
Эндогенные процессы

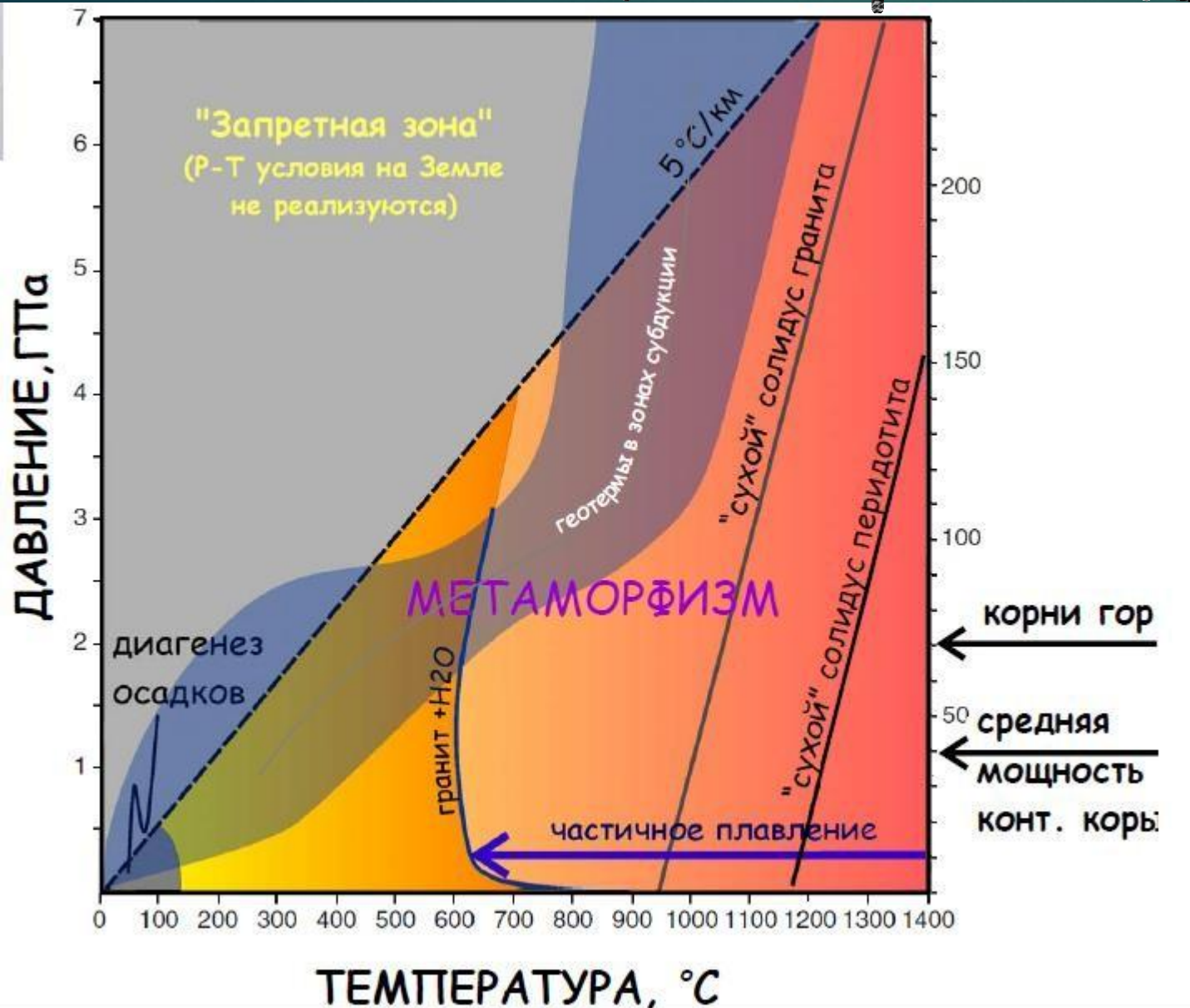
Часть 2 (Метаморфизм)

МЕТАМОРФИЗМ

(от греч. metamorphoómai — подвергаюсь превращению, преображаюсь) — процесс твердофазного минерального и структурного изменения горных пород под воздействием температуры и давления в присутствии флюида. Происходит без изменения химического состава.



ГРАНИЦЫ МЕТАМОРФИЗМА



- Нижняя температурная граница 100-200°C является весьма условной.

