

**ЛЕКЦИЯ 2 ЭНДОГЕННЫЕ
ПРОЦЕССЫ (ПЕГМАТИТОВЫЙ
ПРОЦЕСС)**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕГМАТИТОВ

Пегматитами минеральные образования, которые сложены агрегатами крупных кристаллов, относящихся к алюмосиликатам и обособленных в виде линз, гнезд, жил в магматических породах родственного состава

Физико-химические условия формирования

1

- Глубина формирования пегматитов – от 2 до 16-20 км


2

- Температуры кристаллизации минералов пегматитов от 800-700°C до 50°C

3

- Магматический расплав обогащен летучими компонентами (H₂O, CO₂, F, Cl и др.)

Особенности пегматитов



Пегматиты располагаются внутри материнских интрузий или в непосредственной близости от них

Пегматиты характеризуются тождественностью состава с вмещающими породами

Пегматиты характеризуются неравномерной крупно- и гигантозернистой структурой

Пегматиты характеризуются зональным строением

Пегматитовый процесс. Пегматиты - крупно- и гигантозернистые жильные тела, близкие по составу интрузиям, с которыми они пространственно связаны. Пегматиты отличаются формой, строением и, иногда, наличием редкометалльных и редкоземельных минералов. Форма пегматитов преимущественно жильная. Тесная пространственная связь пегматитов с интрузиями доказывает их генетическое родство. Пегматиты обычно удалены от интрузивных пород не более, чем на 1-2 км. Подавляющее число пегматитов связано с гранитными интрузиями (гранитные пегматиты), реже встречаются пегматиты, связанные со щелочными магматическими породами (щелочные пегматиты), и редко отмечаются габбро-пегматиты. Минералогический состав пегматитов тот же, что и в материнской интрузии.

Согласно представлениям А.Е.Ферсмана, при кристаллизации гранитной магмы образуется остаточный силикатный расплав, богатый соединениями редких и редкоземельных элементов и летучими веществами-минерализаторами (соединения хлора, фтора, бора). Этот расплав, кристаллизуясь, образует пегматиты. При кристаллизации кварца и полевого шпата возникают характерные образования, которые носят название письменного гранита, или еврейского камня. Закономерные вросстки кварца в полевом шпате напоминают восточные письмена, иероглифы, откуда и произошло это название.

В результате реакций пегматитового расплава с вмещающими породами возможны случаи, когда одни компоненты выносятся из расплава, а другие поглощаются им. Так возникают пегматиты «скрещения» в отличие от пегматитов «чистой линии», когда ассимиляция вещества из вмещающих пород не происходит. К таким пегматитам относятся пегматиты Урала, когда происходит взаимодействие пегматитового расплава с основными и ультраосновными породами. Среди гранитных пегматитов выделяют керамические (крупные блоки микроклина и кварца), слюдоносные (мусковит), редкометалльные (литий, бериллий, тантал-ниобий, цезий) и хрусталеносные (горный хрусталь, топаз, берилл). Последние обычно залегают среди гранитов и гранито-гнейсов и образуют полости - камеры, поэтому их также называют камерными пегматитами. В этих полостях (занорыши) вырастают крупные кристаллы горного хрусталя, дымчатого кварца, мориона, топаза, берилла и других минералов. Пегматиты часто имеют зональное строение.

Пегматиты - источник редкоземельных: *Sc*, *Y*, *Ce*, *La*, редких – *Be*, *Li*, *Ta*, *Sr* и других элементов. Это источник пьезокварца, слюды, а также полевых шпатов, крупные скопления которых являются керамическим сырьем.

Генетические классы пегматитовых месторождений

Перекрестализованные

Простые

Керамическое
сырье
М-я Чкаловское
(Карелия),
Глубочанское
(Украина)

Мусковит
М-е Мамский
Район
(Восточная
Сибирь)

Метасоматически
замещенные

Литий,
бериллий,
цезий, рубидий
олова, ниобия,
оптическое сырье,
драгоценные камни,
М-я Карабашское
(Урал)
Кайстон (США)

МИНЕРАЛЫ ПЕГМАТИТОВ

Минералы		
Главные	Второстепенные и акцессорные	Имеющие практическое значение
1. Гранитные пегматиты (керамические и мусковитовые)		
Плаггиоклаз Микроклин-пертит Кварц Мусковит Биотит Апатит Шерл	Гранат Берилл Монацит Циркон	Полевой шпат и кварц-керамическое сырье Мусковит Берилл
2. Гранитные пегматиты (редкометалльные)		
Клевеландит Кварц Микроклин Сподумен Лепидолит	Мусковит Рубеллит Полихромные турмалины Берилл Касситерит	Сподумен Берилл Лепидолит Касситерит Турмалин
3. Гранитные пегматиты (хрусталеносные)		
Кварц Горный хрусталь Морион Альбит Топаз Берилл	Мусковит Биотит	Горный хрусталь Дымчатый кварц

