные известняки, мел.

Биогенные карбонатные породы накапливаются в условиях хорошо прогреваемых мелководных морей, коралловых аттолов, брахиоподовых и устричных банок. Соленость должна быть нормальной, а гидрофизические условия благоприятные для массового развития скелетных организмов.

Кремнистые породы.

Источником кремния является кремнезем, находящийся в морской воде, который усваивается различными организмами. Среди кремнистых пород, представляющих интерес как полезные ископаемые различают диатомиты, трепелы, опоки.

Диатомит – тонкозернистая пористая порода, состоящая главным образом из мельчайших панцирей диатомовых водорослей, накопившихся вследствие их массовой гибели.

Трепел – также тонкозернистая порода, состоящая из мельчайших округлых телец опала, и халцедона с остатками радиолярий, спикул губок и фораминифер.

Опоки – более плотные кремнистые породы, состоящие из аморфной массы кремнезема в смеси со скелетами диатомей, радиолярий и губок; они рассматриваются как частично преобразованные диатомиты и трепела. В докембрии и раннем палеозое преобладали хемогенные кремнистые осадки, затем они все более и более вытеснялись биогенными осадками, питательной средой которых является кремнезем, приносимый поверхностными водами в моря, океаны, так и кремнезем подводных вулканических эффузий.

Месторождения горючих полезных ископаемых

Месторождения углей принадлежат к образованиям фитогенным, связанным с жизнедеятельностью древних растений. При неполном разложении отмерших растений, осуществлявшемся при дефиците кислорода, происходило постепенное накопление органической массы, представляющей собой исходный материал для углеобразования. Первичная органическая масса ископаемых углей разделяется на сапропелевую и гумусовую.

Сапропелевые осадки формировались при накоплении на дне водоемов отложений простейших, главным образом планктонных водорослей, ткани которых состоят преимущественно из белков и жиров при незначительном количестве клетчатки.

Гумусовые осадки возникали при накоплении и последующем преобразовании на дне водоемов отмерших высших растений. Эти растения накапливались автохтонно на месте их произрастания или аллохтонно, сносась в пониженные части рельефа водными потоками. В озерно-болотных водоемах возникали лимнические, в прибрежно-морских паралические угли.

Захоронение органической массы под перекрывающими осадками, диагенез и последующий метаморфизм приводили к углефикации и образованию ископаемых углей (бурый, каменный, антрацит, шунгит и графит). Примеры месторождений Экибастузский (рис.), Минусинский, Челябинский, Кузнецкий, Донецкий угольные бассейны.

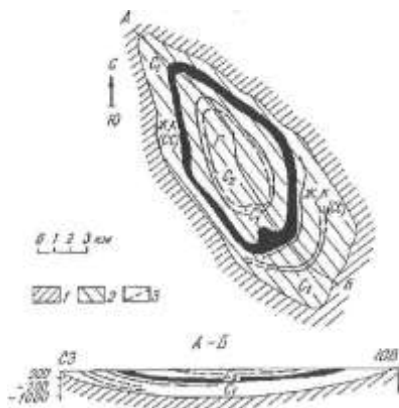


Рис. Схема Экибастузского угольного бассейна. 1-доугольные породы; 2-угленосные отложения нижнего карбона; 3-основной угольный горизонт. Марки углей: СС- слабоспекающийся; Ж-жирный; К- коксовый; Г- газовый.

Месторождения горючих сланцев

Горючими сланцами считают карбонатные, кремнистые или глинистые породы, содержащие органическое вещество в количестве 15 — 40%. Они являются низкокалорийным топливом и ценным химическим сырьем. В настоящее время разработка таких месторождений ведется главным образом в Китае, России и Эстонии, в небольших объемах — в США, Германии, Швеции, Бразилии и Израиле. Горючие сланцы могут быть гумусовыми, сапропелевыми и смешанными. Промышленное значение имеют лишь сапропелевые сланцы. Среди месторождений горючих сланцев известны образования всех периодов – от кембрийского до третичного.

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое осадочные месторождения?***
- 2. Промышленное значение осадочных месторождений.***
- 3. Как образуются механические осадочные месторождения, и какие полезные ископаемые с ними связаны?***
- 4. Как происходит процесс хемогенного осадконакопления?***
- 5. Месторождения солей, условия образования, примеры месторождений.***
- 6. Приведите примеры месторождений железа, марганца и алюминия осадочного происхождения.***
- 7. Что означает термин «геохимический барьер»?***
- 8. Какие месторождения принято относить к биохимическим?***
- 9. Какие породы относятся к карбонатным?***
- 10. Перечислите кремнистые породы.***
- 11. Приведите примеры месторождений угля.***

Метаморфогенная серия

Метаморфизованные и метаморфические месторождения

Общая характеристика метаморфогенных месторождений. Метаморфизованные и метаморфические месторождения. Локальный и региональный метаморфизм. Форма тел полезных ископаемых подвергшихся региональному метаморфизму. Текстуры и структуры минеральной массы метаморфизованных месторождений. Физико-химические условия образования. Метаморфические фации и полезные ископаемые. Примеры месторождений.

К метаморфогенным месторождениям относятся такие, которые непосредственно сформированы в результате метаморфических процессов (метаморфические) или изменены под влиянием метаморфизма (метаморфизованные).

Метаморфогенные месторождения образуются при метаморфизме – т. е. разнообразных эндогенных процессах, с которыми связаны изменения в структуре, минеральном и химическом составе горных пород, отличающиеся от их первоначального образования.

Они включают месторождения железа в железистых кварцитах, марганца, золота, урана, титана, меди, графита, кварцитов, яшм, граната, флогопита, керамического сырья, корунда, высокоглиноземистого сырья (андалузита, силлиманита, кианита), наждака, мрамора, шунгита, нефрита.

Метаморфогенные месторождения разделяются на две группы: метаморфизованные и метаморфические.

Метаморфизованные месторождения подверглись изменению одновременно с окружающими их породами в такой степени, что метаморфические признаки в форме, строении и составе тел полезных ископаемых оказываются доминирующими.

Метаморфические месторождения возникли вновь в процессе метаморфизма в связи с перегруппировкой минерального вещества метаморфизируемых пород.

Метаморфизм всегда связан с магматической или тектонической деятельностью. В верхних частях земной коры он проявляется в результате интрузивной деятельности и происходит на ограниченных участках земной коры (*локальный, контактовый метаморфизм*). В более глубоких зонах вызывается повышенным давлением, тектоническими движениями и охватывает большие площади (*региональный метаморфизм*).

Контактовый метаморфизм связан, в основном, с воздействием на вмещающие породы внедряющихся магматических масс (температура, растворы). Иногда контактовый метаморфизм называют *термальным*. Выражается он в образовании в контакте с интрузией «закаленных» пород — *роговиков* (по песчано-глинистым породам) и *мраморизованных известняков* (по карбонатным породам). Химический состав пород при этом существенно не меняется (рис.).

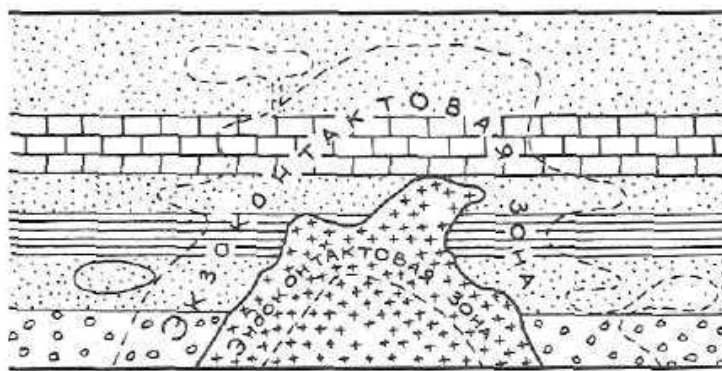


Рис. Зона контактового метаморфизма

Региональный метаморфизм охватывает огромные пространства и мощные толщи пород. Важнейшими факторами регионального метаморфизма являются высокая температура, огромное давление вышележащих пород, воздействие жидких и газовых растворов. В зависимости от соотношения температуры и давления и того или иного количества растворов меняется степень метаморфизации пород. По этим признакам выделяются различные зоны метаморфизма, которым свойственны определенные метаморфические породы.

Метаморфизм может быть прогрессивным и регрессивным. Региональный метаморфизм, вызванный повышением температуры и

давления, называется прямым, или прогрессивным, способствующим реакциям с выделением воды, углекислоты из минералов. Метаморфизм, связанный со сменой высокотемпературных минеральных ассоциаций низкотемпературными, способствующий обратному поглощению воды и углекислоты, называется обратным или регрессивным.

Метаморфизм разделяется также на *изохимический* и *аллохимический*. Изохимический осуществляется без привноса новых минералообразующих веществ, он характерен для прогрессивной стадии. Аллохимический происходит с привносом новых веществ и изменением химического состава метаморфизующихся пород, он наиболее характерен для регрессивной стадии метаморфизма.

Вследствие метаморфизма меняется и форма тел полезных ископаемых, образуются метаморфические текстуры и структуры.

Форма тел полезных ископаемых, подвергшихся региональному метаморфизму – сплюснутая, пластообразная, ленто-, линзо-, жиллообразные залежи сплошных руд. Их размеры достигают иногда значительных величин, километры и даже первые десятки километров.

Текстура вещества метаморфизованных месторождений линзовидная, плейчатая, сланцеватая, пятнистая (рис.), и т.д.. *Структура* - гранобластовая, листоватая, пластинчатая (рис.).

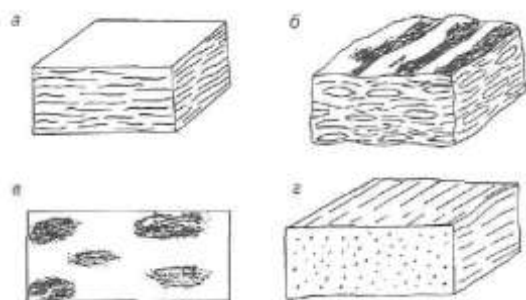


Рис. Текстуры метаморфических пород:

а) сланцеватая; б) очковая (линзовидная); в) пятнистая; г) линейная или вытянутая

Гранобластовая, зерна относительно близки по размерам и имеют более или менее округлые формы.

Лепидобластовая или чешуйчатая, вызванная присутствием чешуйчатых минералов слюд, хлорита, талька. Хлорито-биотитовый сланец.

Лепидогранобластовая, пластинки биотита в основной массе кварца и плагиоклаза. Гнейс.

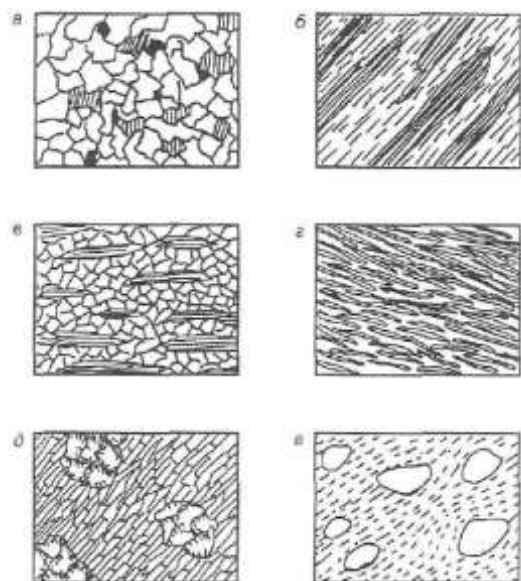


Рис. Структуры метаморфических руд

- а)гранобластовая; б)
лепидобластовая; в)
лепидогранобластовая; г)
нематобластовая; д) порфировластовая;
е) реликтовая;

Нематобластовая, представленная развитием шестоватых, призматических, стебельчатых минералов, в основном

группы амфиболов.

Порфировластовая, крупные зерна (гранат) — порфировласты располагаются среди основной (амфибол) массы. Гранат-амфиболовый сланец.

Реликтовая, бластопсамитовая, указывающая на первичную осадочную породу (песчаник с глинистым цементом). Серицитовый сланец с песчинками кварца.

Минеральный состав метаморфизованных месторождений отличается переходом гидрооксидов в оксиды (лимонит-гематит, магнетит; псиломелан-браунит, опал – кварц, фосфорит-апатит, уголь - графит).

Для минеральных ассоциаций метаморфогенных месторождений характерны минеральные парагенезисы соответствующей фации метаморфизма.

Геологический возраст. Метаморфогенные месторождения локального метаморфизма могут иметь различный возраст. Среди месторождений, связанных с региональным метаморфизмом, резко преобладают древние образования — докембрийские (архейские, протерозойские), раннепалеозойские.

Физико-химические условия образования.

Непосредственными причинами, вызывающими метаморфизм, являются давление, высокая температура и циркуляция высокотемпературных газовых и водных растворов (флюидов).

Давление представляет собой либо вертикальную нагрузку, обусловленную весом вышележащих пород, либо гидростатическое давление растворов, находящихся между зернами, которое увеличивается с глубиной. Еще одно давление — ориентированное, связанное с тектоническими движениями.

Тепло может быть общим теплом Земли, либо локальным теплом, вызванным трением, либо теплом магматических интрузий.

Активные растворы включают в себя горячие газы, особенно водяной пар и углекислый газ, и горячие растворы с ионами натрия, кальция, фтора, бора, серы.

Температура рудообразования. Установлено, что нижняя граница регионального метаморфизма (по пределу устойчивости каолина) колеблется в пределах 450-500°C, переход от низкой к средней температуре (по исчезновению хлорита) — при 600°C, от средней к высокой температуре (по устойчивости мусковита) — при 700-750°C, а верхняя граница, установленная по парагенезису пироксена и гиперстена — 900-950°C. Такие высокие значения не достижимы при простом погружении толщ горных пород и заключенных в них полезных ископаемых. Поэтому считается, что важным источником метаморфизма является периодически усиливающийся тепловой поток из недр Земли.

Давление при рудообразовании может достигать 1500-1700 МПа. Образование различных кристаллических сланцев происходит в пределах давлений 700-200 МПа.

При этом выделяются различные метаморфические фации (в порядке возрастания): цеолитовая, зеленосланцевая, амфиболовая, глаукофановая, гранулитовая, эклогитовая.

1. цеолитовая формируется при температуре 100-350 С⁰ и давлении не выше 300 МПа, полезные ископаемые – месторождения самородной меди Верхнее озеро США.

2. зеленосланцевая возникает при температуре 300-550 С⁰ и давлении 200-500 МПа, ей соответствует: магнетит-гематитовые железистые кварциты, золото-урановые руды Витватерсранд (ЮАР), наждака, графита, асбеста, нефрита.

3. глаукофановая, образуется при температуре 350-600 С⁰ и давлении 400-600 МПа, ей отвечают месторождения силикатных руд марганца и цинка.

4. амфиболитовая формируется при температуре 600-800 С⁰ и давлении 400-600 МПа, с ней ассоциируют: кианит, андалузит, силлиманит, корунд, гранат, флогопит, апатит, лазурит.

5. гранулитовая возникает при температуре 700-1000 С⁰ и давлении 600-900 МПа, месторождения амфибол-пироксен-магнетитовых кварцитов, гранатов, рутила.

6. эклогитовая образуется при температуре 600-800 С⁰ и давлении 80-1200 МПа, полезные ископаемые – рутил.

Примеры регионально метаморфизованных месторождений, контактово-метаморфических месторождений, динамометаморфических месторождений, импактитовые месторождений.

Примером метаморфизованных месторождений являются железистые кварциты Курской магнитной аномалии (КМА) и Криворожского месторождения, марганцевые месторождения Индии, урансодержащие золотоносные конгломераты месторождения Витватерсранд (ЮАР), свинцово-цинковые руды месторождения Брокен-Хилл в Австралии.

К контактово-метаморфизованным относятся Южноякутские магнетитовые месторождения железа, Курейское месторождение графита (Красноярский край), месторождения корунда и наждака в Греции.

Метаморфические месторождения - месторождения флогопита на Алданском щите, кианитовые и силлиманитовые месторождения на Кольском полуострове, в Карелии, графита на Украине и др.

Примером динамометаморфических месторождений являются: Кокчетавское месторождение алмазов, месторождение золота Бакрчик (Казахстан).

К импактитовым месторождениям возможно относятся алмазы некоторых месторождений Архангельской провинции.