Зависит от:

- состава породы
- пористости породы
- состава флюида и его присутствия.
- Верхняя граница – начало плавления

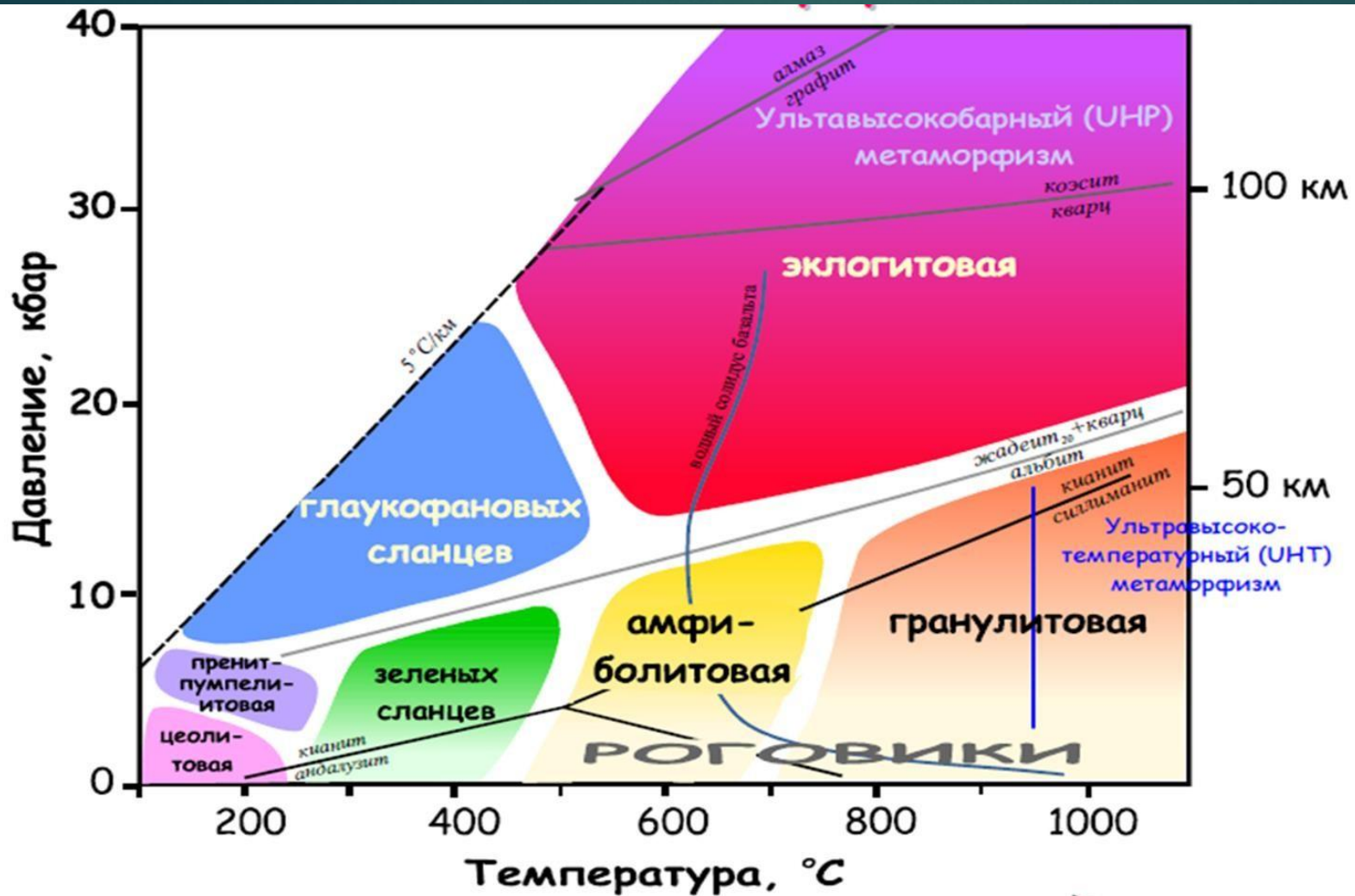
Зависит от:

- Составы пород
- Составы флюида и его присутствия.

ФАКТОРЫ МЕТАМОРФИЗМА

- Температура (Источники тепла: ранняя аккреция, кристаллизация внутреннего ядра и распад радионуклеидов $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$, $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$, $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$, $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$.)
- Давление (литостатическое, стрессовое, флюидное)
- Флюид (летучие (H_2O , CO_2 , CH_4 , NO_2 , N_2 и др.) \pm растворенные (напр., Na^+ , Cl^- и т. д.) компоненты.

ФАЦИИ МЕТАМОРФИЗМА



- Фа́ция- P-T условия метаморфизма с характерным для данного литологического типа пород с минеральными парагенезисами

Увеличение размера зерен, механической прочности
Снижение количества связанной воды

Формы залегания метаморфических пород

Так как исходным материалом метаморфических горных пород являются осадочные и магматические породы, их формы залегания должны совпадать с формами залегания этих пород. Так на основе осадочных пород сохраняется пластовая форма залегания, а на основе магматических — форма интрузий или покровов. Этим иногда пользуются, чтобы определить их происхождение. Так, если метаморфическая порода происходит от осадочной, ей дают приставку **пара** - (например, **парагнейсы**), а если она образовалась за счёт магматической породы, то ставится приставка **орто**- (например, **ортогнейсы**).

Метабазит – обобщенный термин, обозначающий метаморфическую горную породу основного состава независимо к ее генезису.

Метабазит обычно содержит $Ca > 5\%$, но первоначальный минеральный состав и структурно-текстурные признаки его **протолита** утрачены.

