

Пегматитовые месторождения

Аюржанаева Д.Ц.

Вопрос 1. Общая характеристика пегматитов.

Пегматитами называются своеобразные по минеральному составу, структурам и генезису минеральные образования, которые сложены агрегатами крупных кристаллов, относящихся к алюмосиликатам. Наиболее характерными полезными ископаемыми пегматитов являются **Li, Be, Ta, Cs, Nb, Th, Sn, U**, слюды керамическое сырье, пьезооптическое сырье, драгоценные камни.



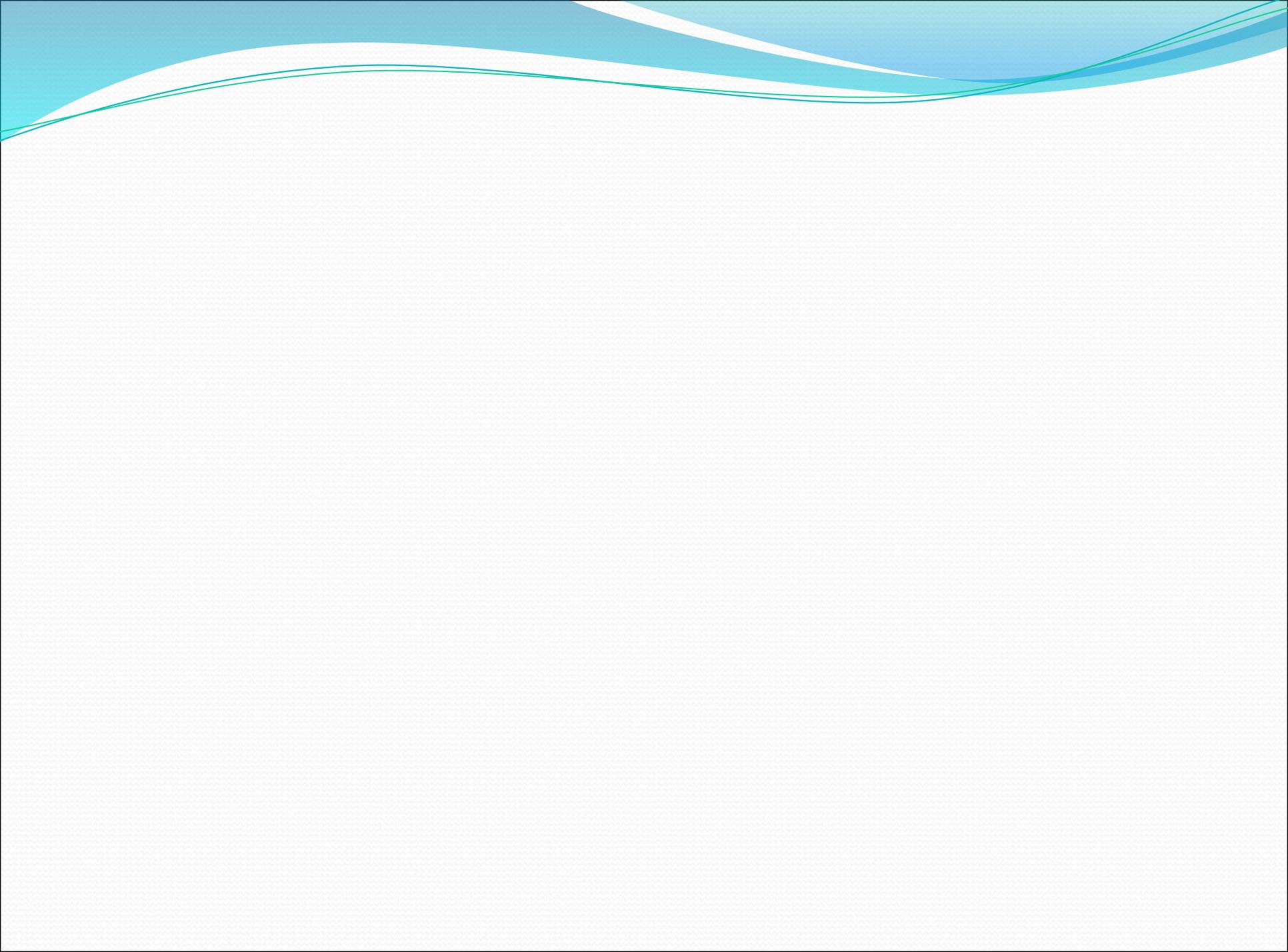


- **Амазонитовый пегматит**
- г. Плоская (Кейвы, Колпеновское, Россия). Фото



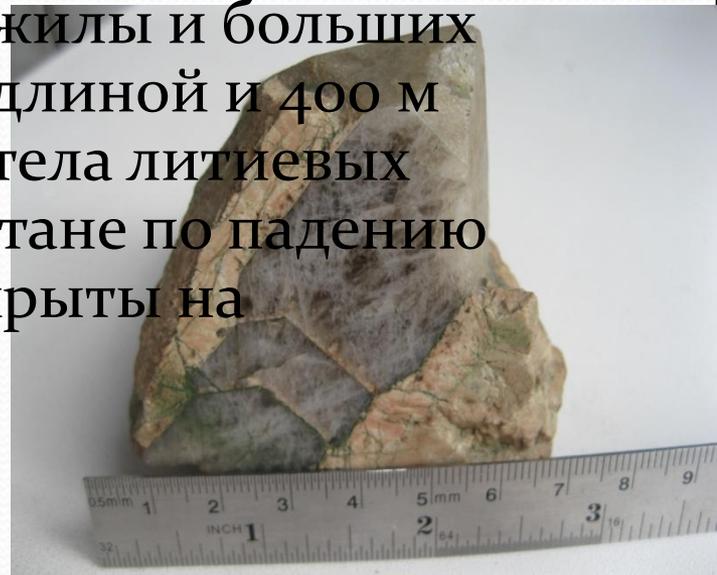
ОРТОКЛАЗ, КВАРЦ ORTHOKLASE, QUARTZ
ГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА
Саханай и Талача, Вост. Забайкалье. Корнетова В.А. 1986

оп 1358, 1359



Вопрос 2. *Формы пегматитовых тел, возраст, глубины и термобарические условия формирования.*

- По *форме* пегматитовые тела представлены **жилами, реже линзами, гнездами, трубами, неправильные по форме инъекции.**
- Например, 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). Плитаобразные жильные тела литиевых (сподуменовых) пегматитов в Афганистане по падению прослежены на 600 м и до конца не вскрыты на глубину.