Вопросы для самоконтроля знаний:

- 1. Что такое метаморфизованные месторождения?***
- 2. Что такое метаморфические месторождения?***
- 3. Что такое региональный и локальный метаморфизм (контактовый, динамометаморфизм, ударный метаморфизм)?***
- 4. Что означает термин автометаморфизм?***
- 5. Какой геологический возраст имеют метаморфогенные месторождения?***
- 6. Какова роль воды в метаморфическом процессе?***
- 7. Какие фации характерны для регионального метаморфизма?***
- 8. Какие температуры и давления характерны для фаций регионального метаморфизма?***
- 9. Какие полезные ископаемые характерны для цеолитовой и зеленосланцевой фаций?***
- 10. Какие полезные ископаемые характерны для глаукофановой и амфиболитовой фаций?***
- 11. Какие полезные ископаемые характерны для гранулитовой и эклогитовой фаций?***
- 12. Приведите примеры полезные ископаемые и месторождений контактового метаморфизма.***
- 13. Приведите примеры полезные ископаемые и метаморфических месторождений.***

ОСНОВЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Условия залегания и мощности рудных тел и залежей

По величине угла падения рудных тел различают: горизонтальное (до 5°), пологое (до 25°), наклонное ($25-45^\circ$), крутое (более 45°) залегание.

По мощности залежей обычно выделяют: 1) тонкие - до 1-1,5 м; 2) средние - от 1-1,5 до 3-4 м; 3) мощные - от 3-4 до 8-10 м; 4) весьма мощные - от 10 до 50 м. Иногда выделяют сверхмощные - более 50 м.

Показатели качества полезного ископаемого

Свойства полезного ископаемого, определяющие его промышленную ценность и возможности их использования объединяются общим понятием - качество полезного ископаемого. Показатели качества весьма разнообразны для каждого минерального вида сырья. К ним относятся химический и минеральный состав, текстурно-структурные особенности, физические и технологические свойства.

Химический состав - важнейшая характеристика качества для большинства руд черных, цветных, редких и благородных металлов, так как качество руд характеризуется прежде всего их химическим составом - содержанием ценных компонентов и вредных примесей.

Химические элементы, входящие в состав полезного ископаемого делятся на главные и попутные компоненты. Главные компоненты определяют промышленное значение месторождения, по содержанию главных компонентов проводят контуры рудных тел и промышленных сортов руд. Среди главных компонентов выделяют полезные и вредные (например, в железных рудах полезным компонентом является железо, а вредными - сера и фосфор). Так, богатую серой железную руду перед плавкой необходимо предварительно подвергнуть обогащению или обжигу (агломерации) для удаления серы. В то же время следует иметь в виду, что сами по себе сера и фосфор являются полезными компонентами, и если их отделить, то они составят дополнительную ценность. Так, при содержании

фосфора (более 5 %) в железной руде при процессе выплавки получают высокосортную сталь и шлаки - ценное фосфатное удобрение.

В большинстве случаев руда, кроме главных, содержит попутные компоненты. Попутные компоненты делятся на две группы: образующие собственные минералы (так, в магнетитовых рудах сера и медь образуют сульфиды и могут быть выделены в пиритный и медный концентраты); не образующие собственных минералов (например, ванадий входит изоморфно в состав магнетита и извлекается при выплавке стали из мартеновских шлаков).

К этой же группе относятся рассеянные элементы: кадмий, индий, торий, галлий, германий, рений и др. При содержании в рудах попутных компонентов - руды называются комплексными.

Во многих случаях на качество руд влияет минералогический состав, их структура и текстура. Например, железо, входящее в магнетит, извлекается из руд почти полностью, а находящееся в силикатных минералах практически не поддается извлечению. В рудах олова: касситерит - легко извлекается при обогащении, а руды содержащие станнин - практически не поддается обогащению.

От текстурно-структурных особенностей в большой степени зависят технологические свойства руд: мелкодисперсные руды, характеризующиеся тонким взаимным проращением отдельных минералов отличаются трудной обогатимостью. Некоторые руды алюминиевого сырья сложенные тонкозернистыми агрегатами вообще не поддаются обогащению (так называемые "упорные" бокситы).

Различия в качестве руд требуют выделения на месторождениях участков, сложенных разными рудами, что должно отражаться на геологической документации. Руды, в которых рудных минералов больше 80% обычно называют сплошными или массивными, если рудных минералов меньше 80% (при вкрапленной текстуре), то руды называются вкрапленными.

Различают вкрапленность густую (до 50%), среднюю (до 30%) и бедную или убогую (менее 30%). Содержание полезных компонентов для разных полезных ископаемых выражается: в процентах, в граммах на тонну, в граммах на кубический метр.

Для одних полезных ископаемых определяется содержание элементов, для других - содержание оксидов или минералов.

Согласно "Положения о порядке учета запасов полезных ископаемых, постановке их на баланс и списания с баланса" на государственном балансе учитываются в виде металлов (элементов): медь, свинец, цинк, золото, платиноиды, молибден, уран, сурьма, ртуть, фтор, рассеянные элементы (галлий, гафний, германий, индий, рений, рубидий, селен, скандий, таллий, теллур, цезий); в виде оксидов: MgO , Nb_2O_5 , TiO_2 , Ta_2O_5 , K_2O , ZrO_2 , Li_2O , V_2O_5 ; редкоземельные металлы (сумма TR_2O_3); в виде минералов: асбест, флюорит, гранат, корунд, алмаз, мусковит.

Ряд полезных ископаемых (хром, железо, марганец, бокситовые и нефелиновые руды и др.) государственным балансом учитываются только в виде руд, качество которых определяется требованиями ГОСТов, стандартов и технических условий.

Классификация руд по содержанию полезных компонентов

Руды по содержанию полезных компонентов делятся на: богатые, рядовые (средние) и бедные (убогие).

Классификация ресурсов и запасов полезного ископаемого

В Российской Федерации приняты единые принципы подсчета, оценки и государственного учета запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Запасы полезных ископаемых подсчитываются в недрах без введения поправок на потери и разубоживание при добыче, обогащении и переработке. Подсчет и учет запасов полезных ископаемых производится по объектам (месторождениям) в единицах массы или объема.

Прогнозные ресурсы категории P1, P2 и P3. Прогнозные ресурсы по степени их обоснованности подразделяются на категории P1, P2 и P3.

Прогнозные ресурсы категории P1 учитывают возможность выявления новых рудных тел полезного ископаемого на рудопрооявлениях, разведанных и разведываемых месторождениях. Для количественной оценки ресурсов этой категории используются геологически обоснованные представления о размерах и условиях залегания известных тел. Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических исследований площадей возможного нахождения полезного ископаемого, а также на материалах одиночных структурных и поисковых скважин и геологической экстраполяции структурных, литологических, стратиграфических и других особенностей, установленных на более изученной части месторождения и определяющих площади и глубину распространения полезного ископаемого, представляющего промышленный интерес.

Прогнозные ресурсы категории P2 учитывают возможность обнаружения в бассейне, рудном районе, узле, поле новых месторождений полезных ископаемых, предполагаемое количество которых основывается на положительной оценке выявленных при крупномасштабной геологической съемке и поисковых работах проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная перспективность которых установлены единичными выработками. Количественная оценка ресурсов, представления о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд основываются на аналогиях с известными месторождениями того же формационного (генетического) типа. Прогнозные ресурсы оцениваются до глубин, доступных для эксплуатации при современном и возможном в ближайшей перспективе уровне техники и технологии разработки месторождений. Возможное изменение параметров кондиций по сравнению с аналогичными месторождениями должно иметь соответствующее обоснование.

Прогнозные ресурсы категории P3 учитывают лишь потенциальную возможность открытия месторождений того или иного вида полезного ископаемого на основании благоприятных магматических,

стратиграфических, литологических, тектонических и палеогеографических предпосылок, выявленных в оцениваемом районе при средне- и мелкомасштабном региональном геологическом изучении недр, дешифрировании космических снимков, а также при анализе результатов геофизических и геохимических исследований. Количественная оценка ресурсов этой категории производится без привязки к конкретным объектам по предположительным параметрам на основе аналогии с более изученными районами, площадями, бассейнами, где имеются разведанные месторождения того же генетического типа.

Группировка месторождений по сложности геологического строения

В зависимости от сложности геологического строения месторождения подразделяются на следующие группы: *1-я группа*. Месторождения (участки) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов. Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий А, В, С1 и С2 (будут охарактеризованы ниже).

2-я группа. Месторождения (участки) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко второй группе относятся также месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки.

Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий В, С1 и С2.

3-я группа. Месторождения (участки) очень сложного геологического строения со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися очень изменчивыми мощностью и внутренним строением, либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением основных ценных компонентов. Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категориям С1 и С2.

4-я группа. Месторождения (участки) с мелкими, реже средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категории С2.

При отнесении месторождений к той или иной группе могут использоваться количественные показатели оценки изменчивости основных свойств оруденения, характерные для каждого конкретного вида полезного ископаемого.

Запасы категорий А, В, С1 и С2

Запасы твердых полезных ископаемых по степени их разведанности подразделяются на категории А, В, С1 и С2.

Запасы категории А выделяются на участках детализации месторождений 1-й группы сложности и должны удовлетворять следующим требованиям: - установлены размеры, форма и условия залегания тел полезных ископаемых, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения; -

определены природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлены состав и свойства; качество их охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам; - изучены распределение и формы нахождения в минералах и продуктах переделов полезного ископаемого ценных и вредных компонентов; - контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам по результатам их детального опробования. Отнесение запасов к категории А практически означает, что в пределах каждого подсчетного блока детальность выяснения морфологических особенностей и строения залежей должны обеспечивать только один, единственно правильный вариант увязки разведочных данных по смежным горным выработкам и скважинам. Оконтуривание запасов категории А производится по предельно густой сети разведочных выработок только путем интерполяции данных между смежными пересечениями.

Запасы категории В выделяются на участках детализации месторождений 1-й и 2-й групп сложности геологического строения и должны удовлетворять следующим требованиям: - установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлены их положение и амплитуды смещений, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений; - определены природные разновидности, выделены и при возможности, оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественного соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам; 15 - определены минеральные формы нахождения полезных и

вредных компонентов; - контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с включением в него ограниченной зоны экстраполяции, обоснованной геологическими критериями, данными геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории C1 составляют основную часть запасов разведываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп, а также выделяются на участках детализации месторождений 4-й группы сложности и должны удовлетворять следующим основным требованиям: - выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения, оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, а для пластовых месторождений и месторождений строительного и облицовочного камня также наличие площадей развития малоамплитудных тектонических нарушений; - определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам; - контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологически обоснованной экстраполяции. Запасы категории C2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы составляют основную часть запасов и должны удовлетворять следующим требованиям: - размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены

вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок; - качество и технологические свойства полезного ископаемого определено либо по единичным лабораторным пробам, либо по аналогии с более изученными участками того же или аналогичного месторождения; - контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений, а также путем геологически обоснованной экстраполяции параметров, определенных при подсчете запасов более высоких категорий.

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Классификация запасов по экономическому значению

Запасы твердых полезных ископаемых по их экономическому значению подразделяются на две основные группы, подлежащие раздельному подсчету и учету: балансовые (экономические); забалансовые (потенциально экономические).

Балансовые (экономические) запасы подразделяются: а) на запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически эффективно в условиях конкурентного рынка при использовании техники и технологии добычи и переработки сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды; б) на запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам не обеспечивает экономически приемлемую эффективность их разработки в условиях конкурентного рынка из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при осуществлении

со стороны государства специальной поддержки недропользователя в виде налоговых льгот, субсидий и т.п. (гранично экономические или пограничные запасы).

Забалансовые (потенциально экономические) запасы. К ним относятся: а) запасы, отвечающие требованиям, предъявляемым к балансовым запасам, но использование которых на момент оценки невозможно по горнотехническим, правовым, экологическим и другим обстоятельствам; б) запасы, извлечение которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам экономически нецелесообразно вследствие низкого содержания полезного компонента, малой мощности тел полезного ископаемого или особой сложности условий их разработки или переработки, но использование которых в ближайшем будущем может стать экономически эффективным в результате повышения цен на минерально-сырьевые ресурсы, или при техническом прогрессе, обеспечивающим снижение издержек производства. Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если технико-экономическими расчетами установлена возможность их сохранения в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения к забалансовым (экономических, технологических, горнотехнических, экологических и т.п.). Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании специальных технико-экономических обоснований, подтвержденных государственной экспертизой. В этих обоснованиях должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений, дана их стоимостная оценка и предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований природоохранительного законодательства.

Месторождения полезных ископаемых по степени их изученности подразделяются на: - *разведанные*; - *оцененные*.

К разведанным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-геологические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия. Разведанные месторождения по степени изученности должны обеспечивать возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения.

К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горно-геологические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки. Оцененные месторождения по степени изученности должны обеспечивать возможность квалификации всех или большей части запасов по категории С 2.

Принципы изучения недр

Земные недра в полном объеме недоступны для непосредственного наблюдения и поэтому познаются преимущественно выборочным путем по сети пространственно разобщенных естественных обнажений и (или) системы горных выработок. Полнота и достоверность представлений о строении, составе недр и содержащихся в них залежей полезных ископаемых зависят, прежде всего, от густоты сети наблюдений, характера и степени неоднородности изучаемых объектов. Чем меньше размеры и выше изменчивость (прерывистость) свойств месторождений, тем более плотная сеть наблюдений требуется для получения достоверных данных о его составе и строении.

Геологоразведочный процесс, несмотря на большое разнообразие месторождений, имеет в конечном итоге одну и ту же задачу – выявление и оценку запасов залегающих в недрах полезных ископаемых. В связи с этим, в основу поисков и разведки любого месторождения могут быть заложены одни и те же принципы.

А.Б.Каждан (1984) считает, что методологические подходы к изучению недр определяют три основных положения: 1) принцип последовательных приближений; 2) принцип аналогии; 3) принцип выборочной детализации наблюдений.

Согласно *принципу последовательных приближений*, изучение недр производится от общего к частному. При поисках и разведке полезных ископаемых оно начинается с выявления крупных рудоносных площадей (металлогенических провинций и зон, рудных районов) и отбраковки прилегающих к ним заведомо неперспективных территорий. После этого производится более детальное изучение выявленных рудоносных площадей с последовательным выделением внутри них наиболее продуктивных структур и участков, отвечающих рангам рудных узлов и полей. Завершается процесс обнаружением и разведкой месторождений полезных ископаемых с целью подсчета запасов минерального сырья и геолого-экономической оценки значимости их.

Реализация принципа последовательных приближений, таким образом, происходит путем разделения геологоразведочного процесса на ряд стадий, в каждой из которых последовательно сужаются границы объектов исследований, а сами объекты изучаются со всевозрастающей детальностью. Стадии геологоразведочных работ по сути дела и создают цепь последовательных приближений в познании месторождений полезных ископаемых как конечного продукта геологоразведочного процесса.

Принцип аналогии базируется на чертах сходства условий залегания, строения, состава и масштаба месторождений, сформированных в близких геологических условиях. Так, общими свойствами характеризуются

месторождения, относящиеся к определенному геолого-промышленному типу (колчеданный медный и полиметаллический, плутоногенный гидротермальный медно-порфировый, стратиформный свинцово-цинковый и др.) или единой рудной формации (кварц-касситеритовая, формация медистых песчаников и т.д.). Степень подобия месторождений всегда выше у близко расположенных объектов единого геолого-промышленного типа. Еще большим подобием обладают рудные залежи конкретного месторождения, особенно смежные участки их. С позиции принципа аналогии создание соизмеримых эталонов-аналогов необходимо при решении любых прогнозно-металлогенических, поисковых и разведочных задач.

Принцип выборочной детализации предусматривает сочетание геологоразведочных работ в объеме всего объекта изучения с выборочными, более детальными работами на отдельных его участках. Важно правильно выбрать эталонные участки и обеспечить рационально сочетание объемов общих детализационных работ и оптимальную степень геологических наблюдений. Участки детализационных работ, как эталоны-аналоги, должны быть представительными для изучаемого объема недр. При проведении поисков опережающие детализационные работы проводятся на рудопроявлениях, геофизических и геохимических аномалиях, а при разведке – на типичных участках месторождений, рудных зон или залежей.

На эксплуатируемых объектах в качестве эталонов-аналогов используются типовые отработанные участки месторождений. В.М. Крейтер (1961) основными положениями разведки считал: 1) принцип полноты исследования; 2) принцип последовательных приближений; 3) принцип равномерности (равной достоверности); 4) принцип наименьших трудовых и материальных затрат; 5) принцип наименьших затрат времени.