Минеральный парагенез метабазитов различных фаций метаморфизма широко используется при построении (На ассоциативное запоминание базит-базальт, протолит чаще всего базальты и габбро, но также могут быть и осадочные породы с низким содержанием кальция –песчанники ,гравелиты и тд)

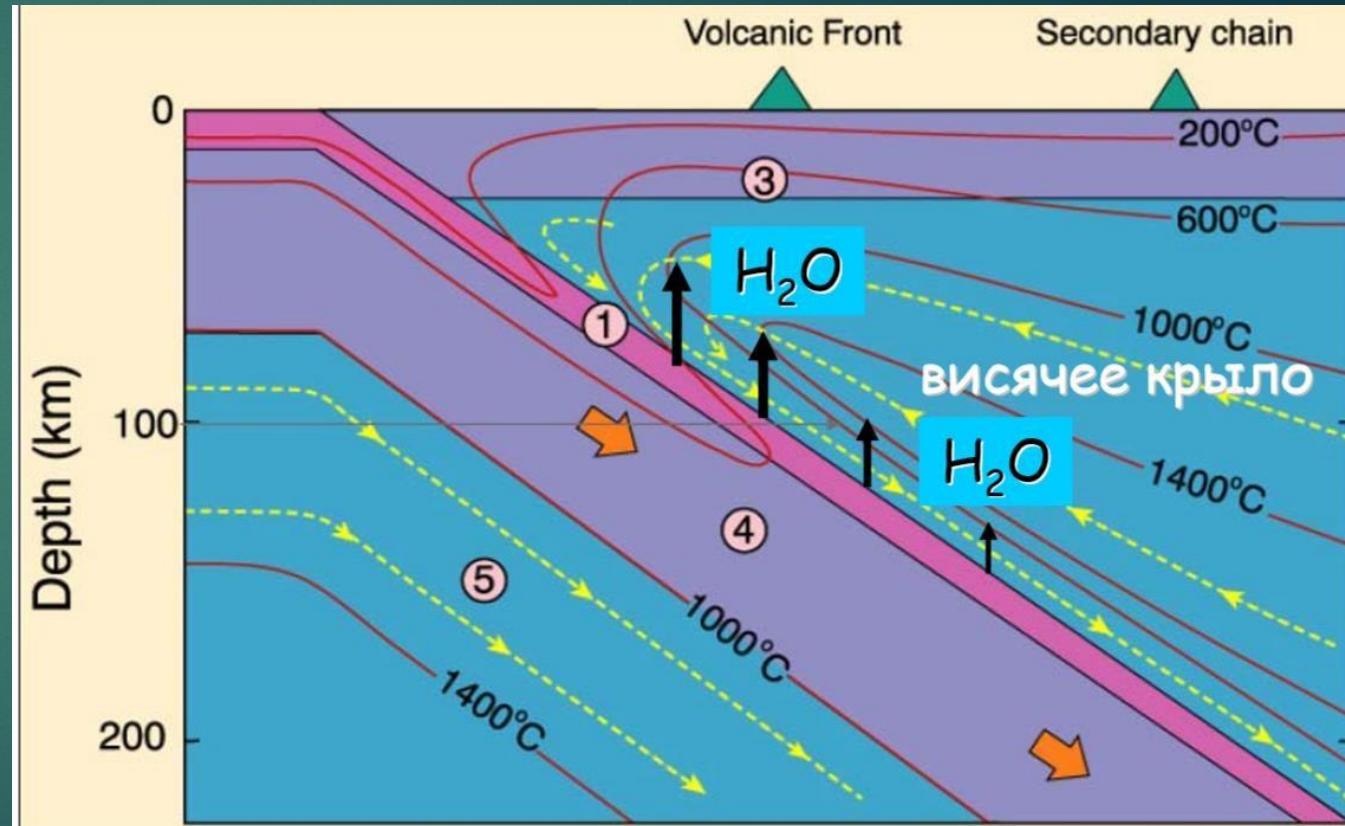
Метапелит – пелит, превращенный в филлит. Термин метапелит применяется к метаморфическим алюмосиликатным горным породам среднего и кислого состава. (Из названия пелит - размерность глин, протолитом являются глинистые породы)

Орогенный метаморфизм

- связан с процессами формирования горных сооружений под влиянием интенсивных восходящих тектонических движений, скорость которых превышает скорость процессов, ведущих к выравниванию поверхности.
- Факторы метаморфизма: P , T , флюид

Субдукционный метаморфизм

- Субдукционный метаморфизм связан с изменением P-T условий и обильным флюидным воздействием (факторы метаморфизма), возникающими в результате погружения литосферных плит в зонах субдукции. Изменения касаются как самих плит, так и висячего крыла мантии, куда устремляются флюиды из субдуцирующей плиты



Метаморфизм погружения

- Возникает в мощных толщах осадочных или вулканических пород под воздействием геотермического градиента и создаваемого ими давления.

