Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный университет»

Геология месторождений полезных ископаемых

Методические указания

для слушателей курсов повышения квалификации специальности «Геофизика» по программе «Методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых в промысловой и разведочной геофизике»

Составитель:

профессор Пеньков И.Н.

Казань, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учение о геологии месторождений полезных ископаемых является важнейшим разделом геологии, изучающим закономерности образования и распространения в земной коре минеральных скоплений, применяемых в промышленности. Этот предмет обычно читается студентам после ознакомления их с основами общей и исторической геологии, структурной геологии, минералогии, петрографии и геохимии.

В соответствии с программой курса данное пособие разделено на 15 тем. Первые (вводные) темы знакомят слушателя с основными терминами и понятиями, которыми оперирует предмет. Остальные (базовые) темы посвящены рассмотрению групп месторождений в соответствии с принятой генетической классификацией. Каждая тема начинается с небольшого введения, где указываются характерные особенности геологической позиции месторождений и их промышленное значение. Основное же содержание тем «закодировано» в приводимых ниже вопросах для самоконтроля. Ответы на эти вопросы можно найти в рекомендуемых учебниках и руководствах.

**Тема 1. Основные термины и понятия**

Поскольку объектами изучения в данном курсе являются месторождения полезных ископаемых (МПИ), необходимо знать содержание следующих терминов: месторождение, рудное тело, полезное ископаемое, руда, рудный минерал, нерудный минерал, вмещающая порода, качество и количество руды в месторождении (запасы, кондиции), вещественный состав руд, их строение, закономерные минеральные ассоциации (парагенезисы), текстуры и структуры, понятия генезиса месторождений.

**Тема 2. Геологические условия размещения МПИ.**

**Морфология рудных тел**

В данной теме необходимо показать позиции месторождений в региональных структурах (складчатый пояс, платформа, переходная область, область активизации и т.д.). Отметить контролирующую роль тектонических нарушений (складчатых, разрывных). Особо обратить внимание на морфологию рудных тел, обусловленную заполнением рудным веществом открытых пространств и образованных путем замещения (метасоматоза). Отметить роль вмещающих пород (благоприятные и неблагоприятные породы).

Дополнительные вопросы:

1. Назовите элементы залегания пласта, жилы.

2. Чем отличается простая жила от сложной?

3. Чем отличатся шток от штокверка?

4. Какие тела следует называть сингенетичными, а какие эпигенетичными?

5. Что означает термин «слепое рудное тело»?

6. Что понимается под термином структура месторождения?

**Тема 3. Глубины образования МПИ. Возраст МПИ.**

**Источники металлов руд**

Здесь необходимо показать количественное и качественное различие в распределении МПИ по выделенным уровням глубины. Указать причину обеднения оруденения с глубиной. В разделе «источники» дать характеристику ювенильному, ассимиляционному, выщелоченному из замещающих пород и экзогенному источникам. В разделе «возраст» рассмотреть способы определения возраста – абсолютного, относительного. Показать на примерах.

Дополнительные вопросы:

1. Какие МПИ образуются на абиссальной и гипабиссальной глубинах?

2. Какие существуют способы определения относительного возраста МПИ и рудных тел?

3. Как определяют возрастные соотношения минералов по текстуре и структуре?

**Тема 4. Понятия генезиса МПИ**

Под понятием «генезис» подразумеваются геологические и физико-химические условия образования МПИ.

В перечень геологических условий входят: 1) связь с геодинамической обстановкой региона; 2) принадлежность к определенной формации горных пород (изверженных, осадочных, метаморфических); 3) вещественный состав руд и последовательность минералообразования.

К физико-химическим условиям относят: температуру, давление, характер и состояние рудообразующих систем (расплавы, растворы, газовая фаза) и их взаимодействие с замещающими породами.

Показать примерами случаи непосредственной и косвенной генетической связи месторождений с интрузиями.

Дополнительные вопросы:

1. Как связан признак зональности месторождений с их генезисом?

2. Можно ли определить принадлежность типа месторождения по минеральному составу?

3. В какую генетическую цепочку выстраиваются постмагматические месторождения?

4. Какие существуют температурные и барические признаки условий рудообразования?

5. Что показывают эксперименты?

**Тема 5. Вещественный состав руд их строение и**

**минеральные парагенезисы**

Под вещественным составом руд подразумевают химический и минеральный составы. В связи с этим назовите примеры простых и сложных по составу руд.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие компоненты руд считают главными и второстепенными?

2. Как изменяется в зависимости от температуры минеральный состав руд?

3. О чем говорит смена минерального состава в парагенезисах?