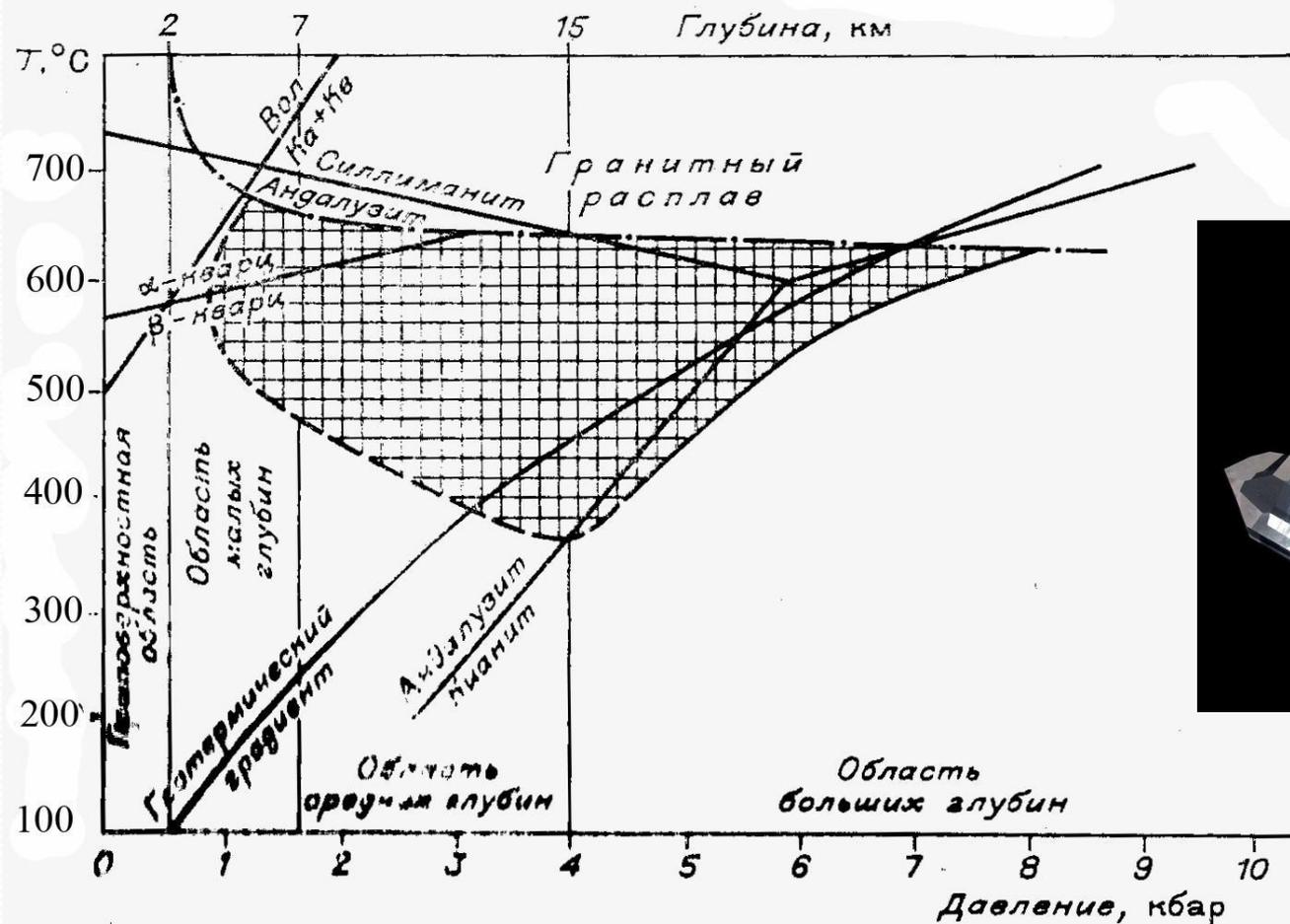
Геологический возраст пегматитов

- разнообразен – **от архея до мезозоя**. Но преобладают все же докембрийские пегматиты.
- Например, AR возраст имеют пегматиты Анабарского щита, PR – пегматиты Украинского кристаллического массива, Кольского полуострова.
- К юным эпохам количество полезных ископаемых в пегматитах уменьшается. Например, месторождения бериллия в докембрийских пегматитах составляют – 75 % от их общего количества, в палеозойских – 23 %, а в мезозойских – 2 %.



Физико-химические условия формирования

Глубина формирования пегматитов – от 1,5-2 до 16-20 км. В приповерхностной зоне пегматиты не образуются.



Термодинамические параметры области устойчивости пегматитового флюида, по А.Н. Лукашеву (1976). Заштрихована область существования пегматитового (Вол – волластонит; Ка – кальцит; Кв - кварц).

Вопрос 3. Генетические гипотезы образования пегматитов

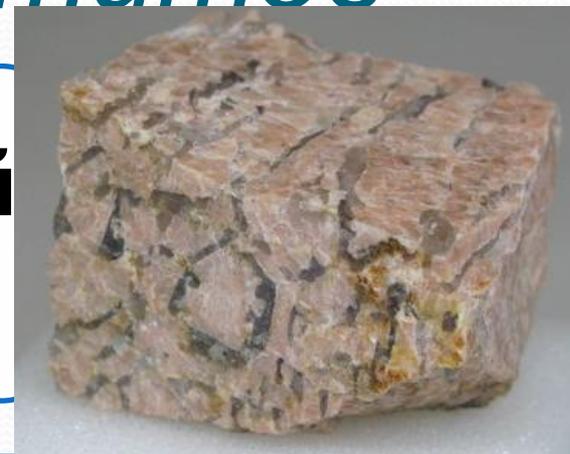
- Пегматитовые м-я могут формироваться различными путями:
- при кристаллизации обогащенных летучими магматических расплавов (**магматические пегматиты**),
- при мобилизации в-ва метаморфич толщ в условиях ультраметаморфизма (**метаморфогенные пегматиты**),
- в рез-те перекристаллизации и метасоматического изменения магматич-х г.п. (**метасоматические пегматиты**)

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), реже с породами щелочного (сиенитовые и нефелин-сиенитовые пегматиты), основного и ультраосновного состава (габбро-пегматиты, пироксенит-пегматиты).