Принцип полноты исследования базируется на необходимости относительно полного и всестороннего освещения объекта работ. Он включает в себя следующие требования: 1) оконтуривание всего месторождения, всех составляющих его залежей полезного ископаемого; 2)

полное пересечение полезного ископаемого или рудной зоны разведочными выработками; 3) полное и всестороннее изучение качества основного полезного ископаемого и сопутствующих ему полезных минеральных скоплений; 4) использование всех данных, полученных с помощью разведочных выработок и других наблюдений, для выяснения гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических особенностей месторождения.

Второй принцип разведки по В.М. Крейтеру (*принцип последовательных приближений*) аналогичен первому принципу А.Б.Каждана.

Принцип равномерности (равной достоверности) вытекает из необходимости более или менее равномерного освещения всего разведываемого месторождения. Он предполагает выполнение следующих требований: 1) равномерное освещение разведочными выработками всего месторождения или отдельных его участков, находящихся в одной и той же стадии разведки; 2) равномерное распределение пунктов опробования в пределах разведочной выработки или участка месторождения; 3) применение на разных участках месторождения технических разведочных средств, дающих соизмеримые результаты; 4) применение равнозначных и равноточных методик исследования вещества.

Принцип наименьших трудовых и материальных затрат предполагает, что количество разведочных выработок, количество проб и объемы всех видов исследований должны быть минимальными, но достаточными для решения задач разведки. Этот принцип предостерегает геолога от возможностей “переразведки” месторождения.

Принцип наименьших затрат времени выражается в необходимости проводить поиски и разведку в кратчайшие сроки, не нарушая других принципов геологоразведочного процесса.

Стадийность геологоразведочных работ (ГРР)

При проведении геологических исследований придерживаются стадийности геологоразведочных работ, заключающейся в последовательности детализации изучения площадей при одновременном уменьшении размеров изучаемых участков согласно принципу последовательных приближений в изучении недр.

Общие положения такого подхода к проведению геологоразведочных работ основаны В.М. Крейтером. В дальнейшем эти идеи получили свое развитие в работах А.Б. Каждана, который первоначально выделил четыре стадии: геологопрогнозную, поисковую, разведочную и геологоразведочные работы в условиях действующего предприятия.

Долгое время использовалась схема, отраженная в приказе Министерства геологии СССР о стадийности геологоразведочных работ (приказ № 161 от 20 апреля 1984 г.), методических указаниях ВИЭМС о проведении геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые по стадиям (1984 г.) и в учебнике А.Б. Каждана (1984г.)

3 февраля 1998 г. распоряжением № 16-Р Министерства природных ресурсов Российской Федерации утверждено новое временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям на твердые полезные ископаемые, которое действует по настоящее время. В зависимости от целей процесс геологического изучения недр подразделяется на 3 этапа и 5 стадий:

Этап I. Работы общегеологического назначения.

Стадия 1. региональное геологическое изучение недр.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3. Оценка месторождений.

Этап III. Разведка и освоение месторождения.

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

Главные правовые акты, определяющие условия недропользования

Главными правовыми актами, определяющими условия недропользования, являются Конституция России, Закон РФ «О недрах» (редакция 2000г.), Федеральные законы «О соглашениях о разделе продукции» (СРП) (редакция 1999г.), «О драгоценных металлах и драгоценных камнях» (редакция 2003г.), а так же законы субъектов Российской Федерации о недрах и ряд других федеральных законов прямо не связанных с недропользованием.

В соответствии с действующими правовыми актами в России недра находятся в государственной собственности. Владение, пользование и распоряжение недрами в пределах государственной границы находятся в совместном ведении Российской Федерации и её субъектов (так называемое «правило двух ключей»), а за пределами границы (в морской экономической зоне и континентальном шельфе) - в исключительном ведении Российской Федерации.

Недра предоставляются в пользование на условиях, определяемых законодательством. Участки недр и находящиеся в них минеральные ресурсы (МР) не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, залога или отчуждаться в какой-либо иной форме. Право собственности на недра отделено от права собственности на землю. Владелец земельного участка не имеет каких-либо прав на соответствующий участок недр.

Пользователь недр обязан произвести в установленном порядке отчуждение (отвод) земельного участка для производства работ, если эти работы связаны с нарушением земной поверхности, строительством зданий, сооружений и т.п. Право собственности на минеральное сырье, добытое из недр, может осуществляться предприятиями и организациями любой формы собственности, предусмотренной законодательством. Добытые из недр полезные ископаемые могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной, частной и иных формах собственности.

Вопрос о собственности на добытое полезное ископаемое или её разделе между недропользователем и собственником недр (государством или субъектом Федерации) определяется условиями лицензионного соглашения.

Право собственности на горное имущество и геологическую информацию принадлежит тому, кто оплатил его создание или приобретение. Если недропользователь получает право собственности лишь на часть добытой продукции, стоимостью которой государство компенсирует затраты, то имущество и активы, приобретенные в этот период, являются собственностью государства.

Геологическая информация, полученная пользователем за счет государственных средств, является собственностью государства, а за счет собственных средств - собственностью недропользователя. Однако геологическая информация, являющаяся собственностью недропользователя, должна представляться им в установленной форме в федеральный и территориальный фонды геологической информации (ВГФ, ТГФ). Собственник может только оговорить условия пользования этой информацией в фондах с учетом собственных интересов.

Система пользования недрами в России включает подсистемы пользования недрами, предоставления недр в пользование и контроля за использованием недрами. Предоставление недр в пользование производится для геологического изучения, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, разведки и добычи полезных ископаемых, включая использование отходов горного производства и других видов деятельности. Недра могут представляться в пользование одновременно для геологического изучения (поиски, разведка) и добычи полезных ископаемых (так называемая совмещенная лицензия). В этом случае добыча может производиться как в процессе изучения, так и после его завершения.

Пользование недрами в РФ, за исключением работ по региональному геологическому изучению и созданию особо охраняемых объектов, является платным. Участок недр для геологического изучения предоставляется на

срок до 5 лет, а для добычи - на срок отработки месторождения полезных ископаемых, обеспечивающего рациональное использование и охрану недр. Сроки пользования участками недр исчисляются с момента государственной регистрации лицензий на пользование этими участками недр.

Положение о лицензировании ГРР

Предоставление недр в пользование осуществляется государством в лице уполномоченных органов (Правительства России и Министерства природных ресурсов (МПР), администрации субъекта РФ и территориального органа МПР). Государство является собственником недр, поэтому именно оно определяет программу освоения недр, участки недр, которые предполагается предоставить в пользование и осуществляет выбор конкретного недропользователя в соответствии с установленным порядком, с последующим юридическим оформлением его прав на пользование.

Государство определяет условия, на которых предполагается передача недр в пользование и публикует их в печати. Недропользователь добровольно решает, подходят ли ему эти условия и, при положительном решении, заявляет, что он готов приступить к использованию недр путем подачи заявки для участия в приобретении права недропользования. При этом он может в той или иной форме вести переговоры об уточнении или изменении условий предоставления недр в пользование.

При достижении взаимного согласования условий недропользователю оформляется лицензия на право пользования недрами, неотъемлемой частью, которой является договор или соглашение об условиях пользования. Объекты лицензирования (участки недр, предоставляемые в пользование) могут быть отнесены к объектам федерального значения. Порядок отнесения объектов к объектам федерального значения, в том числе к федеральному фонду резервных месторождений и условия пользования ими определяются федеральными законами.

Статус участков федерального значения могут получать участки недр, обеспечивающие государственные потребности в стратегических или иных

дефицитных видах сырья, на основании совместных решений органов Федерации и соответствующего субъекта. Лицензия на поиски и оценку месторождений полезных ископаемых удостоверяет право проведения таких работ только на тот вид сырья, который указан в лицензии.

Лицензия на добычу полезного ископаемого может выдаваться на все месторождение или его часть, обособляемую геологическими, горнотехническими или технологическими условиями. Допускается также одновременное предоставление одному недропользователю нескольких лицензий на право добычи по группе близко расположенных месторождений, если экономически рентабельной является только совместная их разработка.

Допускается предоставление лицензии на право добычи на участке недр, где уже действует лицензия на геологическое изучение недр. В этом случае владелец лицензии на геологическое изучение должен быть безотлагательно извещен предоставляющими лицензию органами о принимаемом решении и ему должна быть предоставлена возможность подать заявку на получение лицензии на добычу на общих основаниях.

Лицензия на разведку месторождения отдельно не предоставляется и право разведки предусматривается в лицензии на добычу. Лицензия является юридическим документом, удостоверяющим право её владельца на пользование участком недр в определенных границах, с указанной в лицензии целью, в течение установленного срока и при соблюдении оговоренных условий.

Лицензия представляет собой установленной формы бланк с Государственным гербом Российской Федерации. Законодательством установлено два статуса участков недр, на которые выдается лицензия: геологического отвода и горного отвода. Статус геологического отвода получают участки, предоставляемые для геологического изучения, проводимого без существенного нарушения их целостности. В пределах одного геологического отвода могут быть выданы несколько лицензий на различные виды деятельности, включая, например, поиски и оценку

различных полезных ископаемых или поиски и оценку, разведку и добычу полезных ископаемых. Эта лицензия может выдаваться как одному, так и нескольким недропользователям.

В пределах одного горного отвода может быть выдана только одна лицензия одному недропользователю, получающему по ней исключительное право деятельности в этих пределах в соответствии с лицензией.

Деятельность иных лиц, связанная с использованием недрами в границах горного отвода, допускается только с разрешения владельца лицензии.

Лицензия на пользование недрами на условиях СРП выдается после подписания такого соглашения между владельцем недр (государством) и инвестором. Предоставление недр в пользование может производиться на соревновательной и бесконкурсной основе.

На бесконкурсной основе право на пользование недрами может быть предоставлено: - при установлении факта открытия месторождения пользователем недр, проводившим их геологическое изучение за счет собственных средств (для разведки и добычи полезного ископаемого); - для геологического изучения недр; - для геологического изучения и добычи подземных вод для питьевого водоснабжения населения или технического водоснабжения предприятий и других случаях, не относящихся к разведке месторождений твердых полезных ископаемых.

На соревновательной основе предоставление недр в пользование производится посредством проведения конкурсов или аукционов. Аукционная форма предусматривает оповещение конкурентов о минимально необходимых технико-экономических показателях (ТЭП) ведения работ, сроках и порядке платежей и др. Победителем аукциона признается заявитель, предложивший максимальную плату за получение права на пользование недрами.

Конкурсная форма предусматривает оповещение об условиях конкурса, включая желаемые ТЭП, а также требования по охране окружающей среды, решению социальных вопросов и др. Победителем конкурса признается

заявитель, предоставивший экономически приемлемые и наиболее соответствующие условиям технические решения. В процессе подведения итогов конкурсов (аукционов) может применяться двухэтапная система с предварительным отбором претендентов в финальную группу, а затем выявлением среди финалистов претендента, предложившего максимальный бонус подписания. В случае равных бонусов допускается открытый аукцион. Сборы за участие в конкурсе (аукционе) не возвращаются.

***Уполномоченные органы, осуществляющие контроль и надзор за
пользованием недрами и характер их деятельности***

Контроль и надзор за оценкой и разведкой месторождений полезных ископаемых и другими видами пользования недрами осуществляют органы Государственного геологического контроля (Госгеолконтроль Минприроды РФ) и органы федерального горного и промышленного надзора (Госгортехнадзор РФ), а также другие контрольные органы в соответствии с их компетенцией (ГКЗ РФ, природоохранные органы, Госатомнадзор и др.).

Государственный геологический контроль включает контроль за геологическим изучением недр и их рациональным использованием и охраной.

Задачей государственного геологического контроля является обеспечение соблюдения всеми пользователями недр установленного порядка пользования, законодательства, утвержденных в установленном порядке норм и правил в области геологического изучения, использования и охраны недр, правил ведения учета и отчетности.

Органы Госгеолконтроля входят в структуру МПР РФ и его территориальных подразделений и руководствуются в своей деятельности Положением, утвержденным постановлением Правительства РФ.

Федеральный горный и промышленный надзор выполняет в качестве основной контрольной функции надзор за безопасным ведением работ, включая вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации горных предприятий. Совместно с органами Госгеолконтроля

Госгортехнадзор рассматривает и решает вопросы списания запасов полезных ископаемых, утративших промышленное значение, потерянных при добыче или не подтвердившихся при дальнейшем геологическом изучении или отработке, а также согласовывает и контролирует нормативы потерь и разубоживания для всех технологических процессов добычи и переработки МС.

Обе контрольные службы в пределах своей компетенции имеют право беспрепятственно осуществлять необходимые проверки деятельности предприятий, связанных с недропользованием, независимо от форм собственности. Государственная экспертиза запасов полезных ископаемых производится для обеспечения правильного учета их состояния и движения, правильности отнесения к экономическим группам и категориям изученности в соответствии с действующей классификацией, для определения возможности предоставления скидок и льгот по платежам за пользование недрами, составления Государственного баланса запасов и Государственного кадастра месторождений и др. Государственный кадастр месторождений полезных ископаемых содержит сведения по каждому месторождению, характеризующие количество и качество запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов, условия разработки месторождения и его геолого-экономическую оценку.

Государственные балансы запасов полезных ископаемых содержат сведения о количестве, качестве и степени изученности запасов полезных ископаемых по месторождениям, имеющим промышленное значение, их размещении, степени промышленного освоения, добыче, потерях и обеспеченности промышленности разведанными запасами. Государственная экспертиза результатов геологического изучения недр проводится Государственной комиссией по запасам Минприроды РФ (ГКЗ) или территориальными комиссиями по запасам (ТКЗ) при территориальных органах Минприроды РФ. Поскольку работы по геологическому изучению

недр являются работами повышенной опасности, пользователи недр, ведущие горные работы, должны обслуживаться профессиональными службами горноспасателей.

Право ведения буровых работ на твердые полезные ископаемые, проходку горных выработок должно подтверждаться лицензией на эти виды деятельности, связанные с геологическим изучением недр.

Задание:

- 1) Дайте определение балансовых и забалансовых запасов.***
- 2) Дайте краткую характеристику прогнозных ресурсов категории P1, P2 и P3.***
- 3) Каковы основные показатели качества полезного ископаемого?***
- 4) Приведите примеры месторождений с богатыми, рядовыми и убогими рудами.***
- 5) Какие группы выделяются по сложности геологического строения?***
- 6) Дайте краткую характеристику запасам категорий A, B, C1 и C2.***
- 7) Перечислите основные принципы изучения недр.***
- 8) Перечислите действующие стадии геолого-разведочных работ.***
- 9) Перечислите главные правовые акты, определяющие условия недропользования:***
- 10) Основные положения о лицензировании ГРП***
- 11) Уполномоченные органы, осуществляющие контроль и надзор за использованием недрами и характер их деятельности.***

Поисковые критерии оруденения

Основой эффективных поисков и прогнозирования полезных ископаемых является знание поисковых критериев и признаков промышленного оруденения изучаемых площадей и структур. Поисковыми критериями принято называть совокупность геологических факторов, определяющих условия образования и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых в земной коре. Признаками рудоносности или поисковыми признаками считаются факторы, прямо или

косвенно указывающие на присутствие полезного ископаемого в пределах изучаемого объема недр.

Поисковые критерии отражают предшествующие процессы рудообразования, способствуют познанию их и создают условия для обнаружения промышленных скоплений полезных ископаемых и, таким образом, являются ведущими геологическими предпосылками прогноза и поиска месторождений.

Поисковые признаки обусловлены образованием и последующим разрушением месторождений, это - следы процессов и явлений, сопутствующих образованию, изменению и разрушению месторождений.

Поисковые критерии могут быть универсальными, выраженными повсеместно, региональными, свойственными крупным структурам земной коры, и локальным, проявляющимся в пределах определенных рудных районов, рудных узлов, полей и месторождений.

Поисковые признаки отражают многообразие форм проявления минерализации на изучаемых срезях рудоносных структур. Анализ и учет значимости тех и других в конкретных условиях определяет комплекс поисковых критериев и признаков промышленного оруденения. При выявлении поисковых критериев анализируются рудоконтролирующие факторы: стратиграфические, литологические и литологофациальные, магматические, структурные и геоморфологические. Учитываются данные формационного анализа геологических образований региона и эрозионный срез рудоносных структур.

