

# Формирование месторождений

- Этапы и стадии минералообразования
- Длительность формирования месторождений
- Глубина формирования месторождений
- Источники вещества полезных ископаемых
- Отложение минерального вещества полезных  
ископаемых

**Этап** – длительный период минералонакопления одного генетического процесса, например, магматического, пегматитового, гидротермального или супергенного.

Обычно месторождения полезных ископаемых формируются в один этап, реже в два и более. Примером последнего могут служить верхние части рудных тел, в контурах которых находятся минеральные массы глубинного (например, гидротермального) и супергенного (обусловленного выветриванием) этапов.

**Стадия** – период времени в рамках одного этапа, в течение которого происходило накопление минералов определенного состава, отделенный перерывом минерализации от других стадий.

Критериями для выделения стадий накопления вещества полезного ископаемого служат:

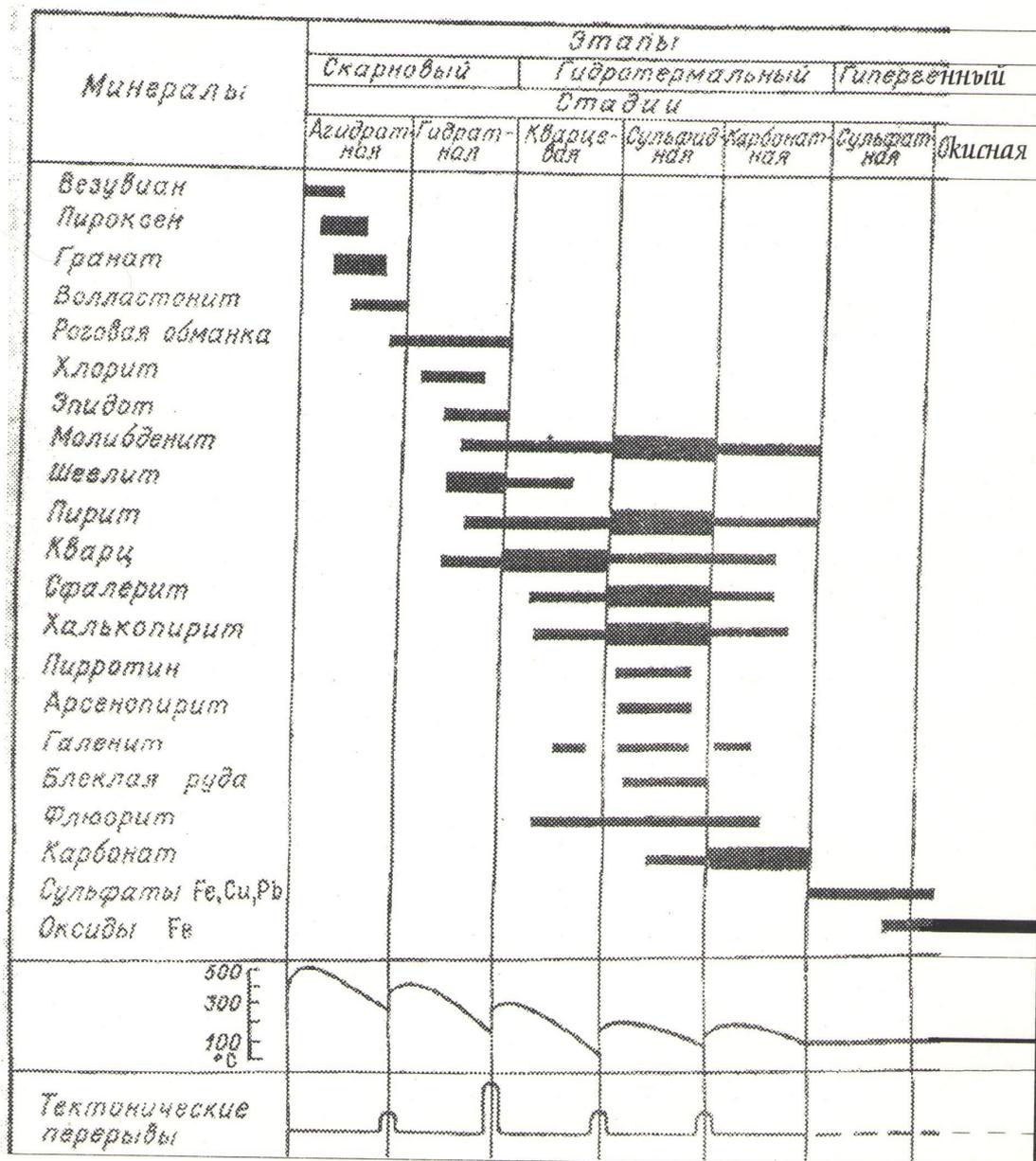
- пересечения ранних минеральных образований жилами и прожилками минерального вещества последующих стадий;
- брекчирование минеральных агрегатов ранней стадии с цементацией их обломков минеральной массой новых (более поздних) стадий.