Основные минералы *гранитных пегматитов*

кварц, калиевый полевой шпат, биотит, мусковит

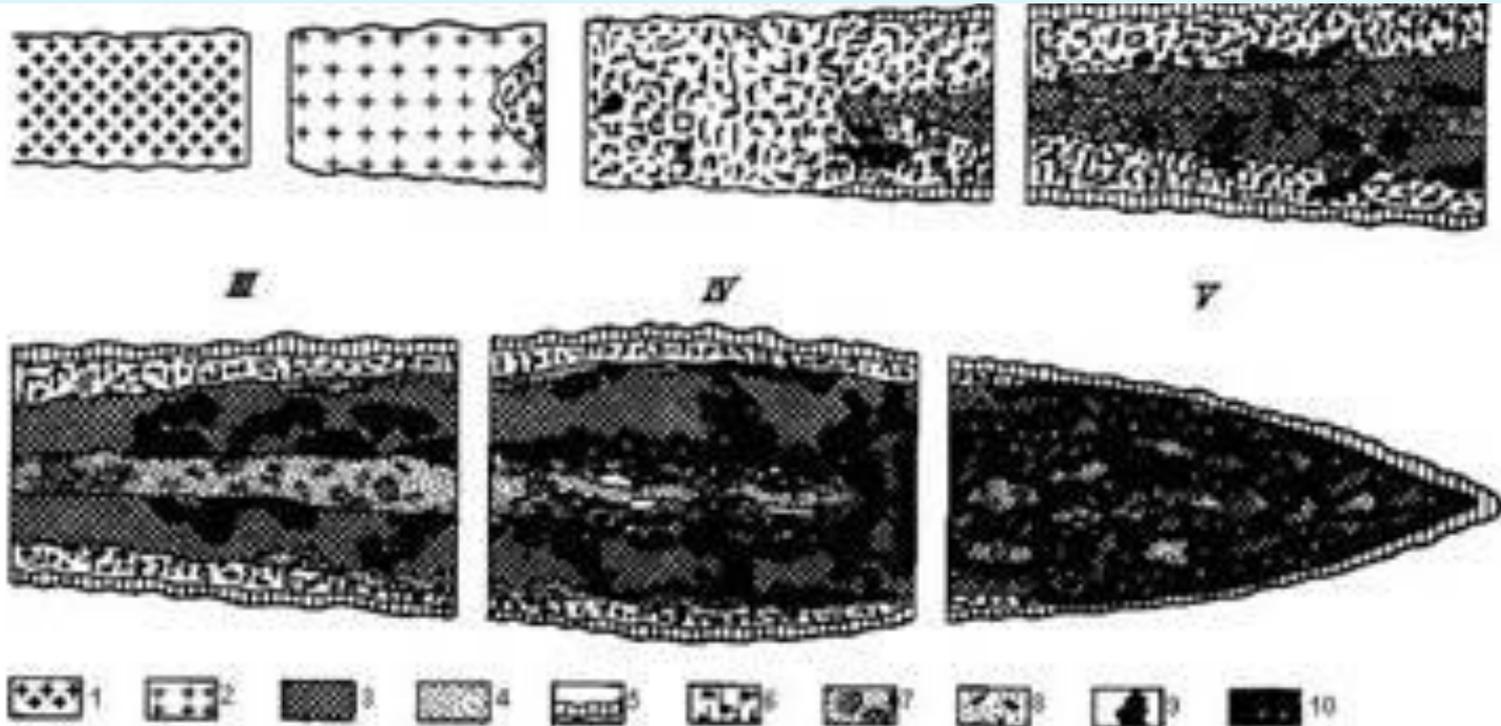


могут присутствовать топаз, касситерит, берилл, флюорит, сподумен, турмалин, апатит, торий, редкие и радиоактивные элементы



Зональность пегматитовых жил

Краевые части которых сложены пегматитом гранитной структуры, по направлению к центру они сменяются графическим пегматитом, затем зоной мономинеральных выделений полевого шпата и кварца, зоной мусковита или редкометалльных минералов и, наконец, кварцевым ядром жилы.



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 микроклиноватая зона; 9 – кварц-сподуменовая зона; 10 – комплексы и зоны замещения; альбит, кварц, мусковит, реликты микроклина, редкометалльные минералы (лепидолит, берилл, часто цезиевый, ниобато-танталаты, полихромный турмалин, сподумен и др.).

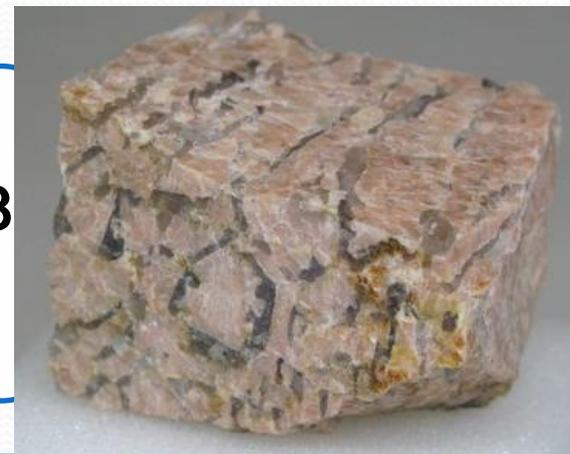


Пегматит. Ёна, Кольски й п-в, Россия

- **Кварц и микроклин в этих пегматитах обычно присутствуют в устойчивом соотношении (приблизительно 1:3) и образуют характерную пегматитовую структуру срастания зерен, напоминающую древние клинописные письма («письменный гранит»). Такая структура срастания кварца и микроклина свидетельствует об образовании этих пегматитов при наименьшей (эвтектической) температуре их совместной кристаллизации из остаточного пересыщенного летучими кислого магматического расплава. Эта температура около 600°**

Основные минералы щелочных *пегматитов*

микроклин или ортоклаз,
эгирин;



габбро-пегматиты состоят из
основного плагиоклаза
(анортит-битовнит) и

пироксена

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





© Dakota Matrix

● *Гипотеза А.Е.Ферсмана*, развитая затем К.А.Власовым, А.И. Гинзбургом. Пегматиты являются продуктами затвердевания специфического остаточного расплава, обособленного от магматического очага, высоко-минерализованного летучими соединениями – H_2O , F, Cl, B, CO_2 и др. Полная эволюция этого расплава происходит в замкнутой системе. Вначале кристаллизуются типичные магматические минералы, которые затем подвергаются воздействию летучих минерализаторов, создающих пневматолито-гидротермальные растворы. Первичные минералы частично замещаются, возникают новые. А.Е. Ферсман 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).