Стратиграфические критерии основаны на устойчивых связях оруденения с определенными возрастными уровнями и типами геологического разреза земной коры. Они играют особо важную роль при прогнозировании осадочных, вулканогенно-осадочных, метаморфогенных, стратиформных и колчеданных месторождений. Так, многие полезные ископаемые тесно связаны с отложениями определенного возраста и не

встречаются или сравнительно редко обнаруживаются в геологических разрезах других металлогенических эпох.

Литологические и литолого-фациальные критерии базируются на выявлении и использовании тесных связей полезных ископаемых с осадочными, вулканогенно-осадочными породами определенного состава и типичными литофациями их. Наибольшую значимость эти критерии приобретают при поисках и прогнозировании осадочного, вулканогенно-осадочного и стратиформного телетермального оруденения.

Магматические критерии предполагают наличие генетических или парагенетических связей оруденения с магматическими телами - с плутонами, экструзивными, субвулканическими телами, поясами малых интрузий. В соответствии с этими представлениями рудное вещество выносится из глубин в более верхние зоны земной коры и на ее поверхность магматическими расплавами и сопровождающими их флюидами. Основными факторами магматического оруденения считаются: 1) связь тех или иных эндогенных месторождений с определенными типами изверженных пород; 2) закономерное размещение месторождений по отношению к магматическим телам. Особое значение при прогнозе промышленного оруденения имеет оценка глубины формирования и уровня эрозионного среза рудоносных магматитов и прилегающих к ним структур.

Структурные критерии базируются на закономерностях размещения оруденения в геологических структурах разного типа и масштаба. При изучении структурных условий рудолокализации необходимо различать: 1) структуры, определяющие типичные геологические позиции рудных полей в пределах металлогенических провинций, рудных поясов, рудных районов; 2) структуры, контролирующие размещение оруденения в пределах рудных полей - структуры рудных полей, месторождений и рудных тел. К первому типу относятся глобальные и региональные рудоконтролирующие и рудоконцентрирующие структуры - линеаменты и глубинные разломы, крупные складчатые и купольные структуры, вулканические и вулкано-

тектонические сооружения, зоны смятия, разломы и надвиги. Структурные факторы, определяющие закономерности рудолокализации в пределах рудных полей и месторождений, многообразны. Для магматических месторождений (плутоногенная серия рудных полей) ведущую роль играют структуры вмещающих интрузивов (структуры расслоения интрузивов, контракционные и тектонические трещины), определяющие закономерное размещение рудных шлиров, стратифицированных залежей (донные и многоярусные) и комбинацию согласных рудных тел с секущими формами. На рудных полях плутоногенно- и вулканогенно-тектонической серии закономерности определяются: 1) кольцевыми, коническими, радиальными разломами, трещинами и узлами их пересечений, жерловыми структурами и структурами расслоения магматических пород; 2) структурами эндо-экзоконтактовых и апикальных зон интрузивов; 3) элементами и комбинацией элементарных структур вулканических и вулканотектонических сооружений (рудные поля вулканических сооружений, аппаратов и трубок взрывов); 4) контракционными и тектоническими трещинами (штокверковые и жильно-штокверковые рудные поля зон повышенной трещиноватости).

На эндогенных рудных полях тектонической серии определяющее значение в рудолокализации играют трещины и разломы, зоны повышенной трещиноватости и расщепления, узлы их пересечения и сочленения, а также согласные структуры слоистых толщ (шарниры складок, флексуры, зоны межпластовых срывов и дробления, пласты «благоприятных» пород, геологические экраны) и комбинированные при сочетании согласных структур с секущими и благоприятными для метасоматоза горизонтами пород. Для экзогенных месторождений рудоносными являются структуры слоистой анизотропии (напластования, внутриформационного расслоения, выклинивания поверхности несогласий, рифовые, карстовые), а метаморфогенных - структуры: метаморфических комплексов (элементы

гранитно-гнейсовых куполов, зоны повышенного рассланцевания, складки скалывания и течения, структуры будинажа).

Геоморфологические критерии основаны на наличии пространственной связи месторождений полезных ископаемых с современными и древними формами рельефа. В отношении рельефа все месторождения можно сгруппировать в две выборки: 1) месторождения, сформированные в связи с образованием рельефа - экзогенные и 2) месторождения, возникшие вне связи с рельефом, - эндогенные. Геоморфологические критерии используются, прежде всего, для поисков и прогноза россыпей.

Формационные критерии предполагают наличие тесных связей полезных ископаемых с определенными геологическими формациями или их составными частями (ассоциациями пород). Типовыми примерами являются устойчивые взаимосвязи медноколчеданных и полиметаллических месторождений со спилит-базальтовой и риолит-базальтовой (спилит-кератофировой) формациями эвгеосинклиналей, редкометальных месторождений - с орогенной формацией слюдяных гранитов батолитового типа, сульфидных медно-никелевых руд - с габбро-норитовой и трапповой формациями платформ, золоторудных месторождений - с гранитоидной формацией повышенной основности орогенных структур и т.д. Закономерное сочетание определенных типов месторождений с конкретными формациями определяется единством процессов магматизма и рудообразования. Некоторые геологические формации выполняют роль регионального геологического экрана. При крупномасштабном прогнозировании исследователь чаще всего имеет дело с составными частями формаций – конкретными ассоциациями пород, выполняющими ту или иную роль в рудогенезе. Выявление этой роли и значимости формационных предпосылок конкретизирует прогнозные рекомендации и делает их более объективными.

Поисковые признаки рудоносности. Поисковые признаки рудоносности - это геологические, минералогические, геохимические, геофизические,

геоботанические, геоморфологические, историко-геологические и иные факты, прямо или косвенно указывающие на наличие или на возможность выявления полезного ископаемого в недрах исследуемого региона. Они разделяются на природные, связанные с формированием и разрушением месторождений, и техногенные, связанные с деятельностью людей, разрабатывавших и перерабатывавших полезные ископаемые.

Различают **прямые** поисковые признаки, непосредственно указывающие на наличие того или иного оруденения, и **косвенные**, свидетельствующие о возможности обнаружения такого оруденения.

К прямым поисковым признакам относятся: 1) выходы полезного ископаемого на поверхность; 2) первичные ореолы рассеяния полезных минералов и рудообразующих элементов; 3) вторичные механические, литохимические, гидрохимические, атмохимические, биохимические ореолы и потоки рассеяния полезных минералов и рудообразующих элементов; 4) геофизические аномалии (радиометрические, частью магнитные и др.); 5) следы старых горных работ с остатками рудного материала или переработки полезного ископаемого.

К косвенным поисковым признакам относятся: 1) измененные околорудные породы-индикаторы оруденения; 2) минералы и элементы спутники оруденения; 3) геофизические аномалии (гравиметрические, электроразведочные, частью магнитные и др.); 4) ботанические; 5) геоморфологические; 6) историко-географические данные о горных промыслах. Относительная ценность (вес) поисковых признаков зависит от конкретной геологической ситуации. В общем случае прямые поисковые признаки оцениваются выше, чем косвенные, так как они быстрее приводят к конечной цели - открытию месторождения.

Природные условия ведения поисковых работ

Под природными условиями ведения поисковых работ подразумевается совокупность геологических, геоморфологических, биоклиматических и других природных факторов, определяющих условия нахождения, формы

проявления и возможности обнаружения месторождений полезных ископаемых. На выбор эффективных поисковых методов в тех или иных районах решающее влияние оказывают структурно-геологические условия и степень расчленения рельефа, ландшафтно-климатические условия, мощность насосов и обнаженность территорий.

Структурно-геологические условия поисков

В.И.Красниковым выделены три типа региональных геологических структур с принципиально различными условиями ведения поисковых работ:

- открытые районы складчатых областей (однорусные районы с подтипами: I а – щиты и байкалиды, I б – поднятые области палеозойской, мезозойской и кайнозойской складчатости);
- открытые районы платформ (двухъярусные районы подтипами: 2 а – платформы без существенного проявления магматизма, 2 б- открытые районы платформ, осложненные процессами тектоно-магматической активизации);
- закрытые районы с региональным покровом четвертичных отложений значительной мощности (3 а – закрытые районы платформ, 3 б – закрытые районы складчатых областей) (табл.5.1.).

Первый тип региональных структур – поднятые и в разной мере эродированные щиты, геосинклинально-складчатые пояса и активизированные области различного возраста, для которых характерны субвертикальная ориентировка рудоносных структур и наиболее благоприятные условия для вывода рудных месторождений на дневную поверхность. Рациональные методы поисков этих обстановках могут базироваться на естественном эрозионном вскрытии продуктивных геологических формаций и содержащихся в них разнообразных месторождений полезных ископаемых

Первый тип региональных структур – поднятые и в разной мере эродированные щиты, геосинклинально-складчатые пояса и активизированные области различного возраста, для которых характерны субвертикальная ориентировка рудоносных структур и наиболее благоприятные условия для вывода рудных месторождений на дневную

поверхность. Рациональные методы поисков этих обстановках могут базироваться на естественном эрозионном вскрытии продуктивных геологических формаций и содержащихся в них разнообразных месторождений полезных ископаемых.

Ко второму типу структур относятся открытые районы платформ двухъярусного строения. В фундаменте платформ возможно обнаружение месторождений, свойственных первому типу структур. В чехлах платформ преобладают рудовмещающие структуры и рудные залежи субгоризонтального залегания, нередко экранированные траппами. В связи с этим рациональные поиски в открытых районах платформ должны быть комбинированными. Они основываются, с одной стороны, на естественном эрозионном вскрытии продуктивных формаций и месторождений верхних стратиграфических горизонтов, а с другой – на вскрытии более глубоких рудоносных уровней системой скважин в сочетании с глубинными геофизическими исследованиями. Более детальное районирование территорий по структурно-геологическим условиям поисков осуществляется на основе геологических и специализированных карт (тектонических, структурно-формационных, прогнозно-металлогенических и др.).

Степень расчленения рельефа. Геоморфологические условия являются важнейшим природным фактором, влияющим на выбор эффективных методов поисковых работ. В основе генетической классификации рельефа заложено его разделение на эрозионно-тектонический и аккумулятивный (В.И.Красников, 1965). Первый формируется при общем поднятии участков земной коры и их денудации, второй – за счет аккумуляции осадков на общем фоне понижения земной поверхности в результате ее денудации и опускания. Эрозионно-тектонический рельеф представлен горным и структурным типами. Среди горного рельефа различаются высокогорный, нагорья, среднегорный и низкогорный подтипы.

Высокогорный рельеф характеризуется значительными высотами (до 4000-7000 м) и резким расчленением (превышения хребтов над долинами до

2000-3000 м), что предопределяет интенсивное физическое выветривание и хорошую обнаженность коренных пород. Физическое выветривание опережает процессы химического разложения руд, поэтому зона окисления на месторождениях практически отсутствует, но хорошо развиты ореолы и потоки механического рассеяния рудного вещества. Наличие глубоко промываемых структур в условиях хорошо развитой гидросети способствует образованию гидрогеохимических ореолов рассеяния. Эффективными методами поисков в условиях высокогорья является геологическая съемка с использованием аэрокосмофотоснимков, обломочно-речной, валуно-ледниковый, шлиховой, гидрохимический и поиски по донным осадкам. В связи с трудностями работ (плохая проходимость, отсутствие транспортных путей) главным методом поисков в таких районах считается геологическая съемка.

Нагорья – высоко поднятые и относительно слабо расчлененные горные массивы, размещающиеся во внутренних частях горных сооружений. Абсолютные отметки от 700-1000 до 4000 м с глубиной расчленения от 200-300 до 500-700 м. Рельеф обычно волнистый, сглаженный или пологий с округлыми гольцами и плоскими водоразделами, покрытыми каменными россыпями или заболоченными, и широкими долинами, выполненными аллювием. Большие площади нагорий покрыты лесами, болотами и каменными россыпями, что значительно затрудняет поиски. В таких условиях наиболее эффективны геохимические методы поисков в сочетании с аэрогеологическими и аэрогеофизическими исследованиями.

Среднегорный рельеф характеризуется абсолютными отметками до 3000-3500 м с глубиной расчленения от 500-1000 м и более. Степень обнаженности районов различна, но всегда хуже, чем в условиях высокогорья. Северные склоны порывы растительностью больше южных. Процессы химического разложения руд происходят интенсивно, поэтому зона окисления иногда достигает значительной глубины. Широко проявлены механические, литохимические и гидрохимические ореолы и потоки

рассеяния. В этих условиях практически применимы все методы поисков. При этом должна учитываться широтная климатическая зональность. Геологическая съемка (и поиски) должны сопровождаться выполнением значительных объемов горных выработок.

Низкогорный рельеф (мелкосопочник) характеризуется абсолютными отметками от 100-200 до 1000 м с относительными превышениями 100-300 м. Склоны, вершины и водоразделы пологие, покрыты элювиальноделювиальными отложениями, почвенным слоем и нередко растительностью. Значительную роль в выборе методов поисков играют климатические обстановки. В условиях низкогорья поиски методом геологической съемки менее эффективны по сравнению с высоко- и среднегорными районами. Особенно не благоприятны для поисков широкие долины и межгорные впадины. В связи с плохой обнаженностью здесь требуются большие объемы горных и буровых работ. Эффективность поисков в таких районах повышается за счет широкого применения обломочно-речного, шлихового и особенно геохимических (все виды) и геофизических методов. Большую помощь могут оказать аэрокосмометоды.

Скульптурный рельеф выражен на плоскогорьях и плато, вскрытых речными долинами. Расчлененность относительно слабая, глубина расчленения рельефа не превышает 200-350 м. Коренные породы имеют обычно субгоризонтальное залегание и вскрываются только по ступенчатым долинам рек. Обширные водораздельные пространства перекрыты трапами или мощными рыхлыми отложениями. Все это затрудняет проведение поисковых работ. Главное внимание в таких районах уделяется долинам рек и их склонам, где наиболее эффективны геологическая съемка в сочетании с обломочноречным и шлиховым методами поисков. Водораздельные пространства изучаются, в основном, путем дешифрирования аэрофотоматериалов, высотных и космических снимков, а также аэрогеофизическими методами.

Аккумулятивный рельеф характерен для пониженных частей земной поверхности (равнинные низменности, предгорные равнины и межгорные котловины). Наиболее типичные обширные аллювиальные равнины с абсолютными отметками до 200 м. Коренные породы в них перекрыты мощным чехлом аллювия, озерных и других отложений. Различается ледниковый, эоловый и морской аккумулятивный рельеф. Области развития аккумулятивных форм рельефа лишены естественных обнажений и крайне не благоприятны для поисков эндогенных месторождений. Геологическая съемка и поиски в этих условиях проводятся в сочетании с геофизическими методами и сопровождаются большими объемами горно-буровых работ. В условиях ледникового рельефа возможно использование валунно-ледникового и геохимических методов.

Ландшафтно-климатические условия поисков

В основу ландшафтного районирования территорий по условиям проведения поисковых работ принимается комплекс признаков, характеризующий особенности географического ландшафта. Основными комплексами ландшафта является рельеф, почвенно-растительный слой, покров рыхлых отложений, коры выветривания, коренные породы, почвенно-грунтовые и поверхностные воды. Все составляющие ландшафта тесно взаимосвязаны и зависят от геологического строения, проявлений неотектоники и климата района. Наименьший участок, в пределах которого сочетаются предельнооднородные части ландшафта, определяется как элементарный ландшафт. Это элемент рельефа, сложенный одной породой, одним типом рыхлых отложений и развитием определенного типа почвенно-растительного покрова. С учетом геоморфологических признаков и расположения относительно уровня грунтовых вод выделяются четыре главных типа элементарных ландшафтов: водораздельный, склоновый, подножий склонов и местных водоемов (А.Б. Каждан, 1984). Элементарные ландшафты водоразделов являются «автономными». Они покрыты рыхлыми элювиальными и элювиальноделювиальными отложениями, образованными

за счет разрушения «местных» коренных пород. Здесь образуются несмещенные или почти несмещенные остаточные ореолы рассеяния рудных элементов и их спутников. Элементарные ландшафты склонов характеризуются рыхлыми отложениями делювиального типа. Для них свойственны в различной мере смещенные ореолы и потоки рассеяния основных и сопутствующих металлов руд. Элементарные ландшафты подножий склонов располагаются в их нижних выположенных частях или в пределах надпойменных террас речных долин. В этих условиях обычно образуются вторичные скопления металлов в виде наложенных солевых ореолов, иногда в сочетании со смещенными остатками ореолов. К элементарным ландшафтам местных водоемов относятся участки болот, русел рек, водоемы прудов и озер, в которых развиваются водные и солевые ореолы рудных компонентов, обладающих высокой миграционной способностью в водной среде. Естественная совокупность элементарных ландшафтов образует геохимический ландшафт. По своей сути это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой общностью зоны миграции элементов. Надо иметь в виду, что геолог нередко имеет дело с реликтами палеоландшафтов, древними корами выветривания и зонами окисления, которые могут не соответствовать современной климатической и географической зональности. Элементарные ландшафты и их совокупности (геохимические ландшафты) проявляются в различных биоклиматических обстановках, что определяет значительную специфику ореолов рассеяния и особенности методики поисков месторождений полезных ископаемых. Выделяется, прежде всего два типа биоклиматических областей – аридная и гумидная, в которых создаются принципиально различные условия гипергенной миграции рудных компонентов.