**Парагенезис** (парагенетическая минеральная ассоциация – совместное нахождение минералов, обусловленное общностью происхождения).

**Минеральные генерации** – минеральные ассоциации последовательных стадий минералонакопления.

В таких генерациях минеральный состав может быть полностью различным, целиком одинаковым или частично повторяться. В последних двух случаях говорят о нескольких **генерациях** одного и того же минерала (напр., пирит первой и второй генераций)

# Типовая схема последовательности выделения минералов (по В.И. Смирнову)



# Длительность формирования месторождений

Месторождения полезных ископаемых формировались достаточно длительное время, соизмеримое с геологическим временем образования комплексов горных пород.

Наиболее ясно этот вопрос решается для месторождений осадочных полезных ископаемых: солей, углей, осадочных железных и марганцевых руд, месторождений выветривания.

- Толща пермских (кунгурский ярус P1) каменных и калийных солей Верхнекамского месторождения мощностью 350-400 м накапливалась в течение 15-17 тыс лет).

- Платформенные морские месторождения сидерит-лептохлорит-гидрогематитовых бобово-) оолитовых руд в карбонатно-терригенных отложениях Западно-Сибирского бассейна (J-K-Pg-N), представленные пологозалегающими пластами железной руды (до 4-х пластов мощностью от 2 до 20 м), формировались в интервале времени от 3 до 15 млн лет (включая перерывы в осадконакоплении, фиксируемые частными размывами как самих руд, так и подстилающих их пластов терригенно-осадочных пород.

- Периоды отложения угленосной толщи карбона (C) Донецкого бассейна, включающие до 30 пластов каменного угля, охватывают 50-60 млн лет.





Для магматогенных и метаморфогенных месторождений этот вопрос решается менее определенно с привлечением методов абсолютной геохронологии; такого рода исследования показывают на широкий диапазон времени формирования этих месторождений.

- В короткие отрезки времени (до десятков тысяч лет) возникают жильные и штокверковые месторождения, ассоциирующие с гранитоидным магматизмом.
- Продолжительность лишь ниобиевого оруденения в составе сложного комплекса щелочных-ультраосновных пород и карбонатитов Сокли в Финляндии (O-D1) оценивается в 8,5 млн. лет, а формирование аналогичного Томторского массива (R-V) – в более 80 млн. лет.

Следует подчеркнуть, что некоторые химические элементы, участвующие в создании минералообразующих комплексов тел полезных ископаемых, могут переходить из одного геологического (более раннего) цикла в другой (более поздний) и поэтому их возраст может быть более древним, чем возраст месторождения.

- По изотопным данным возраст свинца в рудах колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая является значительно более древним по сравнению с среднедевонским (эйфельским, D2) возрастом самих месторождений

**По мере перехода от земной поверхности на глубину  
меняются геохимическая и петрофизическая  
обстановки минералообразования:**

- возрастает температура (**T**);
- увеличивается давление (**P**);
- повышается плотность пород ( **$\rho$** );
- резко снижается активность кислорода (**O<sub>2</sub>**);
- снижаются активности углекислоты (**CO<sub>2</sub>**) и азота (**N<sub>2</sub>**);
- возрастают активности метана (**CH<sub>4</sub>**) и водорода (**H<sub>2</sub>**);
- меняются фазовое состояние воды (**H<sub>2</sub>O**) и ее плотность ( **$\rho$** );
- хрупкие деформации горных пород сменяются пластичными.