А. Е. Ферсман различает:

- а) гранитные *пегматиты чистой линии*, образующиеся при кристаллизации пегматитового расплава в кислых гранитоидных породах (гнейсах, кристаллических сланцах); пегматиты в этом случае не претерпевают усложнения состава в процессе формирования;

пегматиты линии скрещения, образующиеся при внедрении пегматитового расплава в породы иного состава, например в ультраосновные породы или известняки. В этом случае образуются гибридные пегматиты, ассимилировавшие вещество боковых пород, и десицированные пегматиты, отдавшие часть своего кремнезема вмещающим породам, недосыщенным им.



- Натросилит. Палитра пегматит, Кедыкверпахк, Ловозеро, Кольский п-ов.Россия. Фото: © В. Левицкий

Физико-химические условия формирования

- *Глубина* формирования пегматитов – от 1,5-2 до 16-20 км
- *Температуры* кристаллизации минералов пегматитов от 800-700°C (биотит, ранний кварц) до 50°C (халцедон)
- Процесс формирования магматогенных пегматитов начинается с отдаления остаточного магматического расплава, обогащенного летучими компонентами (H₂O, CO₂, F, Cl 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 близких к гранитным пегматитам пород (гранитов, аплитов)
- **1 этап** – система закрытая. Горячие газово-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.

Метаморфогенные пегматиты

- Согласно (Г.Рамберг, Ю.М.Соколов) и др. 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).
- Согласно данной гипотезе пегматиты – продукты регрессивного метаморфизма.

Среди пегматитовых месторождений выделяется три генетических класса:

Простые

Qtz, КПШ, кислые Pl, бесцветная слюда, турмалин, гранат. Письменная (графическая) структурой, не обнаруживают признаков перекристаллизации и метасоматоза.

М-я Чкаловское (Карелия),

Глубочанское (Украина)

Перекристаллизованные

крупнозернистые, гигантозернистые структуры (по А.Н. Заварицкому 1 этап). Раствор находится в равновесии с составом ранних пегматитообразующих соединений. Наиболее ценный минерал этих пегматитов – мусковит.

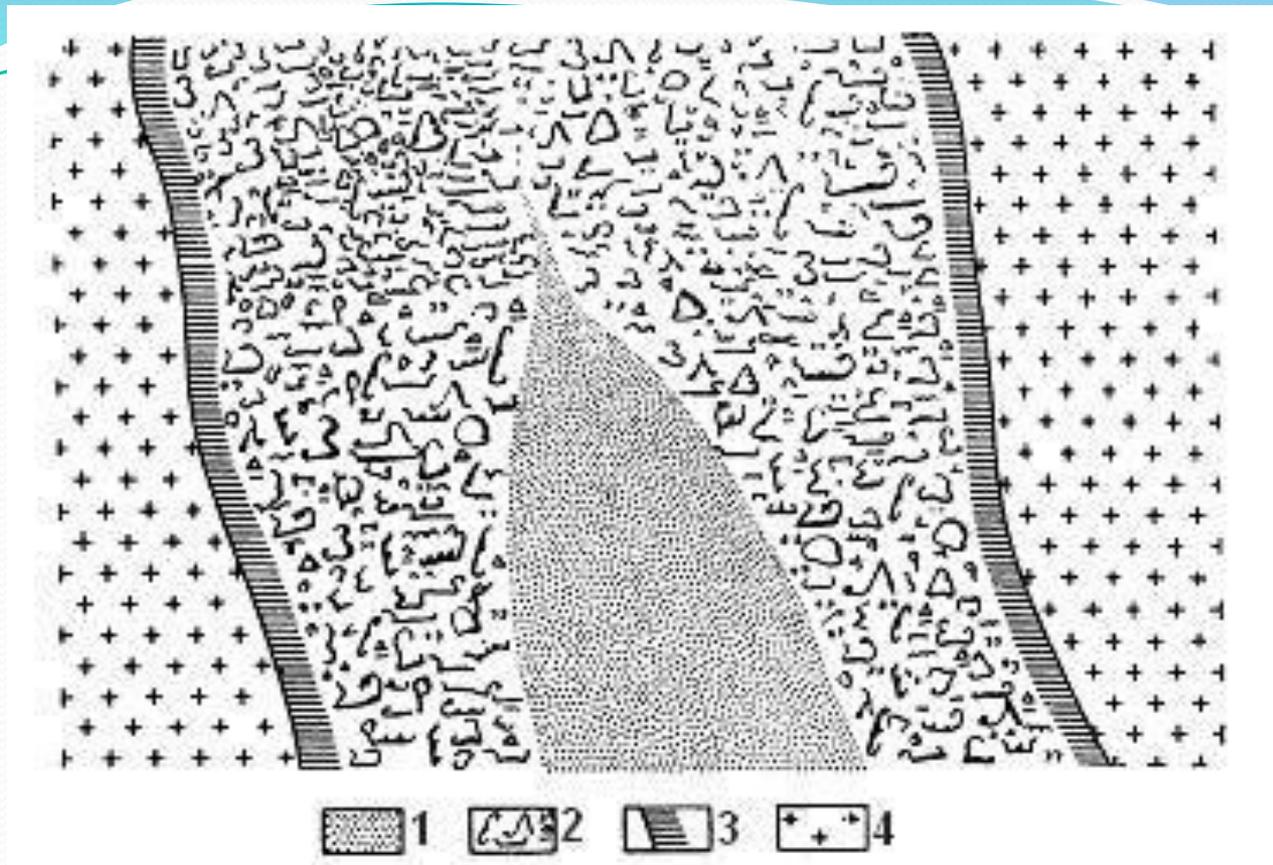
Мусковит
М-е Мамский Район (Восточная Сибирь)