4. Назовите типичные минеральные парагенезисы для пегматитов, грейзенов, скарнов.

5. Дайте определение понятиям структура и текстура.

6. Приведите примеры характерных структур и текстур.

7. Как определять возрастные соотношения минералов на основании текстурных и структурных признаков?

**Тема 6. Состав земной коры и основные закономерности**

**размещения в ней химических элементов**

Земная кора составляет верхнюю оболочку земли. Распределение химических элементов в ней крайне неравномерно.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите пять наиболее распространенных элементов Земной коры.

2. Почему эта оболочка считается алюмосиликатной?

3. Чем определяется и регулируется концентрация и рассеяние элементов?

4. Какой смысл вкладывается в подразделение элементов на литофильные, халькофильные и сидерофильные?

5. Что такое ореолы рудного рассеяния вокруг рудных тел? С чем связано их образование?

6. Что такое «кларк элемента» и «кларк его концентрации»?

7. Какие ассоциации элементов характерны для ультраосновных и гранитных пород?

**Тема 7. Площади распространения полезных ископаемых**

В этой теме важно уяснить иерархию площадей и их соподчиненность. Привести примеры провинций, областей, районов, рудных полей, МПИ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите наиболее известные провинции России

2. Что такое рудное поле?

**Тема 8. Классификация МПИ**

В геологии принято систематизировать МПИ по генетическому принципу. Так, В.И.Смирнов делит все месторождения на три серии: эдогенную, экзогенную и метаморфогенную. Серии, в свою очередь подразделяются на группы, а последние на классы. Здесь необходимо дать общую характеристику выделенных серий и групп МПИ. Показать их соподчиненность. Ниже приводится упрощенный вариант такой классификации.

**А.** **Эндогенная серия**: 1. Магматические (ликвационные, кристаллизационные); 2. Пегматитовые; 3. Карбонатитовые; 4. Постмагматические: а) скарновые; б) альбитит-грейзеновые; в) гидротермальные; г) телетермальные (стратиформные); д) вулканогенно-осадочные.

**Б.** **Экзогенная серия**: 1. Месторождения выветривания: а)остаточные в коре выветривания; б) инфильтрационные; в) зон окисления; 2) Осадочные: а) механических осадков (россыпи); б) хемогенные (соли, месторождения железа, марганца, алюминия); в) биохемогенные (месторождения фосфоритов, горючих сланцев, каменного угля).

**В.** **Метаморфизованные**: 1. Метаморфизованные; 2. Метаморфические.

**Тема 9. Эндогенные месторождения**

**Магматические месторождения**.

Образуются при высоких температурах (1500-800ОС), высоких давлениях и на значительных глубинах 3-5 м и более км. Первоисточником вещества МПИ в них служат верхняя мантия Земли. Они имеют важное промышленное значение (концентрации: Сr,Pt, Fe,Ti, Cu, Ni, Au, а также алмаз, графит, апатит, флогопит и др.). Магматические МПИ образуются вследствие дифференциации магмы – ликвационной и клисталлизационной.

***Ликвационные месторождения***

Типичные представители – фульфидномедноникелевые месторождения, генетически связанные с расслоенными интрузиями основных и ультраосновных пород на древних платформах, испытавших активизацию.

Вопросы для самоконтроля:

1.В чем суть ликвации магматического расплава?

2. Каковы условия залегания этих месторождений?

3. Какими тектоническими структурами контролируются эти месторождения?

4. Назовите ведущие минералы руд. В какой форме в них находятся примеси платиноидов?

6. Приведите гипотезы образования месторождений?

7. Назовите примеры месторождений.

***Кристаллизационные месторождения***

Образуются вследствие кристаллизационной дифференциации магматического расплава. По ряду признаков они подразделяются на ранне- и позднемагматические.

*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 хромитов и платины.

В этой теме важно обратить внимание на текстурно-структурное взаимоотношение минералов в рудах, морфологию рудных тел и характер их контактов с вмещающими породами.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие геолого-структурные и текстурно-структурные признаки характерны для раннемагматических месторождений?

2. Каков характер распределения платиновой минерализации в массиве ультраосновных и основных пород месторождения Бушвельд (ЮАР)?

3. В какой геодинамической обстановке образуется кимберлитовая алмазоносная формация?

4. Что собой представляют кимберлиты и лампроиты как породы?

5. В какой форме и в ассоциации с какими минералами находится алмаз?

6. Назовите кимберлитовые провинции России.