Аридные области с сухим климатом и преобладанием испарения над количеством выпадающих осадков характеризуются отсутствием лесного покрова, нередко слабым развитием травянистой растительности и

непромывным режимом гидрокарбонатно-кальциевых слабо щелочных почвенно-грунтовых вод. В такой обстановке происходит быстрое разложение и миграция органических веществ. В тоже время рудные элементы обладают в такой среде слабой химической подвижностью, что приводит к образованию открытых несмещенных или слабосмещенных ореолов.

Гумидные области отличаются влажным климатом с преобладанием количества выпадающих осадков над испарением. Для них характерны богатая растительность, активное накопление органического вещества в понижениях рельефа, промывной режим и кислая реакция почвенно-грунтовых вод. В тропических и субтропических гумидных областях с жарким климатом промывной режим вод приводит к образованию мощных кор выветривания и к полному выщелачиванию большинства элементов, мигрирующих в водной обстановке. В умеренно теплых гумидных областях сохраняется высокая миграционная способность этих элементов, что приводит к формированию протяженных ореолов, иногда оторванных от месторождений. В холодных гумидных областях преобладают процессы физического выветривания пород и руд с образованием механических ореолов и потоков рассеяния. В аридных областях располагаются пустынные, полупустынные, степные ландшафты и ландшафтно-географические зоны. Все они благоприятны для образования ореолов рудных компонентов в приповерхностном слое рыхлых отложений, которые могут эффективно выявляться геохимическими методами. Гумидные области с жарким и влажным климатом включают тропическую и субтропическую ландшафтные зоны. В умеренных широтах в составе их выделяются лесостепная, лесная, горно-таежная, тундровая и полярная зоны с разнообразным сочетанием геохимических и механических потоков и ореолов рассеяния.

Лесные ландшафты подразделяются на зоны тропических, северных хвойных и южных лесов на силикатных и карбонатных породах. Они имеют наивысшую интенсивность биокруговорота элементов благодаря кислой

реакции вод и круглогодичной миграции вещества. Здесь крайне резко выражаются вторичные изменения сульфидных месторождений. Окисление идет быстро и достигает сотен метров в глубину; металлы выщелачиваются нацело и остаются пустые железные шляпы. Сохраняются золото, касситерит, танталит и колумбит. В условиях молодого ландшафта месторождения проявляются через контрастные вторичные ореолы рассеяния. В условиях старого ландшафта сохраняются механические ореолы устойчивых минералов. Биохимические ореолы здесь теряют контрастность, солевые ореолы контрастны, но развиваются лишь в нижних горизонтах коры выветривания, гидрохимические и атмохимические проявляются в глубинных водах. В условиях северных хвойных лесов, развивающихся на карбонатных породах (щелочная реакция вод), особое значения для поисков приобретают литохимические ореолы. Рекомендуется отбор проб непосредственно с поверхности земли, поскольку металлы образуют почвенные коллоиды и теряют свою подвижность.

Если хвойные леса располагаются на моренах, то литохимические ореолы погребены и поиски месторождений возможны лишь опробованием граничащих горизонтов коренных пород и ледниковых отложений. В условиях лесов, приуроченных к многолетней мерзлоте, физическое выветривание резко преобладает над химическим. Развиваются потоки рассеяния золота, касситерита, колумбита и элементов *Cu, Ni, Co, Cr, Ti*. Миграция элементов в водах ослаблена, но иногда возникают солевые ореолы *Ni, Co, Cu*, а в хвое и коре лиственниц обнаруживаются повышенные содержания *Cu, Ni, Co, Cr*.

Тундровые ландшафты формируются в условиях низких температур при большой влажности и низкой испаряемости вод. Преобладает физическое выветривание с образованием крупноглыбовых развалов и щебнистых осыпей. Почвенные и грунтовые воды слабо минерализованы. Местами развиваются тундровые торфяники, на территориях которых следует применять лишь глубинные геохимические поиски. На Кольском

полуострове и Финской Лапландии сульфидные месторождения на выходах сопровождаются биохимическими ореолами Cu , Ni , Li , Rb , Cs и гидрохимическими ореолами Mo , Cu , Zn , Li , Cs , Rb . В таких условиях можно применять поиски месторождений золота, олова, вольфрамита, киновари, ильменита по их механическим ореолам рассеяния, а сульфидные – лито- и гидрохимическими методами.

Степные ландшафты подразделяются на зоны черноземных и каштановых степей. Для черноземных степей свойственно повышенное количество осадков при их высокой испаряемости, а каштановые формируются в условиях более сухого климата при обогащении почв углекислым кальцием. Образование ореолов вторичного рассеяния и особенно литохимических обеспечивает поиски в литохимическом, гидрохимическом, биохимическом и атмохимическом вариантах.

Пустынные ландшафты образуются в условиях недостатка влаги и высоких температур. Здесь влияние биоклиматических факторов незначительно, а на первое место выступает геологический субстрат. Поэтому появляются глинистые, песчаные, гипсовые, соляно-карстовые и каменистые пустыни, в подчиненных ландшафтах развиваются такыры, солевые озера и солончаки. Водная миграция элементов, кроме Na , Cl и Ca , ослаблена, поэтому ореолы вторичного рассеяния любых месторождений почти не возникают и применение литохимических поисков не эффективно.

Классификация методов поисков месторождений полезных ископаемых

По характеру пространства, с которого ведутся поиски месторождений полезных ископаемых, различают наземные, дистанционные и подводные методы. Наземные методы поисков месторождений полезных ископаемых разделяются на следующие основные группы: 1) геологические; 2) геохимические; 3) геофизические; 4) технические (горно-буровые) методы.

Среди геологических методов различаются визуальные поиски, метод геологической съемки и геолого-минералогические методы (обломочно-речной, валунноледниковый, шлиховой).

Геохимические методы разделяются на литохимический, гидрохимический, биохимический и атмохимический, а *геофизические* – на магнитометрический, гравиметрический, сейсморазведочный и электроразведочные и др.

Наземные методы поисков

Разделяются на визуальные маршрутные поиски, метод геологической съемки и геолого-минералогические методы поисков на основе изучения ореолов и потоков механического рассеяния рудного вещества (обломочно-речной, валунно-ледниковый, шлиховой методы).

Визуальные поиски включают в себя: 1) метод прямого обнаружения рудных выходов путем площадного исхаживания местности и тщательного осмотра пород в естественных обнажениях и высыпках; 2) метод ковшевого (лоткового) опробования рыхлых отложений и протолок с визуальной проверкой наличия рудных (и сопутствующих) минералов (простейшая разновидность и прототип шлихового метода); 3) метод выявления и прослеживания косвенных визуальных признаков оруденения по породам, водам и растительности.

Известные с глубокой древности визуальные методы поисков сохранили свое значение до настоящего времени. Визуальные методы являются составной частью любого комплекса геолого-съемочных и поисковых работ.

Метод геологической съемки предусматривает систематическое маршрутное изучение района по принятой геолого-съемочной сети, геолого-структурный анализ, литолого-фациальные, палеогеографические и минералого-петрографические исследования, а также составление специальных металлогенических карт, выполняемых с целью

прогнозирования и научного обоснования поисков месторождений полезных ископаемых.

При поисках эндогенных месторождений главную роль играет структурно-металлогенический анализ, при поисках осадочных месторождений – литолого-фациальный и палеогеографический методы исследований.

Геолого-минералогические поиски используются при изучении ореолов и потоков механического рассеяния рудного вещества и включают в себя обломочно-речной, валунно-ледниковый и шлиховой методы.

Обломочно-речной метод основан на излучении аллювиальных, делювиальных и элювиальных ореолов механического рассеяния. Сущность его состоит в обнаружении обломков руды или сопутствующих индикаторных пород и минералов в систематическом прослеживании их вплоть до коренных выходов месторождения. Места рудных обломков отмечаются на карте и в дневнике. Указываются размер, окатанность обломков, их минеральный состав и частота встречаемости. Тщательно изучаются делювиальные и элювиальные отложения склонов. Маршруты располагаются по горизонталям рельефа вкrest вытянутости ореола рассеяния. Для выявления контура ореола проходятся горные выработки (расчистки, закопушки, шурфы, канавы). При пологих склонах долин, переходящих в слабо обнаженное водораздельное пространство, для обнаружения коренного месторождения используют шлиховой и геохимический методы. Обломочно-речной метод обычно используется в комплексе с геологической съемкой.

Валунно-ледниковый метод используется для поисков месторождений в районах развития ледниковых отложений. Основаниями для постановки поисков служит обнаружение обломков руд и индикаторных пород при геологической съемке или других исследованиях. Изучают валунный материал с поверхности, шурфами вскрываются и анализируются моренные

отложения. Все места обнаружения обломков руд и пород-спутников наносят на топографическую карту и определяют контуры ореола рассеяния.

Шлиховой метод. Применение метода основано на изучении механических шлиховых ореолов рассеяния. Сущность его заключается в систематическом шлиховом опробовании рыхлых отложений, изучении состава шлихов, прослеживается и оконтуривании ореолов рассеяния и выявлении по ним коренных и россыпных месторождений полезных ископаемых. Достоинствами шлихового метода поисков являются: - возможность установления в рыхлых отложениях ценных минералов, их особенностей и минеральных парагенезисов коренного источника, что позволяет судить о генетическом типе месторождения; - возможность выявления в ореолах рассеяния ценных минералов по минералам-спутникам (алмазов по наличию пироба, хромшпинелидов, пикрольменита); - возможность суждения о близости коренного источника по степени окатанности обломков, сохранности различных минералов и морфологии ореолов рассеяния; - высокая чувствительность шлихового анализа. Шлиховые пробы обычно отбираются из русловых и долинных отложений в нижних частях крупных намывных берегов, участках замедления или завихрения течения (места расширения русла реки, за выступами крутых берегов, ниже крутых поворотов, порогов и перекатов реки). Существенное значение имеет поверхность коренных пород (плотика), на которых залегают аллювиальные отложения. Ребристая поверхность сланцеватых пород и кавернозность известняков благоприятны для накопления шлиховых минералов. Важное значение имеет гранулометрический состав рыхлых отложений. Шлиховые минералы содержатся преимущественно в галечниках, гравии и несортированных крупнозернистых песках с галькой. Глины или отсортированные пески обеднены шлиховыми минералами и поэтому обычно не опробуются. Густота сети шлихового опробования зависит от геологической обстановки, детальности поисков и степени развития гидросети. Анализ шлихов осуществляется в специальной

лаборатории, но первичный просмотр их с помощью лупы производится в поле, а результаты просмотра учитываются при поисках. К шлиховой карте прикладываются геоморфологическая карта четвертичных отложений. Такие карты дают представление о морфологии и масштабе ореолов рассеяния и позволяют установить места максимальной концентрации продуктивных минералов.

Геохимические методы поисков

Достоинства геохимических методов являются значительные возможности использования их на разных стадиях геологоразведочного процесса и в широких диапазонах ландшафтно-климатических обстановок, обнаженности и расчлененности рельефа изучаемых регионов, а так же объективность, высокая информативность и оперативность исследований. В зависимости от характера ореолов рассеяния элементов выделяются следующие геохимические методы поисков: 1) литохимический (металлометрический), 2) гидрохимический, 3) биохимический, 4) атмохимический (газовый) и др.

Литохимический метод основан на изучении вторичных и первичных ореолов и потоков рассеяния химических элементов. Задача выявить аномальные участки с повышенными значениями элементов – индикаторов руд. Сущность метода состоит в систематическом опробовании пород с целью определения содержания в них рудных элементов и выявления характера и формы ореолов и потоков их рассеяния. На основе изучения ореолов рассеяния элементов с учетом геологической и геоморфологической обстановки выявляются участки, перспективные для обнаружения коренных месторождений полезных ископаемых. По первичным литохимическим ореолам могут быть выявлены как выходящие на поверхность, так и скрытые рудные тела. По вторичным ореолам и потокам рассеяния выявляются месторождения и рудные залежи, скрытые под рыхлыми отложениями.

Метод включает следующие операции: выбор мест и плотности сети опробования, отбор и обработку проб, анализ проб, обобщение и

интерпретацию результатов опробования. Выбор места взятия проб густоты сети опробования определяются проектным заданием и характером ореолов рассеяния. Исследования по первичным ореолам рассеяния в значительных объемах проводятся на стадиях поисков, оценки и разведки месторождений, а также при выполнении специальных прогнозно – металлогенических работ. Пробы отбираются из коренных пород по линиям геологических маршрутов, инструментально разбитых и привязанных к местности. Опробованию подвергаются наиболее перспективные участки, достаточно хорошо обнаженные или вскрытые горными выработками и картировочными или поисково-структурными скважинами. Это, прежде всего, эндо- и экзоконтакты рудоносных интрузивов, минерализованные зоны гидротермальных изменений и дробления пород, продуктивные фации вулканогенно-осадочных пород и др.

При изучении вторичных ореолов рассеяния при малой мощности рыхлых отложений (первые метры) пробы обычно отбираются из верхнего слоя элювия и делювия. Глубина отбора проб меняется от 15-20 см (в сухих и засушливых районах с нейтральными сероземами и черноземами) до 40-80 см (в районах с влажным климатом и подзолистми, серыми и бурыми лесными почвами). При детальном поиске рациональную глубину отбора проб определяют экспериментально.

Поиски по потокам рассеяния получили наименование метода поисков по донным осадкам. Данный вид поисков наиболее эффективен в условиях горного рельефа с хорошо развитой гидросетью. Объектом опробования при данном методе являются тонкие илисто-глинистые фракции аллювия (донные отложения) мелких рек, ручьев, сухих логов и конусов выноса делювиальных и аллювиальных отложений. Таким путем изучаются потоки рассеяния, которые прослеживаются иногда на более значительные расстояния по сравнению с крупными реками, где рудные компоненты быстро разубоживаются до фоновых содержаний. В условиях платформ с мощным чехлом рыхлых отложений и в пенепленизированных областях со

слабо развитой гидросетью поиски по донным осадкам неэффективны. Густота сети опробования при литохимических методах поисков определяется масштабом исследований. Масса (вес) пробы и ее характер зависят от вида литохимических исследований.

Отобранные, занумерованные и задокументированные пробы подвергают обработке. Пробы из первичных ореолов измельчают до 0,1 мм и сокращают на две части. Материал одной из них дополнительно истирают до состояния пудры и отправляют на анализ. Вторая часть пробы сохраняется в качестве дубликата. Пробы вторичных ореолов рассеяния просушивают и просеивают через сито 1-0,5 мм. Мелкую фракцию массой 15-20 г отправляют в спектральную лабораторию, где ее дополнительно измельчают до состояния пудры.

Обработанные литохимические пробы подвергаются спектральному анализу на то или иное количество элементов, предусмотренное проектом работ. Обычно при мелко-среднемасштабных съемках количество анализируемых элементов составляет 30-32 (основные металлы), а при поисковых работах, когда общая геохимическая обстановка и ожидаемые полезные элементы ясны, оно снижается до 10-15 компонентов.

Для проведения спектрального анализа требуется 1 г пробы. Первичные литохимические ореолы эндогенных месторождений значительно превышают размеры рудных тел, отражают вещественный состав, количественное соотношение компонентов в рудах и характеризуется зональностью в распределении элементов-индикаторов. Нередко выявляется зональное размещение аномалий вокруг рудных тел с обособлением надрудных (*Ba, Sb, Hg, I, Br, Tl*), околорудных (*Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, Au*) и подрудных (*Ni, Co, Cr, V, Mo, Sn, Be, W*) геохимических ореолов с геохимическими моделями эталонных месторождений, дает возможность оценить состав, глубину залегания и промышленную значимость скрытого оруденения.