Т.В. Шен

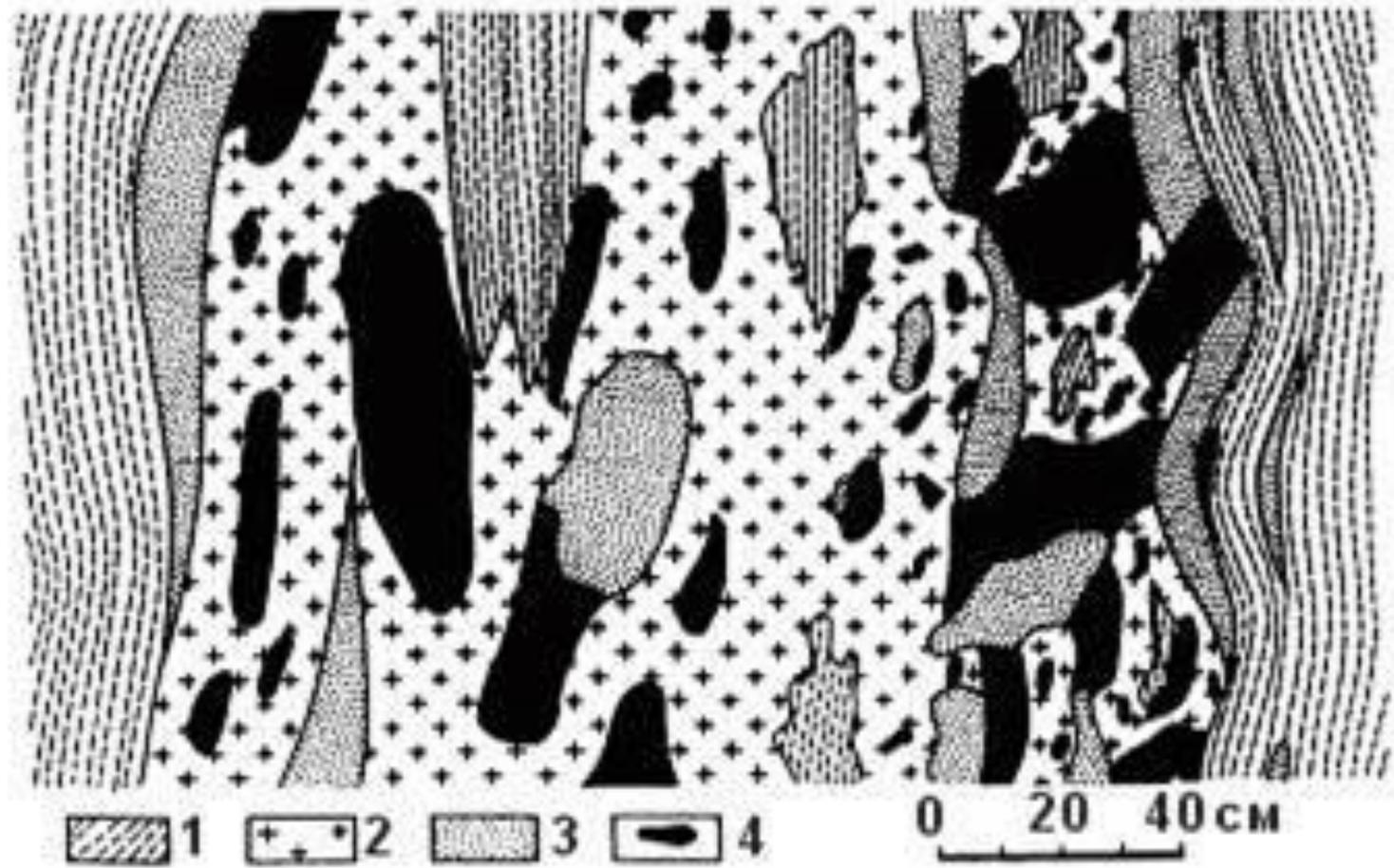
Метасоматически замещенные

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

- *Метасоматически замещенные* – с полной зональностью и наличием крупных (до 200 м³) открытых полостей с друзами ценных минералов. Пегматиты этого типа не только перекристаллизованы, но и метасоматически преобразованы под воздействием горячих газовой-водных растворов.
- Характерны месторождения, имеющие важное промышленное значение: лития, бериллия, цезия, рубидия (их называют редкометальными пегматитами). Кроме того их разрабатывают на руды олова, ниобия и тантала, вольфрама, урана, редких земель.