*Позднемагматические* *месторождения.* Как и в случае раннемагматических месторождений здесь важно показать условия залегания рудных тел, структурно-текстурные особенности руд. В качестве примеров рассмотреть месторождения хромитов, титано-магнетитов, апатитов.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какова форма рудных тел в позднемагматических МПИ?

2. Каков характер контактов рудных тел с вмещающими породами?

3. Каковы текстурно-структурные особенности руд?

4. Рассмотрите модель генезиса хромитовых месторождений.

**Тема 10. Пегматитовые месторождения**

Интереснейшая тема, тесно связанная с именем академика А.Е.Ферсмана. Обратите внимание на геологические и физико-химические условия образования пегматитов, а также их позицию в региональных структурах, строение сложных пегматитовых тел (зональность). Вопросы их генезиса дискуссионны. В связи с этим следует ознакомиться с гипотезами их образования.

Дополнительные вопросы:

1. Чем отличаются пегматиты от материнских пород?

2. С какими глубинными зонами связано образование пегматитов?

3. Чем отличаются пегматиты магматические от метаморфических?

4. Что такое кварц-мусковитовый замещающий комплекс?

5. С чем связана грубозернистая структура пегматитов?

6. Какие полезные ископаемые связаны с пегматитами

7. Что такое пегматиты «чистой линии» и «линии скрещивания»?

**Тема 11. Карбонатитовые месторождения**

В этой теме обратите внимание прежде всего на необычность минерального и химического состава пород, на структурно геологическую позицию их массивов и на их связь с глубинными разломами. Сложный вопрос – природа и условия формирования карбонатитов. Рассмотрите две гипотезы их происхождения – магматическую и гидротермальную.

Вопросы для самоконтроля:

1. К каким геологическим структурам земной коры приурочены карбонатиты?

2. В какой временной последовательности происходило развитие комплексов пород карбонатитов и оруденения?

3. Какие полезные ископаемые связаны с карбонатитами?

4. Приведите примеры карбонатитовых месторождений.

**Тема 12. Постмагматические месторождения**

Постмагматические месторождения образуются за счет минерализованных газов и растворов, отделяющихся от магматического тела или другого источника. Они образуются как среди изверженных, так и осадочных и метаморфических пород. Эти месторождения играют исключительно важную роль в экономике. Они являются источниками руд таких металлов как: железо, медь, цинк, свинец, никель, кобальт, редких металлов, золота, серебра, урана, а также ряда неметаллических МПИ: асбеста, талька, магнезита, флюорита, барита и др.

***Скарновые месторождения.*** Скарны – известково-силикатные породы, возникшие на контактах остывающих интрузий с карбонатными породами. В отличие от роговиков (также контактовых пород) они образуются метасоматическим путем. Их типичные минералы - пироксен ряда диопсид-геденбергит и гранат ряда андрадит-гроссуляр. Они подразделяются на известковые, магнезиальные и силикатные скарны. Характерным признаком скарнов является их зональное строение.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему зональность в скарнах развивается ассиметрично относительно контакта?

2. Что является «движущей силой» развития процесса?

3. Какая разница между биметасоматическими и инфильтрационными скарнами, по Д.С. Конжинскому? Почему промышленное оруденение свойственно в основном только контактово-инфильтрационным скарнам?

4. С какими изверженными породами связано скарнообразование?

5. Каково происхождение сульфидной минерализации в скарнах?

6. Назовите примеры скарново-рудных месторождений.

***Альбититовые и грейзеновые месторождения.*** Альбититы и грейзены объединяются общностью происхождения, источником вещества и часто совместным нахождением. Обычно они связаны с апикальными выступами массивов кислых и щелочных изверженных пород, которые подверглись постмагматическому метасоматозу. Они являются важными источниками олова, вольфрама, бериллия, лития, ниобия, тантала, циркония, тория. Обратите внимание на пространственное и временное распределение калиевого и натриевого метасоматоза, а также на кислотно-щелочной режим процесса метасоматоза.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определения альбититам и грейзенам.

2. Откуда берутся металлы?

3. Каков температурный режим развития процесса?

4. Что такое «линейные альбититы»?

***Гидротермальные месторождения.*** Это обширная и весьма важная в практическом отношении группа месторождений руд цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов, а также неметаллического сырья. Они широко развиты не только в складчатых областях, но также на активизированных древних платформах и щитах. Характеристику их следует начать с основных признаков (условия залегания, морфология рудных тел, минеральный состав руд, характер изменения вмещающих пород, зональность и др.).

Вопросы для самоконтроля:

1. Как классифицируются гидротермальные месторождения?

2. Каковы глубины их образования?

3. Каковы признаки связи с магматическими источниками?