# Уровни глубин формирования месторождений

## ***Приповерхностная зона (0,0 – 1,5 км)***

Все месторождения экзогенной серии, вулканогенные гидротермальные (в том числе колчеданные) месторождения цветных и благородных металлов, кимберлитовые и лампроитовые трубки, карбонатиты.

## ***Гипабиссальная зона (1,5 – 3,5 км)***

Большинство плутогенных гидротермальных месторождений различных металлов, скарновые месторождения железа и меди, магматические месторождения сульфидных медно-никелевых руд, хромитов, платиноидов и редких металлов.

## ***Абиссальная зона (3,5 – 10,0 км)***

Пегматитовые, альбититовые и грейзеновые месторождения, часть плутогенных гидротермальных месторождений, магматические месторождения хромитов и титаномагнетитов, ассоциирующие с крупными глубинными плутонами кислых, основных и др. магм.

## ***Ультраабиссальная зона (10,0 – граница Мохо)***

*На континенте, андалузита, ентах – около 40 км, под дном океана – 5-8 км*

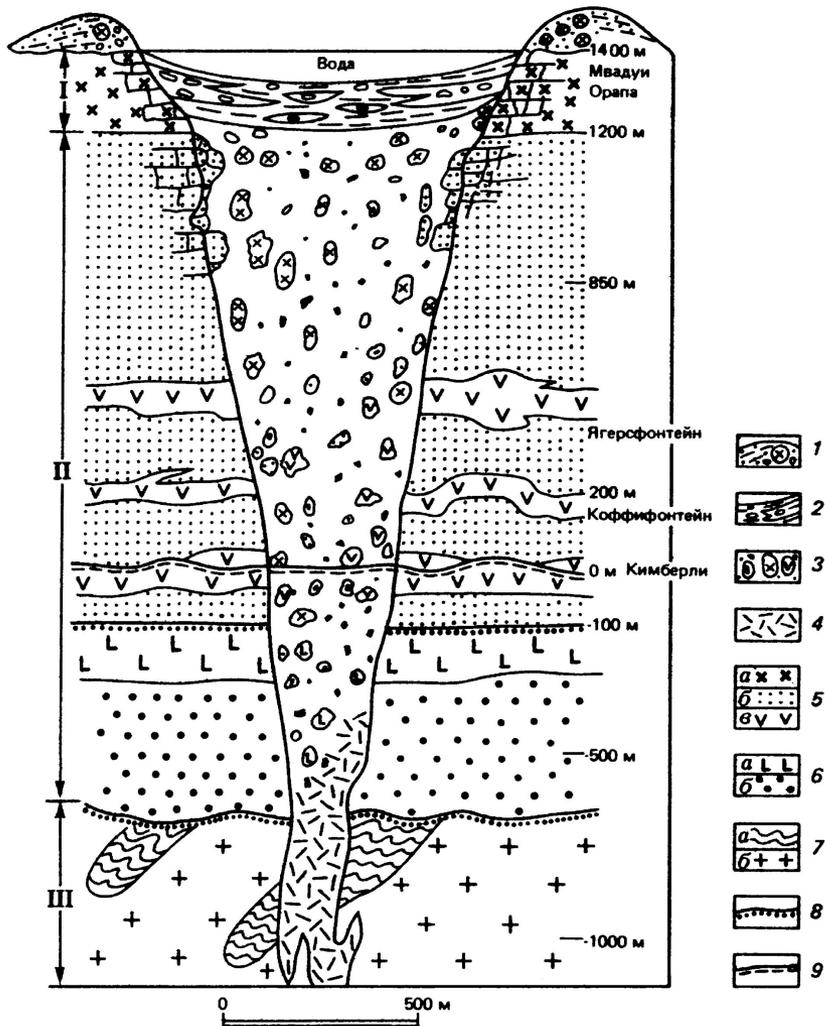
Метаморфогенные месторождения дистена, силлиманита, андалузита, рутила, корунда, графита, флогопита. Здесь испытывают глубокие метаморфические преобразования руды образовавшиеся на более высоких уровнях (метаморфизованные месторождения железа и марганца).