Факторы метаморфизма: P и T

- Метаморфизм погружения, как правило, не связан с
 - Аномальными температурами
 - Тектоническими процессами
 - Деформациями

Контактовый метаморфизм

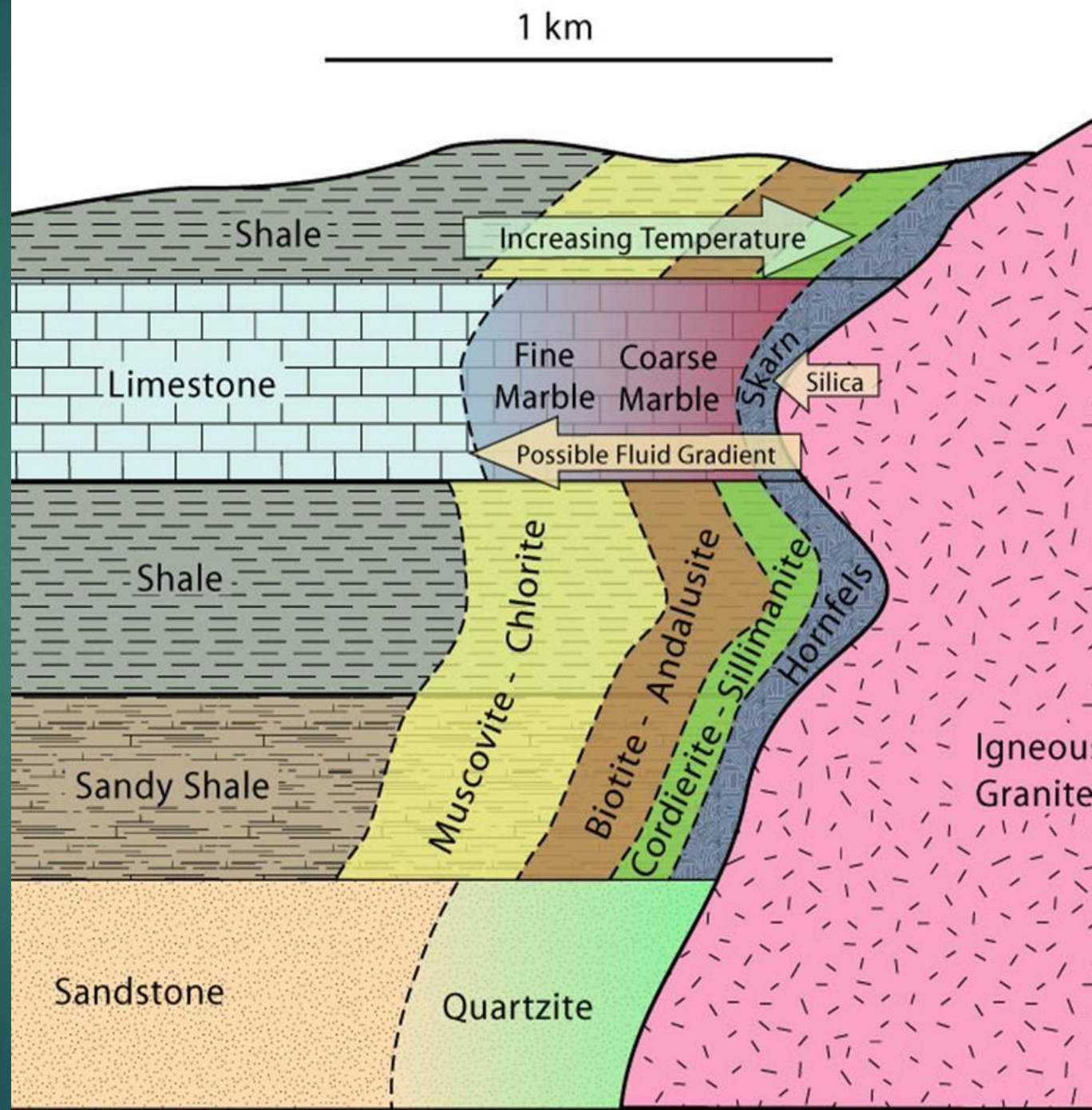
- это метаморфические преобразования вмещающих пород в контактовых ореолах магматических тел.

- Главные факторы метаморфизма: **температура и флюид.**

- Роговики часто сохраняют текстуры и (зеленосланцевая, амфиболитовая, гранулитовая фации)

Размер контактовых ореолов зависит от:

- T магмы
- размера и формы очага
- глубинности очага
- T вмещающих пород
- проницаемости вмещающих пород.