Гидрохимический метод основан на изучении гидрохимических ореолов рассеяния месторождений. Гидрохимические исследования применяются при мелко-, средне- и крупномасштабных поисковых работах (относятся к категории основных в комплексе), реже используются на стадиях оценочных работ и разведки. Эффективность их определяется высокой площадной представительностью гидрохимической пробы, простотой операции, низкой стоимостью и возможностью получить результаты в полевой период, а также наибольшей среди всех геохимических работ глубиной, что позволяет широко использовать метод для поисков слепых и перекрытых рудных месторождений.

Недостатком метода является зависимость работ от многих причин: количества и продолжительности выпадения осадков, времени года, уровня грунтовых вод, интенсивности процессов окисления, активности водообмена, наличия геохимических барьеров, техногенных факторов и др.

Наиболее благоприятными для применения этого метода поисков являются горные районы, характеризующиеся развитой гидросетью с невысокой общей минерализацией вод (до 1 г/л) и влажным климатом. Метод включает отбор проб воды предварительный анализ их на месте отбора, геологическую и гидрогеологическую документацию проб, химический и спектральный анализ воды в лабораториях, обработку материалов и интерпретацию результатов опробования.

Биогеохимический метод поисков основан на изучении биохимических ореолов рассеяния. Он заключается в отборе растительных проб, их озолении, анализе золы проб, обобщении и интерпретации результатов опробования. Систематическому опробованию обычно предшествуют экспериментальные работы с целью выявления, какие части растений (листья, ветви, корни) является в районе концентраторами элементов. Затем изучаемую площадь опробуют по прямоугольной сети, соответствующей масштабу поисков. Для определения содержания металлов в золе используется, в основном, спектральный метод анализа. Биохимические

исследования основаны на выявлении биогенных ореолов элементов-индикаторов рудных месторождений в растениях. К таким растениям относятся береза, хвойные деревья, полынь, мох, лишайники.

Атмохимические (газовые) методы поисков основаны на изучении распределения газовых компонентов в подземной и приземной атмосфере с целью выявления ореолов рассеяния месторождений. В настоящее время накоплен значительный опыт применения этих методов для поисков месторождений газа, нефти, ископаемых углей, радиоактивных руд.

Атмохимические поиски проводят по сорбированным и свободным газам. В первом случае специальными бурами отбираются пробы грунта с заранее выбранной глубины. Затем газовая фаза анализируется в поле или в лаборатории. Во втором случае из скважин насосами отбирают пробы газов. Среди углеводородов при изучении газовых ореолов преобладает метан. Он содержится в почвах, болотах, возникает при биохимических и вулканических процессах, при внедрении интрузий, в гидротермах, при взаимодействии водорода или паров воды на глубине. Сероводород и сернистый газ образуется в зоне окисления сульфидных месторождений, за счет биохимических процессов, в вулканических газах и гидротермах. Аргон характерен для галогенных руд.

Поиски месторождений каустоболитов атмохимическим методом производятся на перспективных площадях после геологической съемки и геофизических исследований.

Эманионный метод основан на измерении концентрации радиоактивных эманаций в почвенном воздухе. Радиоактивные эманации (радон, торон, актинон) распространяются от источника в окружающую среду преимущественно диффузионным путем и накапливаются в почвах. Концентрации их обычно колеблются от 0,1 до 10 эман, а на аномальных участках в почвенном слое достигают десятков тысяч эман. Метод эманионной съемки обладает высокой чувствительностью и обеспечивает выявление ореолов рассеяния урана с содержанием в тысячные доли

процента. Пробы газа отбираются из рыхлых отложений специальными пробоотборниками. Глубина опробования зависит от мощности рыхлых отложений.

Газортутные поиски наиболее эффективны на стадиях крупномасштабной съемки и поисков. Их используют при следующих условиях: 1) месторождения должны быть источниками паров ртути; 2) присутствие тектонических зон и трещин – каналов фильтрации паров ртути; 3) наличие вышележащих отложений, благоприятных для накопления ртути. Опробование производится по прямоугольной сети, соответствующей масштабу поисков. В работе используется щуп (пробоотборник) и компактная аппаратура, фиксирующая содержание паров ртути. При анализе материалов газортутной съемки необходимо иметь в виду, что концентрация паров ртути в почвенном воздухе над промышленными месторождениями превышает фон в 2-50 раз, а интенсивность и размеры аномалий определяются, прежде всего, масштабами оруденения, составом руд и глубиной их залегания. Газортутными исследованиями возможно обнаружение рудных месторождений на глубине 100-200 м (погребенные), 200-300 м (скрыто-погребенные) и 600-800 и более метров (скрытые).

При геохимических поисках широко используется *ядерно-физические* методы: гамма-нейтронный (фотонейтронный), нейтронно-активационный и рентгенорадиометрический. Эти методы применяются в модификациях поисков по элементам-индикаторам в рыхлых коренных породах.

Геофизические методы поисков

Геофизические исследования находят широкое применение при поисках и прогнозировании скрытого оруденения. Основу их в условиях рудных районов и узлов составляет анализ результатов аэро- и наземных магнитометрических и гравиметрических съемок масштаба 1:50000-1:25000, а при изучении рудных полей и месторождений (1:10000 - 2000) – материалов наземных магнитометрических и электроразведочных работ (методы ВП, ЕП,

ВЭЗ, электропрофилирования и др.), иногда сейсморазведки и ядерно-физических исследований.

Магнитометрические, гравиметрические и сейсморазведочные данные позволяют уточнить геологическую основу, обнаружить скрытые рудоносные интрузивы, структуры и выявить внутреннее строение их и вмещающего геологического разреза, а также дают выход на прямой прогноз зон гидротермального метасоматоза (магниторазведка) и крупных рудных залежей магнетитовых и сульфидных руд (магнито- и гравиразведка). Зоны гидротермального метаморфизма с сульфидной минерализацией и рудные залежи хорошо картируются методами ЕП, ВП и радиометрическими исследованиями (гамма- съемка, радиоактивный каротаж скважин и др.).

Технические (горно-буровые) методы поисков

К техническим методам поисков относятся такие приемы обнаружения полезных ископаемых, при которых горно-буровые работы приобретают самостоятельное (профилирующее) значение. Горные и буровые работы используются почти всегда и на всех стадиях геологоразведочного процесса. Это, прежде всего, расчистки, закопушки, шурфы и канавы, проходка которых осуществляется для создания искусственных обнажений коренных пород при геологической съемке и поисках в районах с небольшой мощностью рыхлых отложений. Они же широко применяются при изучении шлиховых и геохимических ореолов рассеяния, проверке геохимических аномалий, а также для вскрытия рудных тел, их оконтуривания и опробования с целью оценки промышленных перспектив оруденения.

С этими же целями в районах с большой мощностью наносов используются картировочные и поисково-структурные скважины. Самостоятельное значение горно-буровые методы поисков приобретают на перспективных площадях, где геологические, геофизические и геохимические методы поисков оказываются неэффективными.

Обычно технические методы поисков используются на стадиях поисков и поисково-оценочных работ. Горные выработки в этих случаях

располагаются по поисковым линиям. Расстояние между поисковыми линиями определяется установленной или предполагаемой протяженностью рудных залежей, а густота выработок в профилях выбирается с таким учетом, чтобы не пропустить промышленно значимые рудные тела. Применение горно-буровых работ при поисках ограничивается их высокой стоимостью и громоздкостью оборудования.

Опробование полезных ископаемых

Опробование полезных ископаемых – единственный научно обоснованный способ выявления их качества, минерального и химического состава, внутреннего строения, физико-технических и технологических свойств и оценки их соответствия существующим требованиям промышленности.

Пробой называется партия материала, отобранная из скопления полезного ископаемого в его естественном залегании или из добытого минерального сырья, предназначенная для проведения тех или иных испытаний. Материал пробы может быть отобран двумя способами: путем сплошного отбора в одном месте (сплошные пробы) или путем составления пробы из отдельных порций (объединенные – групповые, комбинированные).

Специфика опробования заключается в несоизмеримости объема пробы с объемом опробуемых масс. Основные требования, предъявляемые к опробованию: *достоверность, полнота опробования, оперативность опробования, экономичность.*

Виды опробования

Опробование, в зависимости от поставленных задач делится на 5 видов:

1. Геологическое.
2. Геофизическое.
3. Минералогическое.
4. Техническое.
5. Технологическое.

Геологическое (рядовое) опробование. Служит главным источником информации о характере пространственного распределения и степени концентрации полезных компонентов, являясь, таким образом, основой геометризации недр и подсчета запасов минерального сырья. Тела полезных ископаемых опробуются с соблюдением следующих обязательных условий:- плотность сети опробования должна обеспечивать достоверную оценку исследуемого параметра;- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность тела полезного ископаемого. Кроме того, во всех разведочных пересечениях тел полезных ископаемых, не имеющих видимых границ – опробованию подлежат вмещающие породы. - опробование должно проводиться секциями (рядовыми пробами) по каждой природной разновидности, прослой некондиционных руд и пустых пород опробуются отдельно.

Длина рядовых проб во внутренних частях рудных тел не должна превышать установленных кондициями минимальной мощности, а также максимальной мощности некондиционных и пустых прослоев, включаемых в контур балансовых руд.

Для сокращения количества анализов иногда в практике геологоразведочных работ производится объединение проб. Обычно объединяются две-четыре смежные пробы. При этом следует соблюдать следующие требования:- объединяться могут только смежные пробы;- объединять можно только однотипный по качеству материал.

Опробование полезных ископаемых на попутные компоненты производится в разведочных выработках, пройденных для опробования на основные компоненты. Специальных выработок для этой цели не проходят. Состав главных минералов руд, а также попутные компоненты, которые не образуют собственных минералов, а входят в состав главных (основных) или жильных минералов, изучают с помощью мономинеральных проб. Мономинеральные пробы получают из штуфов, объединенных штуфных проб или из материала рядовых проб различными способами

(сепарацией, флотацией, промывкой, разделением в тяжелых жидкостях, отбором под биноклем и др.)

Геофизическое (рядовое) опробование проводится с целью определения полезных компонентов непосредственно в горных выработках и скважинах без отбора материала и отличается от других видов опробования тем, что минеральная масса не подвергается изменению, что дает возможность повторных геофизических испытаний. Геофизическое опробование, обладая экспрессностью, позволяет обеспечить оперативность и сокращение затрат (на отбор и обработку проб), особенно при комплексировании нескольких геофизических методов.

Геофизические методы опробования весьма разнообразны. Наиболее распространены магнитометрические и ядерно-физические, в том числе радиометрические методы определения качества руды. Наилучшие решения геологических задач обеспечиваются по данным комплексных геофизических исследований.

Минералогическое опробование проводится в основном при разведке россыпных месторождений для определения содержания ценных минералов. При разведке коренных месторождений полезных ископаемых обычно осуществляются минералогические анализы штучных или объединенных проб для изучения минерального и фазового состава руд и вмещающих пород. При этом отбираются монофракции минералов для определения их элементного состава прецизионными методами. Минералогическое опробование применяется также для определения текстурно-структурных особенностей руд, выделения природных типов руд и выяснения строения рудных тел. При разведке россыпей минералогические исследования проб являются практически единственным способом определения качества полезного ископаемого и содержания полезного компонента в песках (горной массе).

При разведке коренных месторождений минералогическому изучению подвергаются пересечения рудных тел по разведочным выработкам. При

разведке сложных месторождений особенно важное значение имеет минералогическое картирование. По данным минералогического картирования составляются минералого-петрографические и другие карты, что позволяет прогнозировать изменения качества минерального сырья, а знание зональности обеспечивает надежную увязку рудных интервалов и способствует выявлению слепых залежей полезных ископаемых.

Техническое опробование (технические испытания)

Техническое опробование проводится на всех месторождениях полезных ископаемых и служит для изучения физико-технических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. На месторождениях многих видов неметаллического сырья техническое опробование является основным методом определения промышленной ценности и осуществляется систематически. Технические испытания, выполняемые в процессе разведочных работ, делятся на три группы; испытания, необходимые для: 1) подсчета запасов; 2) уточнения горнотехнических условий эксплуатации разведываемого месторождения; 3) определения физических свойств и качества минерального сырья.

Технические испытания, необходимые для подсчета запасов, включают определения: объемной массы, влажности и макротрещиноватости руды. Они определяются на всех месторождениях, если содержание компонентов устанавливается в долях массы анализируемых проб. На месторождениях многих видов неметаллического минерального сырья (строительных материалов, слюды, асбеста, оптических и драгоценных камней и др.) техническое опробование выступает основным методом определения их промышленной ценности.

Способы отбора проб на технические испытания целиком зависят от назначения полезного ископаемого и, как правило, определяются техническими требованиями к сырью.

Технологическое опробование проводится для изучения технологических свойств минерального сырья. Для рудных месторождений

при помощи технологических проб выявляется способность руды к обогащению и металлургическому переделу. По результатам технологического опробования разрабатывается рациональная схема и оптимальный режим переработки минерального сырья, обеспечивающие комплексное извлечение полезных компонентов и утилизацию отходов. Общая последовательность работ по технологической оценке запасов включает в себя: - выделение природных (минералого-петрографических) типов и разновидностей руд по данным геологической документации, изучения образцов и результатам анализов рядовых и групповых проб; - отбор лабораторных проб, характеризующих природные типы и разновидности руд, для разработки принципиальных технологических режимов и схем; - отбор типовых технологических проб для укрупненных лабораторных испытаний; - проверку разработанных технологических схем в процессе укрупненных лабораторных испытаний.

Технологические исследования должны быть завершены к моменту представления подсчета запасов на государственную экспертизу.

Способы взятия проб

Пробы, отбираемые при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, называются геологическими. Выбор способа опробования обусловлен геолого-минералогическими и морфологическими особенностями рудной залежи, видом полезного ископаемого и степенью его изменчивости, а так же, техническими средствами разведки.

По увеличению степени достоверности способы пробоотбора можно выстроить в следующий ряд: штучной, точечный, шпуровой, бороздовый, задирковый и валовый.

Все способы пробоотбора можно разделить на: точечные, объемные и площадные, линейные,. К точечным относятся – штучной и точечный методы; к площадным – задирковый; к объемным – валовый; к линейным – шпуровой, бороздовый (и его разновидности).

Точечные пробы

Штуфной способ состоит в отбойке отдельных кусков (штуфов) полезного ископаемого или в отборе кусков массы минерального сырья, отбитого при проведении выработки. В зависимости от условий опробования и вида полезного ископаемого масса пробы колеблется от 0,2 до 2,0 кг. Штуфные пробы используются, главным образом для изучения минерального состава, структур, текстур руд и для определения физических свойств (объемной массы, влажности, прочности и др.) минерального сырья. Штуфной способ, как правило, непригоден для изучения химического состава руды и оконтуривания рудных тел, только в редких случаях, когда оруденение характеризуется равномерным распределением ценных компонентов, штуфной способ может дать реальное представление о химическом составе руды. Достоинства штуфного способа: высокая оперативность, малая трудоемкость.

Точечный способ. Материал пробы составляется из кусочков (частичных проб) размером 1,5-3,0 см и массой 10-20 г., взятых на обнаженной плоскости рудного тела (по забою или стенке горной выработки) по определенной системе в зависимости от характера распределения исследуемых компонентов. Если изменчивость содержания компонентов в двух направлениях одинакова, то частичные пробы отбираются по квадратной сетке. Если изменчивость в одном направлении больше, чем в другом, то принимают прямоугольную, реже ромбическую сеть. Число частичных проб, составляющих рядовую пробу, колеблется от 10 до 20. Расстояние между частичными пробами при квадратной сети 10х10 см или 20х20 см, реже больше, а при прямоугольной 10х20 см или 20х40 см. Чем сильнее изменчивость, тем чаще следует брать частичные пробы. Общая масса рядовой пробы составляет от 2-3 до десятков кг. Точечный способ целесообразно применять для опробования мощных тел полезных ископаемых. Благоприятными текстурами руд, для применения этого способа, являются массивные и вкрапленные, грубопятнистые с незакономерным распределением мономинеральных агрегатов. В последнем

случае точечный способ дает более надежные результаты, чем бороздовый. Однако в трещиноватых рудах с очень хрупкими рудными минералами, а также в рудах с грубополосчатой текстурой, когда ширина полос близка к расстоянию между частичными пробами, точечный способ может привести к систематическим ошибкам. Для механической отбойки точечных проб применяется пробоотборники на базе пневматических перфораторов.

Горстьевой (вычерпывания) способ. Способ является универсальным для опробования рыхлых масс минерального сырья – навала отбитой руды, руды в транспортных сосудах, песков из россыпей, отвалов и других подобных минеральных скоплений. Этот способ подобен точечному, и является его разновидностью для рыхлых масс.