# Глубина эрозионного среза

определяется положением тел полезных ископаемых относительно современной земной поверхности.

- Принято выделять три степени эродированности месторождений: - **начальную** (тела полезных ископаемых только начали вскрываться эрозией и месторождение перспективно на глубину);
- **промежуточную** (среднюю) и
  - **полную** (на поверхности обнажаются корневые части рудных тел и перспективы месторождения на глубину весьма ограничены)

# Графическая модель южноафриканских кимберлитовых трубок (по Дж. Хаусону с упрощением)



- 1 – туфы вулканического конуса;
- 2 – кратерные осадки;
- 3 – взрывчатые кимберлитовые брекчии (агломераты, туфы);
- 4 – интрузивные брекчии и кимберлиты;
- 5 – породы системы Карру (С1-Р-Т): а – основные лавы; б – сланцы, песчаники;
- 6 – система Вентесдорп (PR1): а – андезитовые лавы; б – конгломераты, кварциты;
- 7 – первичная система (AR): а – сланцы; б – гранито-гнейсы;
- 8 – границы систем;
- 9 – современная поверхность трубок и силлов в поле Кимберли.

**Части трубок:** I – кратерная; II – диатремевая; III – канальная

# Источники вещества полезных ископаемых

**Ювенильные**, связанные с разнообразными по составу магмами глубинного (нижнекорового и верхнемантийного) зарождения и с «трансмагматическими» (по Д. Коржинскому) флюидами.

*Алмазы в кимберлитовых и лампроитовых трубках, ниобий и редкоземельные элементы в карбонатах сложных ультраосновных-щелочных магматических комплексов.*

**Ассимиляционные**, связанные с ассимиляцией магматическим расплавом минерального вещества окружающих пород, то-есть с возникновением палингенной магмы.

*Обогащение щелочной магмы углеродом за счет ассимиляции ею окружающих карбонатных пород с последующим образованием магматических штоков плотнокристаллического графита в периферических частях сиенитового интрузива Ботогольского месторождения (По Б.М.Куплетскому)*





**Заимствованные** выщелачиванием из пород минерального веществагазово-жидкими растворами различного генезиса на путях их подземной циркуляции.

*Рециклинговая модель образования субмаринных колчеданных залежей в конвективной палеогидротермальной системе, предполагающая захват из окружающих пород цветных металлов и других элементов, их перенос циркулирующей разогретой морской водой с последующим отложением в зоне выхода гидротерм близ поверхности морского дна. (По Р.Хатчинсону, У.Файфу и др.)*

**Экзогенные**, то-есть снос вещества с поверхности континентов в виде взвесей и растворов в водные бассейны осадконакопления (седиментации).

*Растворение и перенос железа, марганца, алюминия, солей и др. с континентов в бассейн осадконакопления с образованием осадочных пластовых залежей этих металлов и др. элементов и соединений.*

# Отложение минерального вещества полезных ископаемых из минералообразующих сред

## 1. Из расплавов (*магматические месторождения*)

- кристаллизация минералов магмы (кристаллизационная или ликвационная дифференциация)

## 2. Из водных и газовой-водных растворов, газовых растворов (*магматогенные и седиментогенные месторождения*)

- механическое осаждение
- биохимическое осаждение
- самопроизвольная коагуляция
- пересыщение и испарение растворов
- химические реакции различных веществ, находящихся в растворе и вступающих во взаимодействие при изменении температуры, давления и других параметров, реакций при смешении растворов различного состава и реакций вещества раствора с горными породами

- сублимация (возгонка)

## 3. Результат перегруппировки вещества в твердом состоянии (*преобразованные, в том числе метаморфогенные месторождения*)

- распад твердых растворов
- *диффузионный и фильтрационный массоперенос*