Гранитные пегматиты «линии скрещения»

Флогопит
Биотит
Тальк
Хлорит
Актинолит
Плагиоклаз

Роговая обманка
Кварц
Мусковит
Флюорит
Берилл

Берилл
Изумруд

Щелочные пегматиты

Микроклин
Нефелин
Эгирин
Мусковит
Биотит
Роговая обманка
Альбит

Сфен
Ильменит
Циркон
Пирохлор

Пирохлор

ГИГАНТСКИЙ КРИСТАЛЛ КВАРЦА, НАЙДЕННЫЙ В
ПЕГМАТИТАХ АКЖАЙЛЯУ (ТАРБАГАТАЙ, ВОСТ.
КАЗАХСТАН)



КРИСТАЛЛ КВАРЦА В МИКРОКЛИНЕ (ПЕГМАТИТОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ АКЖАЙЛЯУ, ВОСТ. КАЗАХСТАН)



**По генезису
выделяются**

```
graph TD; A[По генезису выделяются] --> B[Магматические]; A --> C[Метаморфогенные]
```

Магматические

Метаморфогенные

МАГМАТИЧЕСКИЕ ПЕГМАТИТЫ

- пространственно и генетически связаны с материнскими интрузиями
- представляют собой позднемагматические тела, формирующиеся на завершающих стадиях глубинных массивов
- подавляющее количество месторождений приурочено к пегматитам в гранитоидных или щелочных магматических комплексах

ОСНОВНЫЕ МИНЕРАЛЫ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ



кварц, калиевый полевой шпат, биотит, мусковит

могут присутствовать топаз, касситерит, берилл,
флюорит, сподумен, турмалин, апатит, торий,
редкие и радиоактивные элементы

КВАРЦ, МИКРОКЛИН



ТОПАЗ



БЕРИЛ



ТУРМАЛИН (ШЕРЛ)



Основные минералы гранитных пегматитов



ТУРМАЛИН





АКВАМАРИН
разновидность
берилла
Бразилия





**АКВАМАРИН
С ШЕРЛОМ
(Пакистан)**

**АКВАМАРИН
НА РАУХТОПАЗЕ**





ФЛЮОРИТ



КАССИТЕРИТ



ГОРНЫЙ
ХРУСТАЛЬ



Топаз



Сподумен

КЕРАМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ (МИКРОКЛИН)