динамометаморфизм

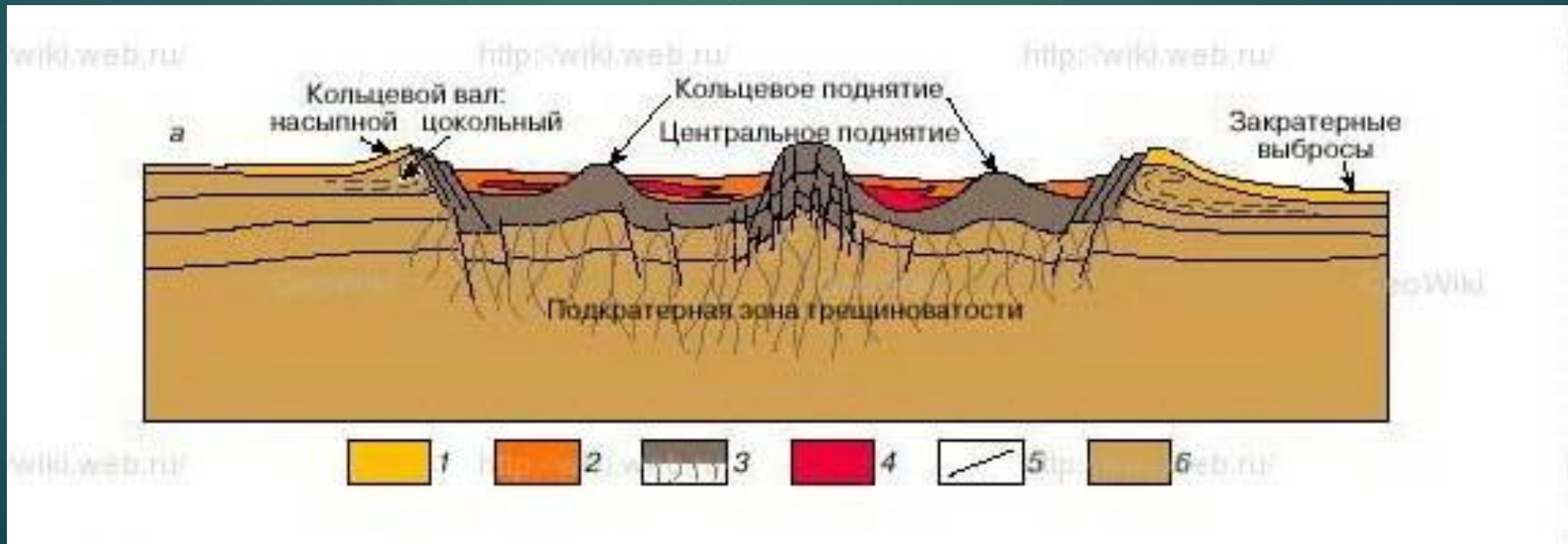
- - это метаморфические преобразования горных пород, возникающие в зонах разломов, деформаций и надвигов.
- Факторы состояния: стрессовое давление выше литостатического; температура и флюид могут иметь подчиненную роль.
- Конвекция в мантии тоже происходит за счет динамометаморфизма. Там процесс является, безусловно, региональным. В зонах пластических деформаций образуются сланцы, кристаллические породы, мигматиты.