4. Назовите наиболее типичные рудные формации гидротермальных МПИ.

5. Как проявляется стадийность процесса рудообразования?

6. Каковы вероятные источники воды?

7. Охарактеризуйте позицию колчеданных месторождений и их генезис.

8. Дайте характеристику одного из месторождений.

***Телетермальные (стратиформные) месторождения****.* К этому классу относятся месторождения меди, свинца, цинка, урана, ртути, сурьмы, мышьяка, золота и др. металлов, а также многих видов нерудного сырья. Важно уделить внимание их геологической позиции морфологии рудных тел, отсутствию видимой связи с магматическими породами, а также на вероятную связь с грунтовыми водами.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие месторождения принято относить к телетермальным?

2. Какие особенности геологической позиции месторождений?

3. Как объясняется сочетание согласных и секущих рудных тел и зон?

4. Какие особенности минерального состава руд?

5. Дайте трактовку существующим гипотезам их образования.

6. Какие рудные формации наиболее типичны для этих месторождений?

**Тема 13. Экзогенные месторождения**

С этой группой месторождений связаны значительные ресурсы руд железа, марганца, алюминия, никеля, кобальта, урана, ванадия, фосфоритов, каустобиолитов (уголь, торф, горючие сланцы, нефть). Она включает месторождения выветривания и осадочные.

***Месторождения выветривания****.* Месторождения выветривания формировались в коре выветривания – особой континентальной формации. В процессе выветривания часть продуктов остается на месте, образуя остаточные месторождения, а другая часть мигрирует вниз коры и за ее пределы, образуя инфильтрационные месторождения. Профиль выветривания (зональность) и состав отдельных зон зависят от миграционной способности компонентов, климатических условий и ряда других факторов. Особо следует отметить роль коренных пород за счет которых формируется месторождения железа и никеля (ультраосновные породы), а также алюминия (кислые и щелочные породы). Необходимо показать, как влияет на выветривание нарушенность пород, геоморфология, гидрогеология.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте три основных морфологических типа кор выветривания

2. Какие химические реакции протекают при выветривании?

3. Что такое «латеритное выветривание»?

4. Какие полезные ископаемые образуются в корах выветривания?

5. В каких климатических условиях образуется каолиновая кора выветривания?

6. Что такое зона окисления на сульфидных месторождениях?

7. Какие МПИ возникают инфильтрационным путем?

***Осадочные месторождения****.* Непосредственно связаны с процессами осадконакопления и диагенеза осадков. Они имеют весьма важное экономическое значение. Осадочным путем образуются месторождения: энергетического и химического сырья, многие металлические полезные ископаемые (железа, марганца, алюминия, золота, урана, и др.), сырья для удобрений (фосфориты, бораты, сера, селитра), стройматериалов (карбонатные породы, гипс, глины, песок), камнесамоцветов (алмаз, янтарь, изумруд, агат, халцедон и др.) Осадочные месторождения подразделяются на механогенные и хемогенные.

*Механогенные месторождения.* Они представлены россыпями, кварцевыми песками, гравием и др.

Россыпи. Россыпями называют скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащего ценные металлы, такие как: золото, платина, редкие земли, цирконий, тантал, ниобий, титан, олово, вольфрам, бериллий, драгоценные и поделочные камни. Их экономическое значение велико, особенно для алмаза, ильменита, вольфрамита, шеелита, кассетерита, золота, платины, янтаря.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что означают термины «континентальные» и «прибрежно-морские россыпи»?

2. Покажите строение аллювиальной россыпи.

3. Назовите основные факторы россыпеобразования.

4. Как влияет на продуктивность аллювиальной россыпи рельеф плотика?

5. Какие существуют модели образования россыпи?

*Хемогенные месторождения*. Представлены двумя типами: возникшими из истинных и преимущественно из коллоидных растворов. К первым принадлежат месторождения солей, а ко вторым – месторождения железа, марганца, алюминия и других металлов. Проанализируйте возможные источники металлов, условия и формы их миграции и концентрации, а также сохранности и диагенеза. Особое внимание уделите формированию месторождений железа, марганца и алюминия. Для месторождений солей следует учесть палеогеографические, тектонические и геохимические факторы контроля.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы основные источники вещества хемогенных месторождений?

2. Сравните относительную миграционную способность железа, марганца и алюминия в условиях гумидного климата.

3. Как изменяется минеральный состав руд железа и марганца в зависимости от фациальных условий?

4. Что означает термин «геохимический барьер»?