Отличаются неравномерной крупно- и гигантозернистой структурой



Ортоклаз, дымчатый
кварц, шерл

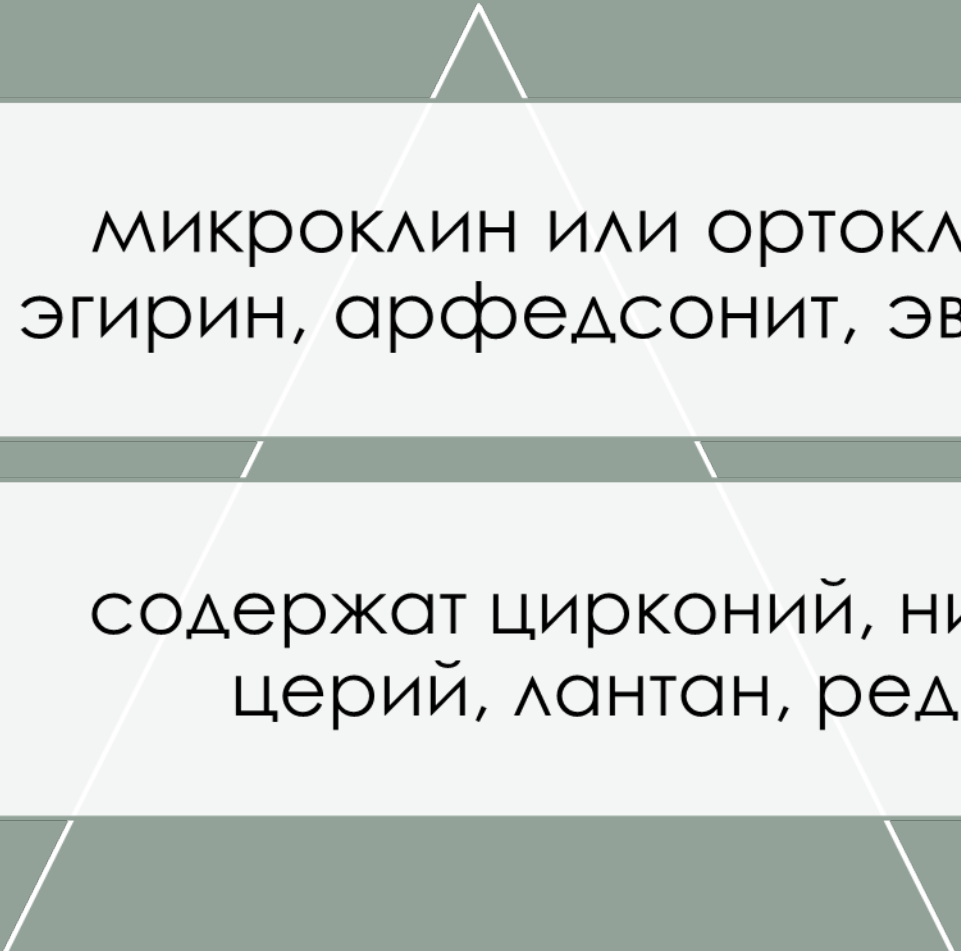


Корунд
(сапфир),
в полевом
шпате



Турмалин в берилле,
на ортоклазе

ОСНОВНЫЕ МИНЕРАЛЫ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ



микроклин или ортоклаз, нефелин,
эгирин, арфедсонит, эвдиалит, апатит,

содержат цирконий, ниобий, тантал,
церий, лантан, редкие земли

Пегматиты щелочных формаций



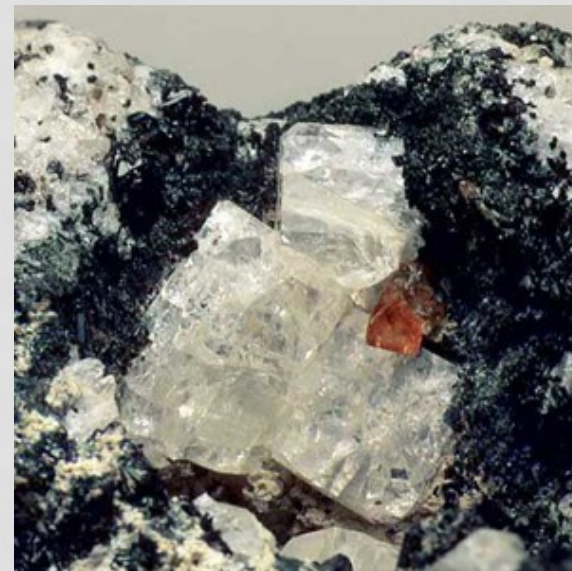
ЭГИРИН



АПАТИТ



МИКРОКЛИН



НЕФЕЛИН

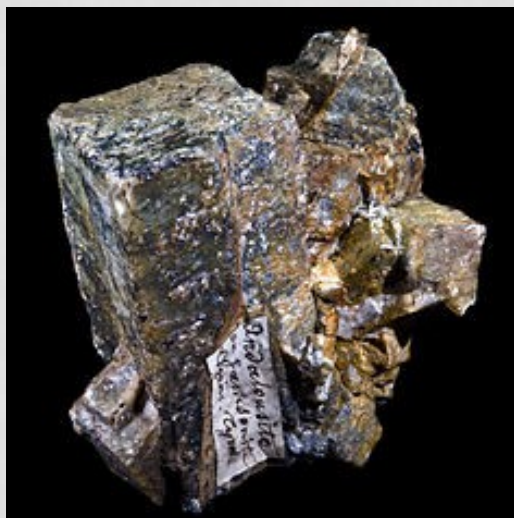


ЭВДИАЛИТ

МЕТАМОРФОГЕННЫЕ ПЕГМАТИТЫ

- приурочены к метаморфическим комплексам пород и образуются за счет метаморфических преобразований пород
- Они локализованы преимущественно в древних (докембрийских) гранитогнейсовых формациях
- Их минеральный состав соответствует определенной метаморфической фации
- В обстановке дистен-силлиманитовой фации - мусковитовые пегматиты; андалузит-силлиманитовой – сложные редкометальные пегматиты (например, сподуменовые, т.е. литиевые)

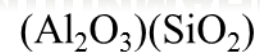
Типоморфные метаморфические минералы



АНДАЛУЗИТ



СИЛЛИМАНИТ



ДИСТЕН



ФОРМЫ ПЕГМАТИТОВЫХ ТЕЛ, ВОЗРАСТ, ГЛУБИНЫ И ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

По форме пегматитовые тела представлены жилами, реже линзами, гнездами, трубами на Мамском месторождении мусковита (в Забайкалье) пегматитовые жилы имеют протяженность до 200 м, мощность до 50 м.