- Из нерудных полезных ископаемых к ним приурочены оптическое сырье, драгоценные камни. 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).



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



- Рис. 6. Сечение перекристаллизованного пегматита жилы 4 Слюдяногорского месторождения. По Г. Кулешову и др.
- 1 – гнейсы; 2 – среднезернистые пегматиты; 3 – кварц; 4 – мусковит.

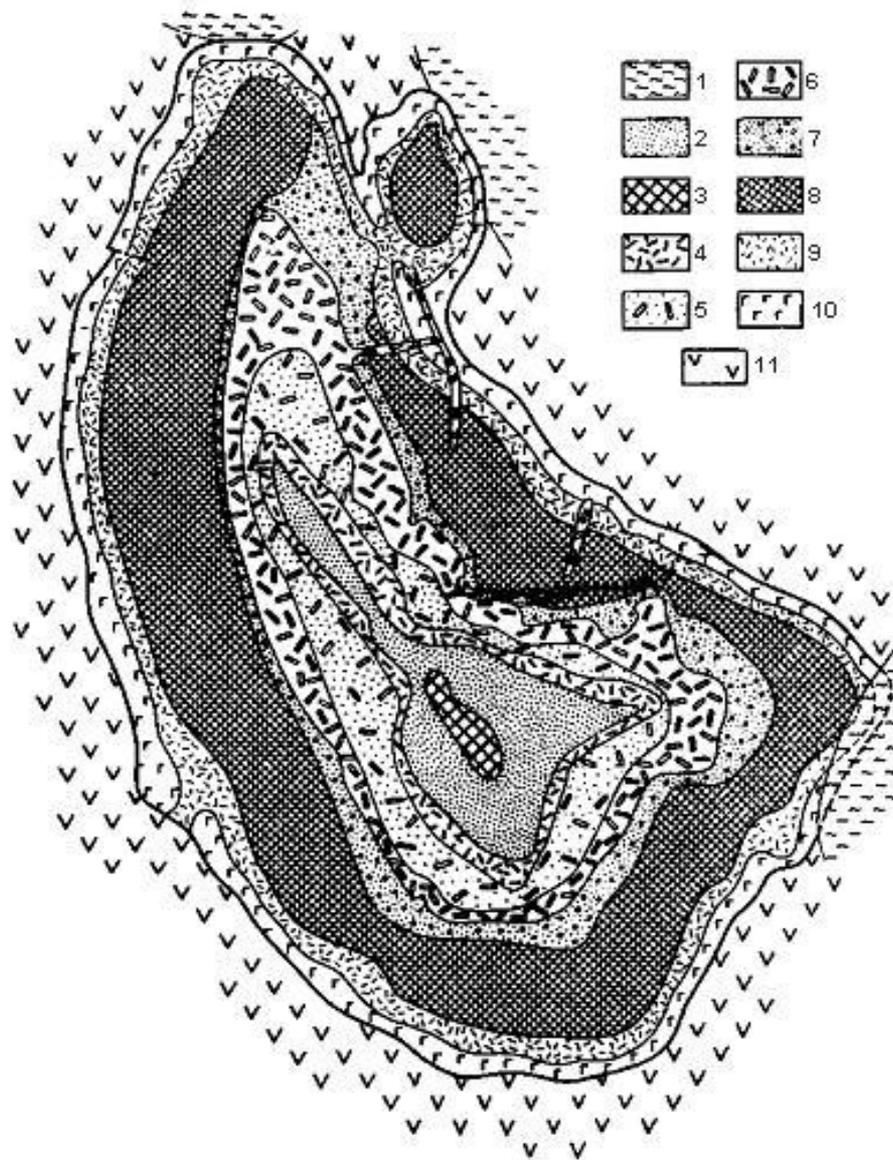


Рис. 7. Сечение метасоматически замещенного пегматита.