*Биохимические месторождения.* Биохимические осадки образуются в результате жизнедеятельности организмов. Оболочка земли, в которой распространены организмы, называется биосферой. С ней связаны концентрации больших масс углерода, водорода, кальция, фосфора и других сопутствующих элементов. Органо-осадочное происхождение имеют также месторождения известняков, доломитов, диатомитов, серы и др.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие месторождения принято относить к биохимическим?

2. Каковы источники фосфора в месторождениях фосфоритов (гипотеза А.В. Казакова)?

3. Как классифицируются ископаемые угли?

4. Охарактеризуйте основные гипотезы происхождения нефти и газа.

**Тема 14. Метаморфогенные месторождения**

Процессы метаморфизма означают преобразования горных пород и заключенных в них полезных ископаемых в связи с изменением физико-химических условий (температуры, давления, концентрации компонентов). Метаморфогенные месторождения могут возникать либо в результате метаморфизма ранее образованных месторождений, либо в результате метаморфизма горных пород. Соответственно выделяют: месторождения метаморфизованные и метаморфические. Среди метаморфогенных месторождений известны месторождения руд: золота, алмазов, полиметаллов, меди, месторождения нерудного сырья. Здесь полезно вспомнить о таких понятиях как: региональный и локальный метаморфизм, фации метаморфизма, диафторез, ультраметаморфизм.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие признаки указывают на метаморфогенные происхождение месторождений?

2. Что такое изохимический и аллохимический метаморфизм?

3. Как изменяется при метаморфизме первоначальные текстуры и структуры руд и горных пород?

4. Что означает термин автометаморфизм?

5. С какими фациями метаморфизма связаны формирования железистых кварцитов, золотоносных конгломератов?

**Тема 15. Глобальные и региональные условия образования МПИ**

Характеристика геологических условий образования полезных ископаемых может быть дана с позиции как геосинклинальной (фиксисткой), так и плитной (мобилистской) концепций.

***Геосинклинальная концепция.*** Предполагает три типа глобальных структур: геосинклинали, платформы и области тектономагматической активизации.

*Геосинклинальные системы*. Рассматриваются как генераторы основной части эндогенных МПИ. В истории их развития выделяют (В.И.Смирнов) три главных стадии: раннюю, среднюю и позднюю. Для каждой стадии характерен свой специфический набор формаций горных пород и связанных с ними МПИ. Необходимо проанализировать последовательность формировании формаций и связанных с ними МПИ на конкретных примерах (Уральская геосинклиналь).

*Платформы.* В них выделяются два четко выраженных этажа: фундамент и осадочный чехол. Для этажей характерны специфические наборы формаций и МПИ. Рассмотрите формации на примерах протерозойских и палеозойских платформ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите основные геосинклинальные магматические формации горных пород и связанные с ними МПИ.

2. Что означают понятия базальтофильная и гранитофильная геосинклинали?

*Области тектономагматической активизации*. Указывают на процесс перестройки земной коры под воздействием тектоники и магматизма.

Вопросы для самоконтроля:

1.Назовитие примеры активизированных и слабоактивизированных платформ. В чем проявляются процессы активизации?

2. Приведите примеры месторождения полезных ископаемых связанных с активизацией древних платфорфм.

***Плитная (мобилистская) концепция***. Основу её составляет орогенический цикл Уилсона (200-250 млн. лет) Цикл разделен на пять стадий: 1) внутриконтинентального рифтообразования; 2) расширения (спрединга) океанического дна; 3) поглощения океанической коры (субдукция); 4) столкновения литосферных плит; 5) заключительная (стабилизационная).

В каждой из этих стадий находят свое место и время образование соответствующих типов МПИ. Так, например, колчеданные месторождения образовались в стадию расширения океанического дна, а месторождения хромитов, платины и титаномагнетитов – в глубинной зоне срединно-океанических хребтов, крупные месторождения сульфидномедноникелевых руд - на начальной стадии рифтообразования. В целом важно обратить внимание на «стыковку» и «нестыковку» геосинклинальной и плитной концепций.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое активная окраина континентов?

2. Охарактеризуйте основные тектонические элементы океанического дна и связанные с ними МПИ

**Рекомендуемая литература.**

1. В.И. Смирнов. Геология полезных ископаемых. М. Недра, 1989.

2. В.И. Старостин, П.А.Игнатов. Геология полезных ископаемых. Изд. МГУ, 2004

3. С.К. Вахрамеев. Месторождения полезных ископаемых. М. Недра, 1979.

4. И.Н.Пеньков. Вещественный состав руд, их строение и минеральные парагенезисы. Методическое руководство, изд. КГУ, 2001