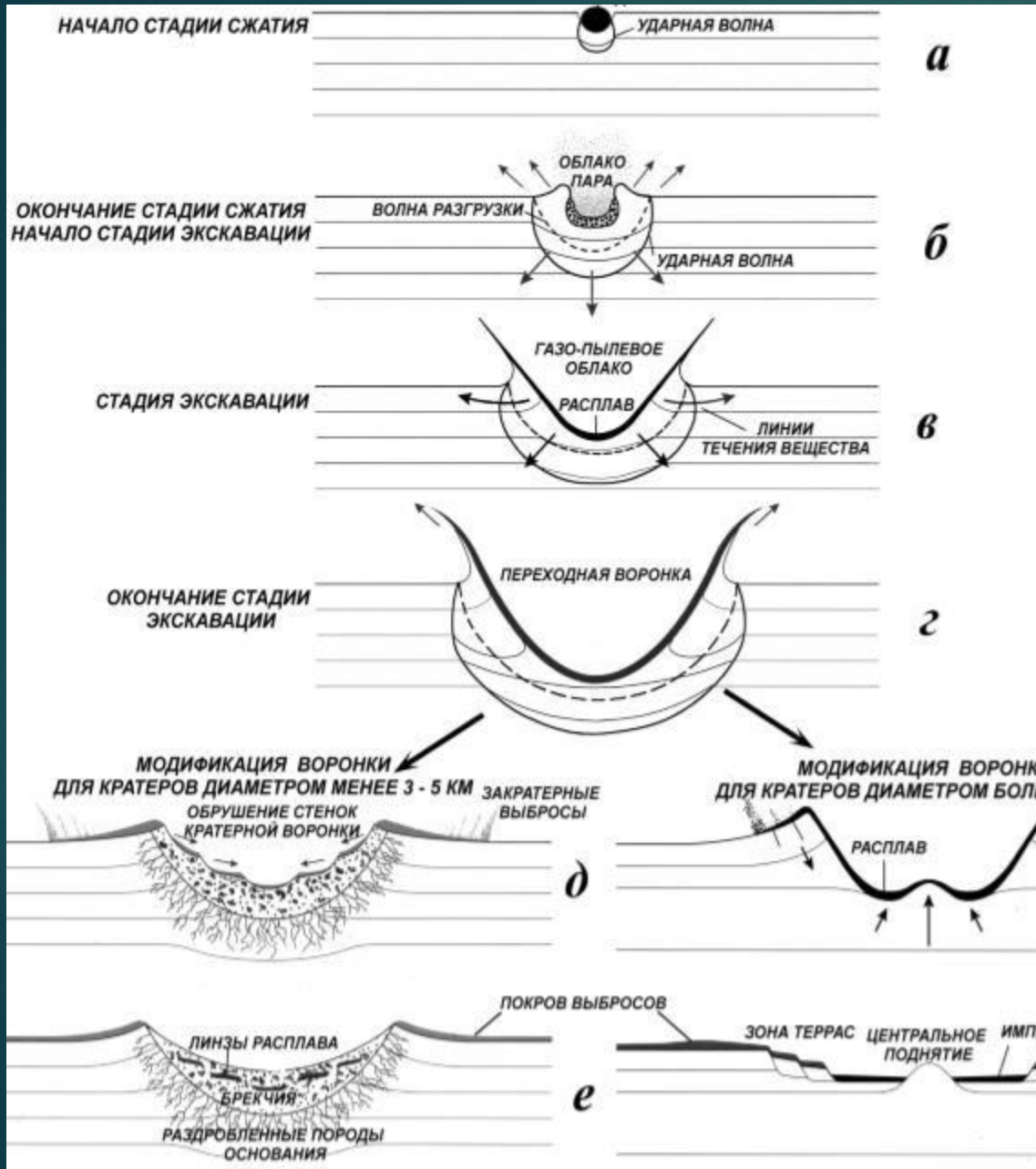


Ударный метаморфизм

- P: 100-300 ГПА
- T: 10000-15000 °C
- Длительность: наносекунды

Известнейшие кратеры: Эльгыгытгын(Камчатка), Попигайский кратер(Белоруссия), Чуксулуб(Аргентина), Аризонский кратер (Каньон Дьявола)





Каньон Дьявола, Аризона

Ударный метаморфизм

- Импаكتиты - породы, возникшие при соударении космических тел
- Тектиты - (назв. от др.-греч. τήκτός - "расплавленный"), - небольшие природные тела с рельефной поверхностью, состоящие из силикатного стекла. Это высококремнистые, хорошо проплавленные стёкла, в которых нет кристаллов и очень мало пузырьков газа.



Ударно-контактовый (метаморфизм молний)