Встречаются в природе пегматитовые жилы и больших размеров (например, в Заире - до 5 км длиной и 400 м мощности).

Плитообразные жильные тела литиевых (сподуменовых) пегматитов в Афганистане по падению прослежены на 600 м и до конца не вскрыты на глубину

ЗАНОРЫШ С ПЕГМАТИТАМИ (КАЗАХСТАН, ОРТАУ)



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ ПЕГМАТИТОВ

Преобладают
докембрийские
пегматиты

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕГМАТИТОВ

Гипотеза А.Е.Ферсмана

Пегматиты являются продуктами затвердевания специфического остаточного расплава, обособленного от магматического очага, высокоминерализованного летучими соединениями – H_2O , F, Cl, B, CO_2 и др.

ГИПОТЕЗА А.Н.ЗАВАРИЦКОГО, В.Д.НИКИТИНА И ДР.


- **отрицает значение остаточного магматического расплава**
- ведущую роль в становлении пегматитов отдает процессам собирательной перекристаллизации и близких к гранитным пегматитам пород (гранитов, аплитов)

- **1 этап** – система закрытая. Горячие газowo-водные растворы находятся в химическом равновесии с вмещающими гранитными породами, **перекристаллизация происходит без изменений состава этих пород**
- **2 этап-** растворы просачиваются через боковые породы, перестают быть химически равновесными, начинаются **процессы растворения, замещения, образуются сложные метасоматические пегматиты**

. ГИПОТЕЗА Р.ДЖОНСА, Е.КАМЕРОНА И ДР.

- Пегматиты образуются комбинированным путем в два этапа
- На первом магматическом этапе – закрытая система, из остаточного расплава кристаллизуются простые зональные пегматиты (фракционная кристаллизация)
- Затем система открытая, под воздействием газовой-водных минерализованных глубинных растворов осуществляется метасоматическая переработка ранее отложенных минералов с выносом отдельных компонентов.

МЕТАМОРФОГЕННАЯ ГИПОТЕЗА



объясняет условия
формирования
пегматитов в
древних
метаморфическ
их комплексах

пегматиты –
продукты
регрессивно-
го
метаморфиз-
ма

Редкометалльные
месторождения относятся
к метасоматически
замещенным пегматитам
сложного строения

Классификация пегматитов

```
graph TD; A[Классификация пегматитов] --- B[Гранитные]; A --- C[Гибридные]; A --- D[Дисилированные]; A --- E[Щелочные]; A --- F[Пегматиты ультраосновных магм]
```