По Н. Солодову.

1 – наносы; 2–10 – зоны: 2 – блокового кварца, 3 – крупноблокового микроклина, 4 – мелкопластинчатого альбита;

5 – кварц-сподуменовая;

6 – клевеландит-сподуменовая (по внешней периферии этой зоны располагается маломощная зона сахаровидного альбита, не показанная на чертеже из-за его мелкомасштабности),

7 – кварц-мусковитовых гнезд,

8 – крупноблокового микроклина,

9 – гнезд мелкозернистого альбита, 10 – графическая кварц-

микроклиновая (местами сильно альбитизированная); 11 – вмещающие породы.

Типы пегматитовых месторождений

Разделение осуществляется по ведущему типу полезного компонента.

1) Керамические пегматиты. Сюда относятся магматогенные и метаморфогенные простые и перекристаллизованные пегматиты, сложенные К-Na-полевыми шпатами и кварцем. Структура письменная, гранитоидная и гигантозернистая. Соотношение кварца и полевых шпатов в промышленных сортах сырья составляет 1/3. Пример: пегматиты Карелии.



- Мусковитовые пегматиты. Представлены магматогенными и метаморфогенными (кианит-силлиманитовая фа́ция метаморфизма) перекристаллизованными пегматитами. Запасы крупных месторождений достигают нескольких тысяч тонн. Наиболее значительные провинции мусковитовых пегматитов располагаются в России (Карелия и Забайкалье), Индии и Бразилии.

- Редкометалльные пегматиты. Представлены магматогенными и метаморфогенными метасоматически замещенными пегматитами. Магматогенные формируют месторождения тантала и ниобия, небольшие месторождения олова, вольфрама, урана, тория, редких земель. Метаморфогенные (андалузит-силлиманитовая фация) образуют тантал-ниобиевые и редкоземельные месторождения. Этот класс месторождений широко развит в фундаментах всех древних платформ и в фанерозойских складчатых поясах, а также в областях тектономагматической активизации (Россия - Урал, Карелия, Сибирь и др; Бразилия; Австралия).

Месторождения цветных камней

- связаны с магматогенными и метасоматически замещенными пегматитами. Здесь особенно перспективны гранитные пегматиты. Им свойственны крупные (до 200 м³) открытые полости с друзами кристаллического сырья. Из этих месторождений добывают значительную часть горного хрусталя, оптического флюорита, топаза, аквамарина, граната, аметиста и др. драгоценных камней (Волынь, Украина; Урал, Забайкалье, Россия; Бразилия, Южная Африка, Австралия и др. Часто коренные месторождения служат источником образования крупных россыпей цветных камней (прибрежно-морские россыпи Индии, Мадагаскара и Австралии).





ИТ Staurolite 91537
 $\text{Fe}_2\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{Al})_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
в сланце
Кольский п-ов, Россия
Писарев А. В., 2003



АЛЬМАНДИН Almandine
 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
р. Мама, Забайкалье, Россия
Обмен. 2000
К4824, К4825

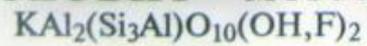
АЛЬМАНДИН
со ставролитом
р. Мама

31670
ТЕ

от
913



508.33
МУСКОВИТ MUSCOVITE



с включением апатита

р.Мама, Восточная Сибирь, Россия.

Игнатова М.Д. 1954



517140
МУСКОВИТ
Манское м-ние, Вост. Сибирь, Россия
Андреев В.Н. 1956

Мамско-Чуйский слюдоносный район
группа м-ний мусковита на С. Иркутской обл. РСФСР. Р-н
известен с 17 в., м-ния разрабатываются с 1928.

М.-Ч. с. р. (протяжённость 300 км, шир. 30-40 км) приурочен к
позднепротерозойской миогеосинклинали (складчатым
структурам Мамского синклинория) и включает более 10 м-ний.

Наиболее известны Витимское, Колотовское, Луговское,
Слюдянское, Согдиондонское и Чуйское м-ния.

Слюдоносные жильные пегматитовые тела кварц-плагиоклаз-
микроклинового состава залегают в осн. согласно в биотитовых,
гранато-биотитовых, кианит-гранат-биотитовых гнейсах. Форма
пегматитовых тел пластинчатая, линзовидная, реже
трубообразная; длина их по простиранию до 1000 м, по падению
20-100 м, мощность 5-15 м. Строение жил зональное
(слюдоносны висячий бок у пологопадающих и центр. часть у
крутопадающих). Содержание слюды (сырца) в пегматите 20-150
кг/м³. Выход пром. сырца 30-40%. Попутно добывается
микроклин и микроклиновый пегматит.