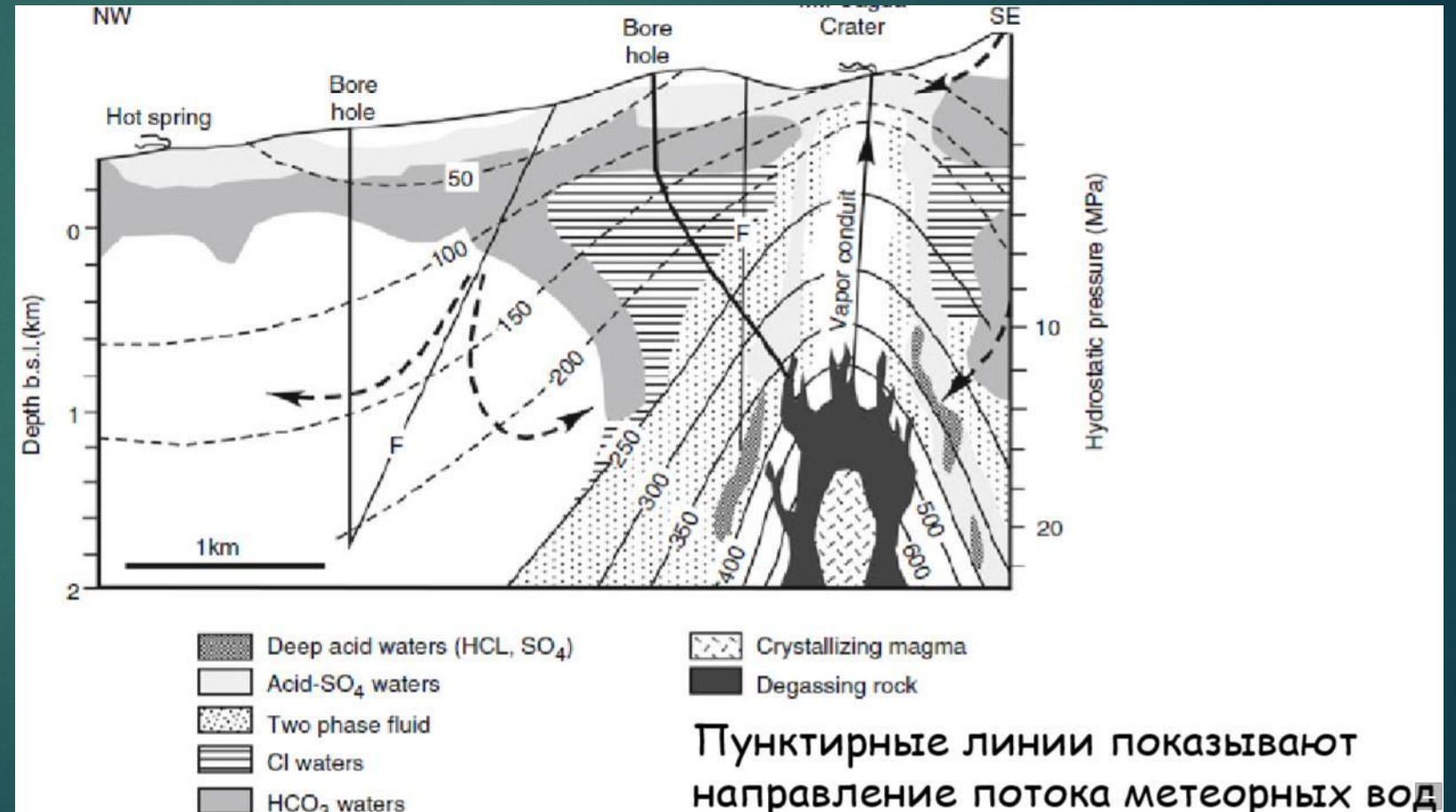


- Фульгуриты - породы, образующиеся при ударе молнии



Гидротермальный

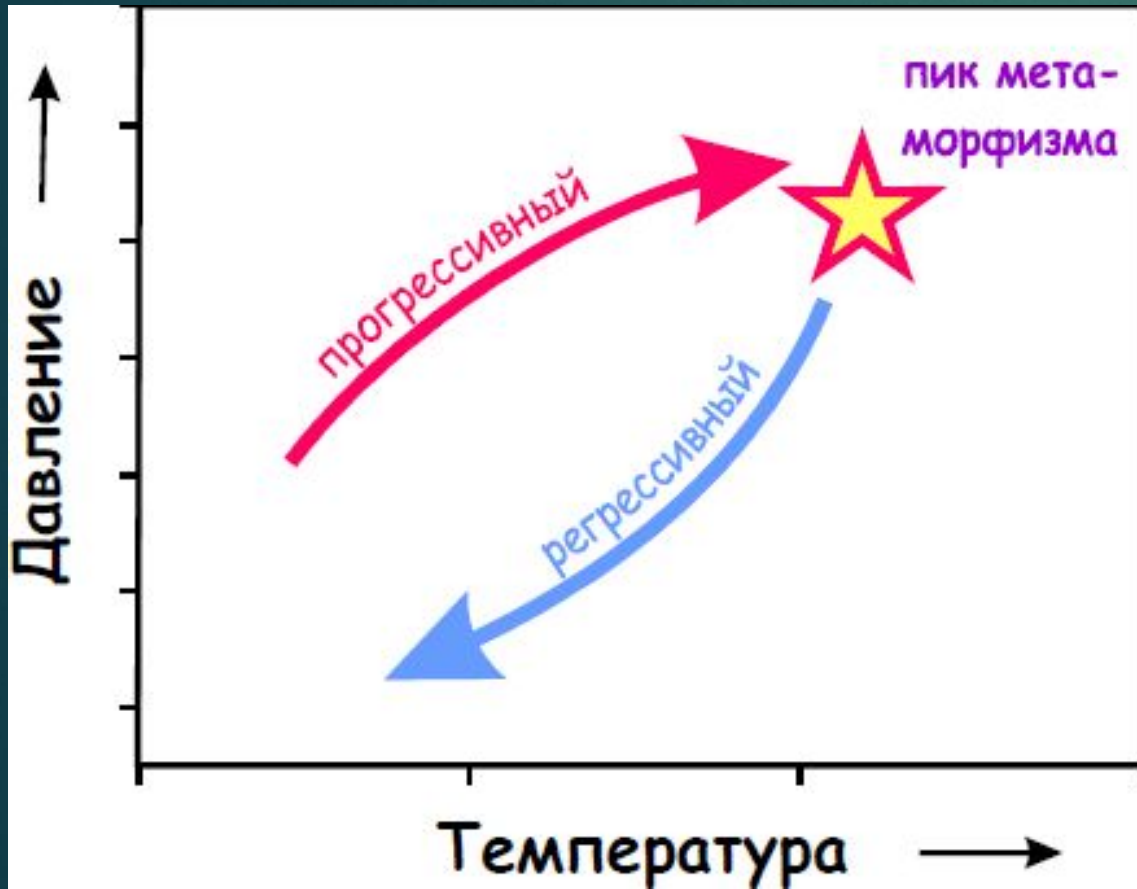
- Сосредоточен в областях активной вулканической деятельности поддается прямому изучению.



Типы метаморфизма по химизму

- Изохимический метаморфизм происходит без изменения хим. Состава породы
- Аллохимический метаморфизм сопровождается изменением хим. Состава породы (привнос-вынос компонентов флюидом)
- Метасоматоз- предельный случай аллохимического метаморфизма, приводящий существенному изменению минерального и химического состава пород под воздействием флюидов. При метасоматозе отдельные инертные компоненты системы становятся вполне подвижными.
Главная причина отделения от аллохимического метаморфизма – локальность процесса!!!