Гранитные

Гибридные

Дисилированные

Щелочные

**Пегматиты
ультраосновных магм**



Гранитные

Гибридные

Дисилированные

**Пегматиты
ультраосновных
магм**

**связаны
с
интрузиями
гранитоидов**

**образуются при
ассимиляции
гранитной
магмой
различных
пород**

**отдавшие
часть своего
кремнезема
вмещающим
породам**

**связаны с
ультраосновными
породами**

Метаморфогенные пегматиты

**приурочены к метаморфическим
комплексам пород и образуются за
счет метаморфических
преобразований пород**

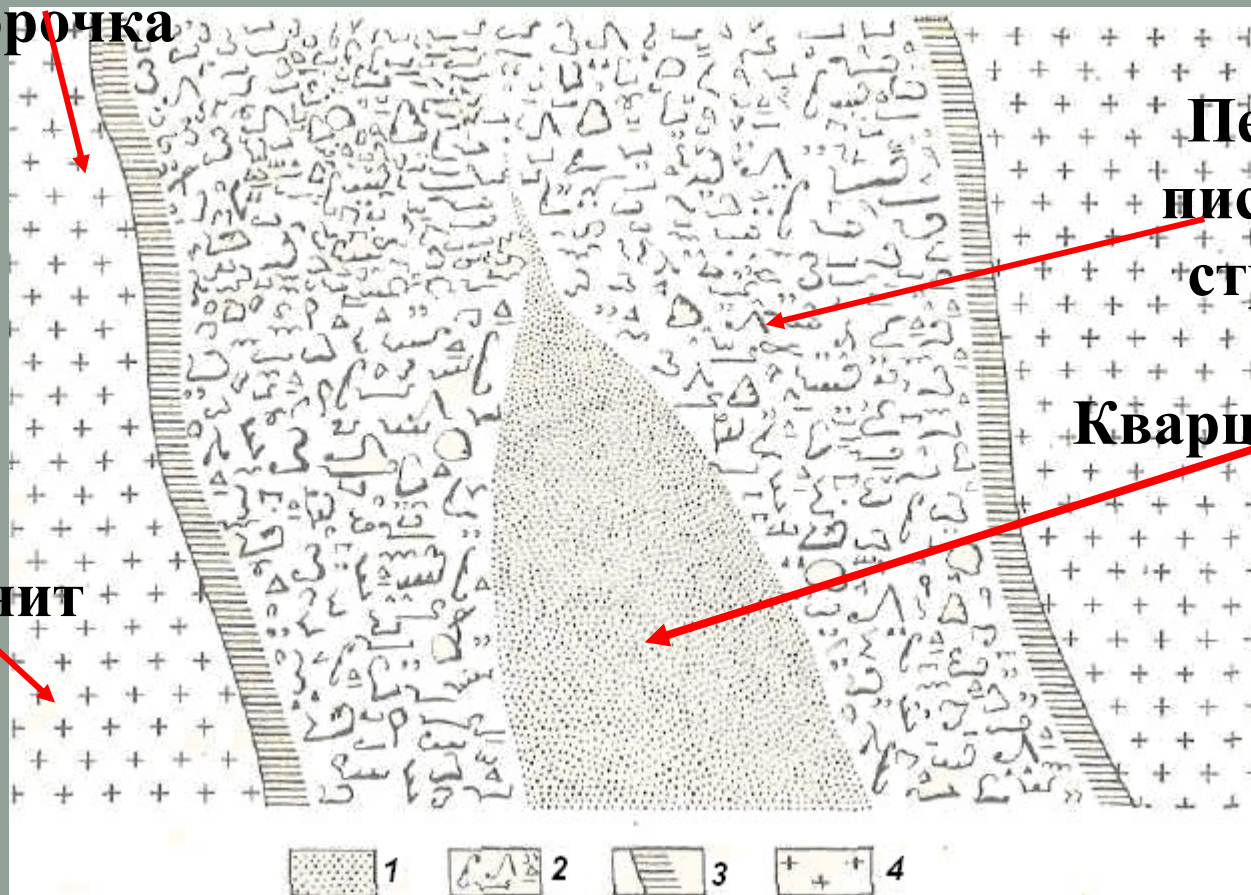
СЛОЖНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Слюдяная
оторочка

Пегматит
письменной
структуры

Кварцевое ядро

Гранит

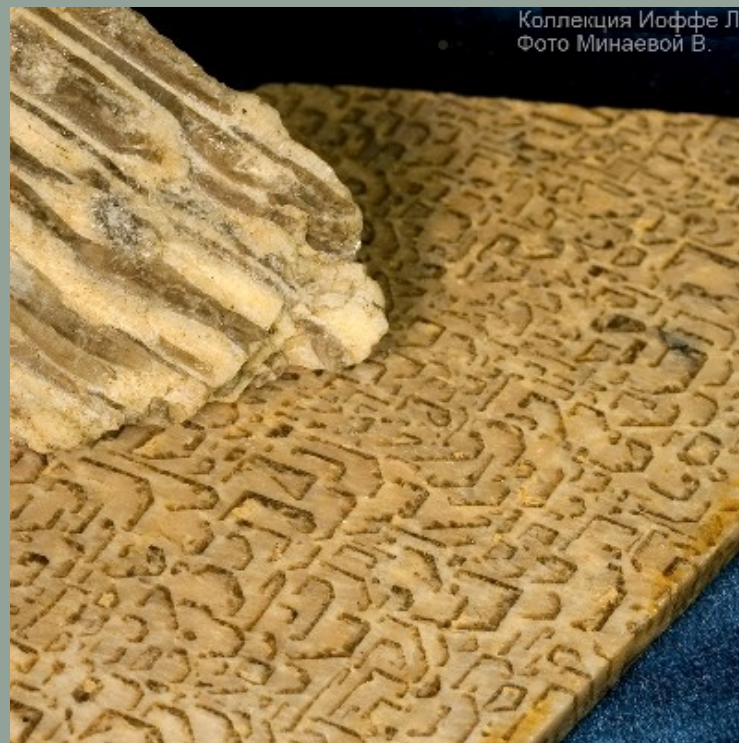


Сечение простого пегматита

1. Кварцевое ядро; 2. Пегматит письменной структуры;
3. Слюдяная оторочка; 4. Гранит



ПИСЬМЕННЫЙ
ГРАНИТ
(ЕВРЕЙСКИЙ
КАМЕНЬ)





Пегматитовые жилы