Горстьевой способ заключается в отборе частичных проб, из которых и составляется проба из навала по квадратной сетке со сторонами 20-50 см, а прямоугольной – 20-40 см. Число частичных проб колеблется от 10 до 50. Минимальное число частичных проб берется из вагонеток, самосвалов, вагонов, чаще по способу конверта в пяти точках, в углах и в центре. Объем отдельной частичной пробы 20-200 см³, масса 50-600 г. Густота сети зависит от степени изменчивости распределения компонентов в пробе, крупности и однородности размеров кусков.

Объемные и площадные пробы

Валовый способ, который является наиболее достоверным и заключается в сплошном отборе минеральной массы (руды), получаемой на некотором участке тела полезного ископаемого при проходке горной выработки. Масса валовых проб может достигать десятков тонн. В пробу может поступать вся отбитая горная масса или ее часть (каждая 3-я, 5-я, 10-я и т.д. бадья, вагонетка и др.). Валовый способ применяется при взятии большеобъемных проб для технологических испытаний, для определения содержаний на месторождениях слюды, оптических минералов, драгоценных камней, алмазов и других, обладающих крайне изменчивым качеством, распределением, полезного ископаемого и неравномерным распределением

основных ценных компонентов, а также для контроля других способов опробования. Положительной стороной валового опробования является его высокая точность, отрицательной - необходимость отбора, транспортировки и переработки большого количества материала, что усложняет и удорожает опробование.

Задирковый способ является представителем площадных способов и применяется при опробовании рудных тел малой мощности (до 40 см), а также при очень неравномерном распределении ценных компонентов в руде. Задирковый способ представляет собой отбойку (задиру) равного слоя полезного ископаемого мощностью 3-10 см по всей обнаженной части рудного тела в забое или стенке горной выработки. В кровле или почве выработки задирковые пробы берутся в исключительных случаях (в частности, в почве канав). Применение очень трудоемкого задиркового способа целесообразно лишь в тех случаях, когда более простые и менее трудоемкие (например, бороздовый) не обеспечивают надежного определения качества.

Линейные пробы

Бороздовый способ опробования является наиболее распространенным в разведочной практике: при опробовании горных выработок более 70 % проб отбирается бороздовым способом. Существует несколько вариантов взятия бороздовых проб: борозда правильного прямоугольного сечения, пунктирная и объемная борозда. В большинстве случаев борозды имеют прямоугольное сечение. Иногда применяют треугольные в поперечном сечении борозды, а также – линейно-точечный способ (так называемая «пунктирная борозда»).

Бороздовый способ отбора проб приемлем почти для всех коренных, а также многих россыпных месторождений, но неприемлем для опробования руд, имеющих брекчиевидные, шлировые, пятнистые текстуры, на месторождениях драгоценных камней и др. К недостаткам бороздового способа относится низкая производительность (ручной способ отбора проб).

При равномерном распределении содержаний полезных компонентов в руде (коэффициент вариации до 100 %), опробование может проводиться не сплошной бороздой, а линейно-точечным способом ("пунктирной бороздой").

Шпуровой способ. При шпуровом способе опробования материалом пробы служит буровая пыль, получаемая при бурении шпуров с продувкой, или шлам – при бурении с промывкой. Шпуровой способ наиболее эффективен для взятия проб в рудных телах большой мощности, которые не вскрываются полностью горными выработками. Шпуры, как и борозды, располагают в направлении наибольшей изменчивости оруденения. Глубина шпуров при бурении обычными перфораторами 7-8 м, колонковыми перфораторами – 50 и более метров.

Достоинства шпурового способа заключаются в том, что пробы отбираются попутно с бурением шпуров для проходки выработок и не требуется дополнительных затрат на отбор проб. Основной недостаток шпурового способа состоит в том, что по материалу трудно, а иногда невозможно, определить границы рудного тела, его строение, контуры природных типов и промышленных сортов руд. Нельзя применять шпуровой способ для опробования рудных тел малой мощности из-за сильного ее искажения.

Отбор проб при колонковом бурении. Данный вид опробования является одним из наиболее распространенных. Материалом пробы служит керн, керн и шлам или только шлам. Наиболее достоверные результаты получают при взятии проб из керна. Достоверность опробования по керну зависит от полноты его выхода и степени неравномерности минералов в руде. Особенно влияет на точность результатов избирательное истирание керна, когда хрупкие или мягкие рудные минералы, особенно слагающие прожилки или цемент брекчий, разрушаются и выносятся в виде буровой мути, что резко искажает состав руды и керовой пробы. Пробы из керна отбирают при выходе его более 70%. Керн может использоваться для

химического, геохимического, минералогического и технологического опробования. В рядовую (секционную) пробу берется половина, реже четвертая часть или весь керн. Половинки керна получают раскалыванием его не керноколе (или распиловкой) вдоль оси. Оставшаяся от химического опробования часть керна используется для минералогического изучения руд и сохраняется как дубликат.

Методы лабораторных исследований

Лабораторные исследования являются обязательной и важной составной частью комплекса геологоразведочных работ на всех стадиях их проведения. В практике геологоразведочных работ для различных видов полезных ископаемых применяются: спектральный анализ, спектрозолотометрия, химический анализ, пробирный анализ, минералогический анализ, минераграфические и петрографические исследования и др. При выполнении в лабораториях анализов и исследований для обеспечения их качества, отвечающего установленным требованиям, проводится контроль:- геологический (внутренний, внешний, арбитраж); - лабораторный (спектральный контроль воспроизводимости, внутрилабораторный контроль правильности, внешний и арбитраж).

Спектральные анализы

Спектральные методы анализа широко применяются в геологоразведочной отрасли для определения химического состава горных пород, руд, природных вод и других полезных ископаемых. Спектральные приборы обладают высокой разрешающей способностью, что дает возможность одновременно определять широкий круг элементов и позволяет вести анализ, в зависимости от решаемых задач, на двух уровнях – полуколичественном и количественном. Предварительное выполнение спектральных *полуколичественных анализов* проб, отобранных при геологоразведочных работах позволяет резко сократить число проб, направляемых на количественные химические анализы, что значительно ускоряет сроки и сокращает стоимость лабораторных исследований.

Химические анализы

Для выполнения количественных химических анализов полезных ископаемых и горных работ организуются специализированные химико-аналитические лаборатории.

Пробирный анализ. При поиске и разведке месторождений благородных металлов возникает необходимость анализировать большое количество проб на содержание в них золота, серебра и металлов платиновой группы. Одним из наиболее распространенных и точных методов для этих целей является пробирный анализ, который представляет комбинирование химических и металлургических операций в определенной последовательности. Выбор схемы пробирного анализа определяется минералогическим и вещественным составом минерального сырья. Схема может включать основные операции – шихтовку, восстановительную плавку, купелирование, разваривание, обжиг, выщелачивание, квартование и др.

Минералогические анализы и исследования

Минералогические исследования являются важнейшей составной частью всего комплекса геолого-поисковых и разведочных работ. При минералогических анализах и исследованиях определяется минералогический состав шлихов и проб рыхлых и дробленных пород, руд, продуктов обогащения, других видов минерального сырья. Проведение минералогических исследований является одним из основных методов изучения месторождений полезных ископаемых. Во многих случаях данные минералогических анализов используют при подсчете запасов полезных ископаемых.

В задачу минералогических исследований входят: установление формулы, строения, физических и оптических свойств, химического состава минералов, составляющих различные фракции пробы (магнитные, электромагнитные, немагнитные, легкие и т.п.) и количественных соотношений минералов во фракциях и пробе.

Минералого-петрографические исследования

Минералогические исследования используются для установления закономерностей физико-химических условий рудообразования, истории формирования месторождения и особенностей распределения в рудах полезных компонентов. В задачу исследования входит определение минералогического состава руд, парагенетических ассоциаций, оптических и некоторых других физических свойств минералов, размеров выделений, структур и текстур. Минералого-петрографические исследования (минералогические, петрографические, углепетрографические и литологические) проводятся с целью повышения оперативности проводимых геологических исследований. Минералогические-петрографические исследования проводят путем изучения прозрачных и полированных шлифов, брикетов, изготовление которых проводится в шлифовальной мастерской.

Технические средства разведки

Все средства разведки можно разделить на три различных по методическим основам и оснащению вида:

- горные разведочные выработки;
- буровые разведочные скважины;
- геофизические методы.

Горные разведочные выработки. Для разведочных целей используются почти все виды горных выработок: расчистки, канавы (траншеи), шурфы (дудки), шахты, штольни и не выходящие на земную поверхность: квершлагги, штреки, орты (рассечки), а также - восстающие.

Буровые разведочные скважины. При разведке месторождений полезных ископаемых бурение скважин является наиболее распространенным средством разведки. Буровые разведочные скважины применяются либо в сочетании с горно-разведочными выработками, либо самостоятельно. Давая ограниченную информацию по сравнению с горными выработками, буровые скважины отличаются мобильностью, быстротой бурения, относительно невысокими расходами.

Применяется несколько видов буровых работ.

Колонковое бурение - наиболее распространенный вид буровых разведочных работ. Это вращательное механическое бурение кольцевым забоем твердосплавными, алмазными и дробовыми коронками. Главными преимуществами колонкового бурения являются: 1) возможность бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин; 2) получение керна - фактического каменного материала, характеризующего полезное ископаемое и геологический разрез. Кроме того, возможно многоствольное бурение путем принудительного искривления ствола скважины на определенных глубинах, что обеспечивает получение нескольких разведочных пересечений из одного пункта на поверхности. Наиболее распространенными в практике разведочных работ являются как самоходные, так и стационарные буровые установки, а также буровые станки различного назначения с глубинами бурения от 25 до 1200 м.

Ударно-канатное бурение на разведочных работах, особенно при разведке россыпей, пологозалегающих рудных тел, штокверков, применяется достаточно широко. Достоинством этого вида бурения является высокая скорость проходки, получение большого количества материала в пробу (за счет больших диаметров бурения). Возможность бурения только вертикальных скважин ограничивает применение ударно-канатного бурения. Наиболее широким применением на практике пользуются самоходные буровые установки, а также ударно-канатные станки. Обычный диаметр бурения скважин 168-219 мм, глубина бурения от 50 до 300 м.

Кроме колонкового и ударно-канатного применяются другие виды бурения: *ручное ударно-вращательное, шнековое*, для разведки неглубоко (до 10-30 м) залегающих месторождений: кор выветривания, россыпей, строительных материалов и др.

Геофизические методы. Геофизические методы исследований широко используются при разведке месторождений для: - изучения разрезов и

опробования полезных ископаемых; - выявления рудовмещающих структур и залежей полезных ископаемых, повышения качества геологических, гидрогеологических и инженерногеологических сведений.

Каротаж скважин проводится для литологического расчленения разреза, уточнение мощностей и положения контактов, разновидностей пород, зон оруденения, тектонических нарушений и др.

Кроме того, методы скважинной геофизики применяются при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. Наиболее широко распространены электрические, ядерно-физические и магнитные методы каротажа: самопроизвольной поляризации (ПС), кажущихся сопротивлений (КС), вызванной поляризации (ВП), гамма-каротажа (ГК), плотностного гамма-каротажа (ГГК-С), нейтронного каротажа (НК-Н, НК-Т, НТК-С и др.) магнитного каротажа (МК).

Геофизические методы, предназначенные для контроля технического состояния скважин, включают в себя *инклинометрию* и *кавернометрию*. С помощью *инклинометрии* скважин определяются углы отклонения оси скважин от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости геологического разреза (азимутальное искривление). В скважинах, пробуренных в породах с повышенной магнитной восприимчивостью, измерения проводятся гироскопическими инклинометрами. *Кавернометрия* проводится специальными кавернометрами для определения фактических диаметров скважин, изменение которых связано с обрушением их стенок на участках неустойчивых пород (пески, тектонические зоны и др.).

Системы разведочных работ

Под системой разведочных работ понимается такое пространственное размещение разведочных выработок, которое дает возможность построить намеченные разрезы и провести необходимое опробование для подсчета запасов полезного ископаемого. Выделяются три основные группы: 1. Группа буровых систем. 2. Группа горных систем. 3. Группа горно-буровых систем.

Оконтуривание рудных тел для подсчета запасов

Для подсчета запасов необходимо очертить площадь тела полезного ископаемого или площади сечений этого тела на топографических или маркшейдерских планах, разрезах, либо - на продольной проекции. Такая операция называется оконтуриванием. Для оконтуривания необходимо иметь утвержденные кондиции, которыми определяются принципы оконтуривания рудных тел. Оконтуривание запасов по результатам разведочных работ производится последовательно - сначала по разведочным пересечениям (выработкам), затем по совокупности разведочных выработок (разрезам) и после этого – в продольных проекциях рудных залежей или зон.

Плоские тела - жилы, линзы, пласты - при пологом (менее 45°) залегании оконтуриваются в плане, при крутом – в проекции на вертикальную плоскость. Наклонные тела (при углах падения близких к 45°) - в их собственной плоскости. Трубообразные тела также оконтуриваются в плане (пологие) и в вертикальной проекции (крутые).

Изометричные тела оконтуриваются в плане.

Способы и основные принципы оконтуривания рудных тел

В порядке убывания точности построения контуров различают три способа оконтуривания: непрерывного прослеживания, интерполяции и экстраполяции.

Непрерывное прослеживание контактов выполняется, когда мощность тела полезного ископаемого меньше размеров прослеживающей выработки (штрека, восстающего, канавы и др.) или же эта выработка проходит непосредственно по контакту тела полезного ископаемого с вмещающими породами. Обычно с помощью этого способа удастся построить только часть контура тела полезного ископаемого.

Интерполяция заключается в проведении контура через непосредственно установленные точки контакта полезного ископаемого с вмещающими породами (на разрезах) или через точки пересечения

разведочными выработками полезного ископаемого (при построении контура на проекциях).

Экстраполяция представляет собой оконтуривание за пределами выработок, встретивших полезное ископаемое, т.е. данным способом отстраивается только внешний контур. Существуют два вида экстраполяции: ограниченная и неограниченная. *Ограниченная экстраполяция* – это проведение контура между выработками, одна из которых пересекла полезное ископаемое, а другая – нет. Конкретное положение опорной точки и, следовательно, контура определяются либо по формальным признакам – на половину, треть, четверть расстояния между этими выработками, либо на основании геологических закономерностей.

При неограниченной экстраполяции контур отстраивают за пределами выработок, подсекших полезное ископаемое, т.е. в этом случае установленных пределов экстраполяции нет, но положение опорных точек контура, как и при ограниченной экстраполяции, выявляется либо по формальным признакам – на четверть, половину, целое, удвоенное или другое расстояние между разведочными выработками, либо по геологическим признакам. Естественно, *наиболее достоверным будет положение контура, когда определение пределов экстраполяции основывалось на геологических закономерностях.*

Оконтуривание в пределах выработок. При равномерном распределении полезного компонента в тех случаях, когда границы рудного тела достаточно четкие и подсчетные контуры совпадают с геологическими, в задачу оконтуривания входит только проверка соответствия установленным кондициям. Для маломощных рудных тел промышленный характер рудного пересечения определяется метропроцентом. При неравномерном распределении полезного компонента в рудном теле, внешние границы рудного тела устанавливаются по результатам опробования.

Оконтуривание рудных тел по совокупности разведочных выработок.

При наличии четких геологических границ опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках. Сложнее определяется контур на месторождениях, когда рудные тела не имеют четких границ с вмещающими породами. При оконтуривании тел полезных ископаемых различают различные виды контуров. При этом выделяются: - внутренний контур интерполяции, проведенный через крайние разведочные выработки, вскрывшие (пересекшие) полезные ископаемые; - внешний контур, проведенный за пределами крайних выработок; при этом различают: а) внешний контур ограниченный экстраполяцией, если за пределами рудных выработок имеются выработки безрудные, и б) внешний контур неограниченный экстраполяции, если за рудными выработками безрудных выработок нет.

В случае неограниченной экстраполяции задача проведения внешнего контура становится наименее определенной и обычно многовариантной. В практике часто применяются следующие формальные приемы неограниченной экстраполяции: 1) проведение внешнего контура параллельно внутреннему на расстоянии, равном расстоянию между разведочными выработками или половине среднего расстояния между ними (для морфологически неустойчивых тел полезного ископаемого); 2) проведение внешнего контура в зависимости от линейных размеров тела полезного ископаемого. По этому приему внешний контур образует треугольник, у которого высота принимается равной половине длины тела полезного ископаемого. Видоизменением этого приема является проведение внешнего контура по периметру прямоугольника с высотой, равной четверти длины тела полезного ископаемого; 3) проведение внешнего контура по поверхности конуса (для изометрических тел).

Основанием этого конуса служит площадь сечения тела полезного ископаемого, ограниченная внутренним контуром, а высота равна половине среднего поперечного размера тела. Иногда на этом же основании строится полушарие.

Кондиционный состав и свойства полезного ископаемого являются показателями, на основе которых проводят рабочий (кондиционный) контур залежи, определяют ее форму и мощность.

Для достоверного определения мощности рудного тела на разрезе важна правильная увязка рудных интервалов выделенных по отдельным горным выработкам и скважинам. Таким образом, при установлении непрерывного или прерывистого залегания полезного ископаемого следует учитывать кондиции как по мощности, так и по качеству полезного ископаемого.

Определение параметров подсчета запасов полезных ископаемых

Параметрами подсчета называют определенные величины, дающие возможность вычислять запасы полезного ископаемого по месторождению или его части (блоку). кубических или в тоннах. В последнем случае они вычисляются как произведение объема V тела или его части (блока) на объемную массу полезного ископаемого d . Запасы полезного компонента P выражаются в тоннах или килограммах и представляют собой произведение запасов полезного ископаемого на среднее содержание заключенного в них полезного компонента c .

Для вычисления объема тела полезного ископаемого или его части (блока) принимается площадь в контуре уплощенного тела (в его плоскости или в проекции); штокообразные или изометричные тела характеризуются площадями горизонтальных или вертикальных сечений S . В качестве третьего измерения служит средняя мощность m уплощенного тела или расстояние между параллельными разведочными сечениями. Объем тела или его части вычисляется из произведения этих двух величин.

Таким образом, подсчету запасов предшествуют:

- 1) вычисление или измерение на плане площади тела или площади поперечных сечений тела S ;
- 2) вычисление средней мощности тела или среднего расстояния между параллельными разведочными сечениями тела m ;

- 3) вычисление средней объемной массы полезного ископаемого d ;
- 4) вычисление среднего содержания полезного компонента c .

Площади тел или их сечений измеряются планиметром или палеткой, а в случае простых геометрических фигур - вычисляются по известным математическим выражениям. Обычно измерение площадей проводятся несколько раз, а в подсчете запасов участвуют средние их оценки, при условии, что частные замеры расходятся не более, чем на 3 -5%.

Содержание полезного компонента. При подсчете запасов большого числа металлических и неметаллических полезных ископаемых кроме запасов руды определяются также запасы ценных компонентов, для чего необходимо знать их содержание. Для таких полезных ископаемых как бокситы, железная и марганцевая руда и др., запасы ценных компонентов не подсчитываются, но характеристика сырья по содержанию их обязательна.

При подсчете среднеблочных содержаний часто встает задача правильного учета отдельных проб с резко выдающимися содержаниями полезных компонентов ("ураганных" проб). По рекомендации ГКЗ, к ураганным относятся отдельные пробы, превышающие средние содержания по разведочному пересечению более чем на 20 %, а по подсчетному блоку более, чем на 10 %. Их следует исключать из подсчета, а вместо них - принимать пробы с наиболее высоким содержанием из числа рядовых проб, по данному разведочному пересечению или блоку соответственно.

Способы (методы) подсчета запасов

Несмотря на большое количество известных способов и методов подсчета запасов, в практике геологоразведочных широко используются два способа: способ блоков и способ разрезов. Реже используется статистический способ. В последние годы распространение получил компьютерный способ подсчета запасов с использованием блочных моделей.

Известно, что точность и достоверность запасов определяются главным образом геологической изученностью и фактическими данными разведки и гораздо меньше зависят от применяемых способов подсчета.

Запасы почти всех разведанных месторождений могут быть надежно подсчитаны способом блоков либо разрезов. Оба способа позволяют использовать для оконтуривания подсчетных блоков всю совокупность выявленных разведкой геологических данных и не искажают представлений о природных морфологических особенностях залежей полезных ископаемых.

Учитывая, что понятие способ является по смыслу более широким, чем метод, можно выделить следующие методы:

Способ блоков:

- 1) метод среднего арифметического;
- 2) метод геологических блоков;
- 3) метод эксплуатационных блоков.

Способ разрезов (сечений):

- 1) метод вертикальных разрезов (сечений);
- 2) метод горизонтальных разрезов (сечений);
- 3) метод линейный.

Способ блоков

Метод среднего арифметического является упрощенным приемом и применяется на ранних стадиях геологоразведочных работ для ориентировочных оценок запасов. С этой целью вся залежь полезного ископаемого приравнивается к равновеликой фигуре - диску с высотой, равной средней мощности залежи, которая вычисляется по совокупности всех разведочных пересечений, вошедших в контур. Запасы подсчитываются по формулам: $V=Sm$; $Q=Vd$; $C=PQ$, где V - объем залежи, м³; S - площадь залежи на проекции, м²; m - средняя горизонтальная (или вертикальная) мощность залежи, м; Q - запасы полезного ископаемого, т; d - объемная масса, т/м³; c - среднее содержание полезного компонента в залежи, %; P - запасы полезного компонента, т.

Достоинством среднеарифметического метода подсчета запасов является простота графических построений и вычислений. Недостатком его является невозможность выделения по результатам подсчета запасов

отдельных сортов руды. Кроме того, этот метод применим только при равномерном распределении выработок и скважин, в противном случае конечные результаты подсчета будут искажены.

Метод геологических блоков является ведущим при подсчете запасов рудных и нерудных полезных ископаемых и, по существу, единственным при подсчете запасов угля. Основой метода является выделение и оконтуривание подсчетных блоков по степени изученности и близким значениям ведущих геолого-промышленных параметров (мощности, содержанию, условиям залегания), т.е. по различным геологическим признакам. Отсюда и название выделяемых блоков: "геологические блоки". Этот метод позволяет с максимальной обоснованностью для данной степени разведанности блока определить средние значения подсчетных параметров и надежные пределы их интерполяции и экстраполяции. Истинная сложная форма блока при этом заменяется формой плоского параллелепипеда, площадь основания которого равна площади блока, а высота - средней мощности залежи. Запасы руды и ценных компонентов по этому методу считаются с определением среднего взвешенного, если исходные данные по разведочным пересечениям существенно различны.

Блоки оконтуриваются по следующим признакам:

- 1) выделяются площади разной степени разведанности для подсчета запасов по различным категориям;
- 2) выделяются площади разных типов и сортов полезного ископаемого;
- 3) выделяются площади с различными горно-техническими условиями эксплуатации.

Общие запасы полезного ископаемого подсчитываются суммированием запасов по всем блокам. Главным достоинством метода геологических блоков является его простота, а в случае геометризации неправильной разведочной сети он является единственным рациональным методом подсчета запасов.

Недостатками этого метода является то, что его подсчетные блоки (по крайней мере часть) обычно не соответствуют эксплуатационным блокам, поэтому при проектировании разработки месторождения приходится перестраивать подсчетные блоки и производить пересчет запасов. Этот метод не всегда может применяться для подсчета запасов складчатых и других сложно построенных залежей, формы которых резко искажаются при проектировании на плоскость.

Метод эксплуатационных блоков применяется для подсчета запасов месторождений рудных и неметаллических полезных ископаемых, разведанных горными выработками. Под эксплуатационными понимаются блоки, оконтуренные горными выработками с двух, трех или четырех сторон и соответственно детально опробованные. Блокировку производят так, чтобы запасы можно было легко группировать по эксплуатационным блокам: этажам, уступам карьеров и т.п. Графические построения сводятся к составлению продольных проекций залежей. Запасы полезного ископаемого по каждому эксплуатационному блоку определяют как произведение его площади на среднюю горизонтальную (или вертикальную) мощность и на среднюю объемную массу полезного ископаемого, а запасы полезного компонента - как произведение запасов полезного ископаемого на среднеблочное содержание полезного компонента.

Способ разрезов (сечений)

Применяется для подсчета запасов, главным образом, месторождений сложной формы, - разведанных системами разведочных выработок, на основании которых можно построить вертикальные геологические разрезы или погоризонтные планы. Сущность метода заключается в способе определения объема блока. В отличие от других методов он определяется не по площади залежи и ее мощности, а по площади сечений залежи (вертикальных – метод вертикальных сечений, или горизонтальных - метод горизонтальных сечений) и расстоянию между сечениями.

Контурные рудных залежей или зон отстраиваются в плоскостях геологических разрезов, а границы подсчетных блоков совпадают с плоскостями разрезов. Запасы подсчитываются отдельно в каждом блоке, а затем суммируются.

Способ разрезов обеспечивает наиболее правдоподобное преобразование объемов залежей, а совмещение подсчетных и геологических разрезов в одной плоскости способствует полному учету геологических особенностей месторождения при проведении контуров промышленной минерализации.

В случае, если разрезы не параллельны, вводятся поправки за непараллельность разрезов. Для вычисления объемов блоков между разрезами, расположенными друг от друга на расстоянии l , в зависимости от форм и соотношения площадей продуктивных залежей S_1 и S_2 применяются формулы призмы (если площади обоих сечений примерно равновелики).

В зависимости от характера выклинивания крайних блоков, которые опираются лишь одной стороной на разведочный разрез, объем их вычисляется по формуле конуса или клина. Площади залежей измеряются непосредственно на разрезах с помощью планиметра или палетки.

Определение площади палеткой может применяться только для крупных блоков перекрываемых десятками точек. Для перехода от объема к запасу руды и запасу металла определяются средние показатели объемной массы и содержания по сечениям, на которые опираются блоки, а затем средние значения для блока.

Часто возникает необходимость разделения подсчетных блоков на более мелкие блоки, например, по категориям запасов, сортам и типам сырья. Для этого соответствующие частные блоки оконтуриваются по разведочным линиям и выделяются на разрезах, а объемы их вычисляются по указанным выше формулам.

Способ разрезов на практике применяется очень широко, а для месторождений сложной формы он является наиболее рациональным.

Основные недостатки этого способа: при определении объема блока данные о контуре тела между сечениями не принимаются во внимание (предполагается, что площадь от одного сечения к другому изменяется линейно), а также не учитываются данные опробования между сечениями.

Линейный метод. Этот метод является разновидностью (вариантом) способа разрезов (сечений) и наиболее широко применяется на россыпных месторождениях. Известны две методики подсчета запасов: с опорой на одну линию, когда каждый блок опирается на один разрез, с экстраполяцией его данных в обе стороны от линии разреза; с опорой на две линии, когда блоки опираются на две линии, за исключением двух крайних блоков - правого и левого при вертикальных разрезах. Эти последние блоки опираются лишь одной стороной на разведочный разрез, с другой ограничиваются экстраполяционными поверхностями по геологическим или иным соображениям.

При разведке россыпных месторождений чаще применяется второй вариант (с опорой блока на две линии), т.к. в этом случае повышается степень достоверности определений запаса песков (горной массы) и полезного компонента за счет увеличения числа разведочных пересечений по каждому блоку.

Подсчет запасов линейным методом распадается на два этапа. Вначале подсчитываются так называемые линейные запасы в пределах условных пластин, соответствующих по площадям каждому разведочному разрезу толщиной 1 м; затем путем усреднения данных по разрезам, ограничивающих блоки, находят значения подсчетных параметров для каждого блока.

Подсчет ведется в следующем порядке.

1. Определяются запасы участков, расположенных между двумя выработками на разведочной линии.

2. Запасы участков в пределах разведочной линии суммируются, что дает запасы в ленте шириной 1 м³. На основании данных о запасах в разрезах

по разведочным линиям, определяются запасы в блоках. Общие запасы определяются путем суммирования запасов по отдельным подсчетным блокам.

Статистический способ

Применяется для подсчета запасов месторождений с крайне неравномерным гнездовым распределением основных ценных компонентов, если обычные способы опробования и подсчета запасов не обеспечивают получения представительных данных. Сущность способа заключается в том, что по результатам разведочно-эксплуатационных работ определяется среднее количество ("выход") полезного компонента, приходящегося на единицу площади или объема залежи. Выход полезного компонента характеризует продуктивность изученного участка.

Для подсчета запасов преимущественно по категории С2 среднюю величину продуктивности распространяют на всю потенциально рудоносную площадь или объем. При подсчете статистическим способом определяются не геологические, а извлекаемые запасы полезного ископаемого, что не соответствует принципам учета и подсчета запасов в недрах.

Для того, чтобы оценить запасы по их состоянию в недрах, к извлекаемым запасам нужно прибавить запасы, заключенные во всех видах потерь, которые определяются эксплуатационным путем.

Статистический способ подсчета запасов применяется как вынужденный прием, когда другие методы подсчета не обеспечивают надежных данных вследствие весьма малых размеров скоплений ценных компонентов, которые изолированы друг от друга и рассеяны в массе вмещающих пород (например, месторождений пьезокварца и др.), а также - при подсчете запасов отдельных сортов и типов руд и оценке прогнозных ресурсов категории *P1*.

Особенности подсчета запасов с использованием ЭВМ

В последнее время для целей подсчета запасов достаточно широко применяется ЭВМ. Наметилось два принципиально различных пути

использования ЭВМ: - разработка программ, механизмирующих расчетные операции на традиционной основе; - создание полностью автоматизированных систем подсчета (АС).

Механизация подсчетных операций (выводы средних мощностей, средних содержаний и т.д.), не дает большого выигрыша во времени и дополнительной информации. Второй путь сложнее, но перспективней.

Подсчет запасов с использованием ЭВМ позволяет: оптимизировать выделение рудных интервалов, что улучшает качество оконтуривания, исключить многочисленные арифметические ошибки, резко сократить время на подсчет запасов. В то же время применение более сложных способов не сопровождается существенным увеличением точности, т.к. ЭВМ используется в данном случае только как более совершенное техническое средство счета.

В свою очередь обработка материалов внутреннего и внешнего контроля опробования, повариантный расчет бортового содержания, анализ разведочной сети, корреляционные связи с применением ЭВМ значительно сокращает время операций. При вычислении среднеблочных значений могут широко использоваться уравнения множественной регрессии или различные модификации крайгинга, применение которых невозможно без ЭВМ. Основная трудность перехода к автоматизированной системе подсчета запасов заключается в том, что некоторые операции (геометризация и блокировка запасов), не поддаются автоматизации и требуют обязательно вмешательства специалиста.

Это, в свою очередь, приводит к нерациональному, прерывистому режиму работы ЭВМ. Кроме того, большие затраты времени и труда связаны не столько с подсчетами, сколько с подготовительными операциями. Поэтому для эффективного использования ЭВМ необходима широкая автоматизация всех стадий сбора и обработки первичной документации. Это предусматривают современные компьютерные системы обработки горно-

геологической информации в частности: ДАТАМАЙН, МИКРОМАЙН, СЮРПЕК и др.

Список рекомендуемой литературы

Авдонин В.В., Бойцов В.Е. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. ЗАО «Геоинформарк; М. 1998, 270 с.

Белобородова О.Н. Геоинформационные системы в геологии: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов геологических специальностей. Красноярск, 2006. 27 с.

Богданович В.А., Стримжа Т.П. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Красноярск, 2001. 114 с.

Временные методические рекомендации по геолого-экономической оценке промышленного значения месторождений твердых полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев). М.: 1998. 28 с.

Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований ТЭО кондиций на минеральное сырье. М.: 1997

Ермолов В.А. Геология. Ч. II. Разведка и геолого-промышленная оценка месторождений полезных ископаемых. М.: МГГУ, 2005. 391 с.

Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. М.: 1993.

Коробейников А.Ф., Кузбный В.С. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых. Томск, 1998. 309 с.

Макаров В.А. Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие, ГОУ ВПО «Гос. Ун-т. цвет металлов и золота», Красноярск, 2005. 164 с.

Милютин А.Г. Геология. М.: Высшая школа, 2004. 412 с.

Положение о порядке проведения геолого-разведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). ГКЗ МПР, М.: 1999. 28 с.

Самородская М.А. Компьютерная картография. Применение геоинформационных систем в геологии. ГУЦМиЗ, Красноярск, 2006, 96 с.

Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М.: ГКЗ, 1998.

Стримжа Т.П., Макаров В.А. Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых / Методические указания к лабораторным работам. ГУЦМиЗ, Красноярск, 2005. 50 с.

Шевелев В.В. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Иркутск, 2004. 365с.

Задание:

На выбранной геологической карте найти предполагаемое месторождение полезных ископаемых, произвести его опробование, оконтуривание и подсчет запасов, используя конспекты лекций и предлагаемую литературу.