Типы метаморфизма по изменению P и T



- **Прогрессивный** (проградный) - возрастание P и/или T (погружение и/или нагревание)
- **Регрессивный** (ретроградный) - снижение P и/или T (подъем и/или охлаждение)
- Метаморфизм может быть прогрессивным по T и регрессивным по P и наоборот.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА



Зарисовать



Степени (ступени) метаморфизма

- Низкая ступень метаморфизма: наличие водосодержащих слоистых силикатов, сланцевая текстура, относительно низкая прочность
- Средняя ступень: могут присутствовать мигматиты, характерны амфибол-плагиоклазовые породы, гнейсовидные текстуры
- Высокая ступень: безводные высокотемпературные минеральные ассоциации. Текстуры массивные или гнейсовидные. Проявлен анатексис. Очень высокая механическая прочность

Ступени (степени) метаморфизма

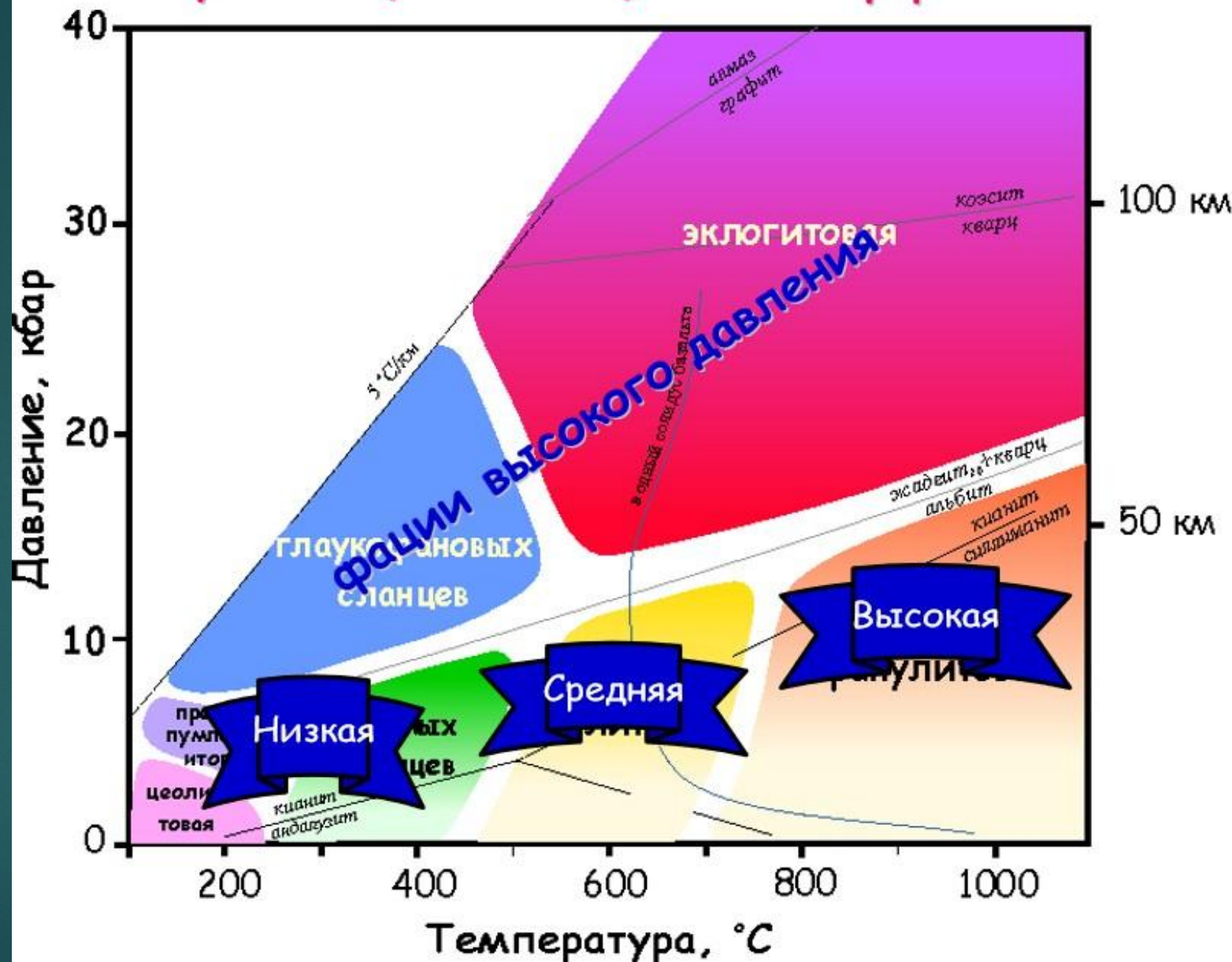
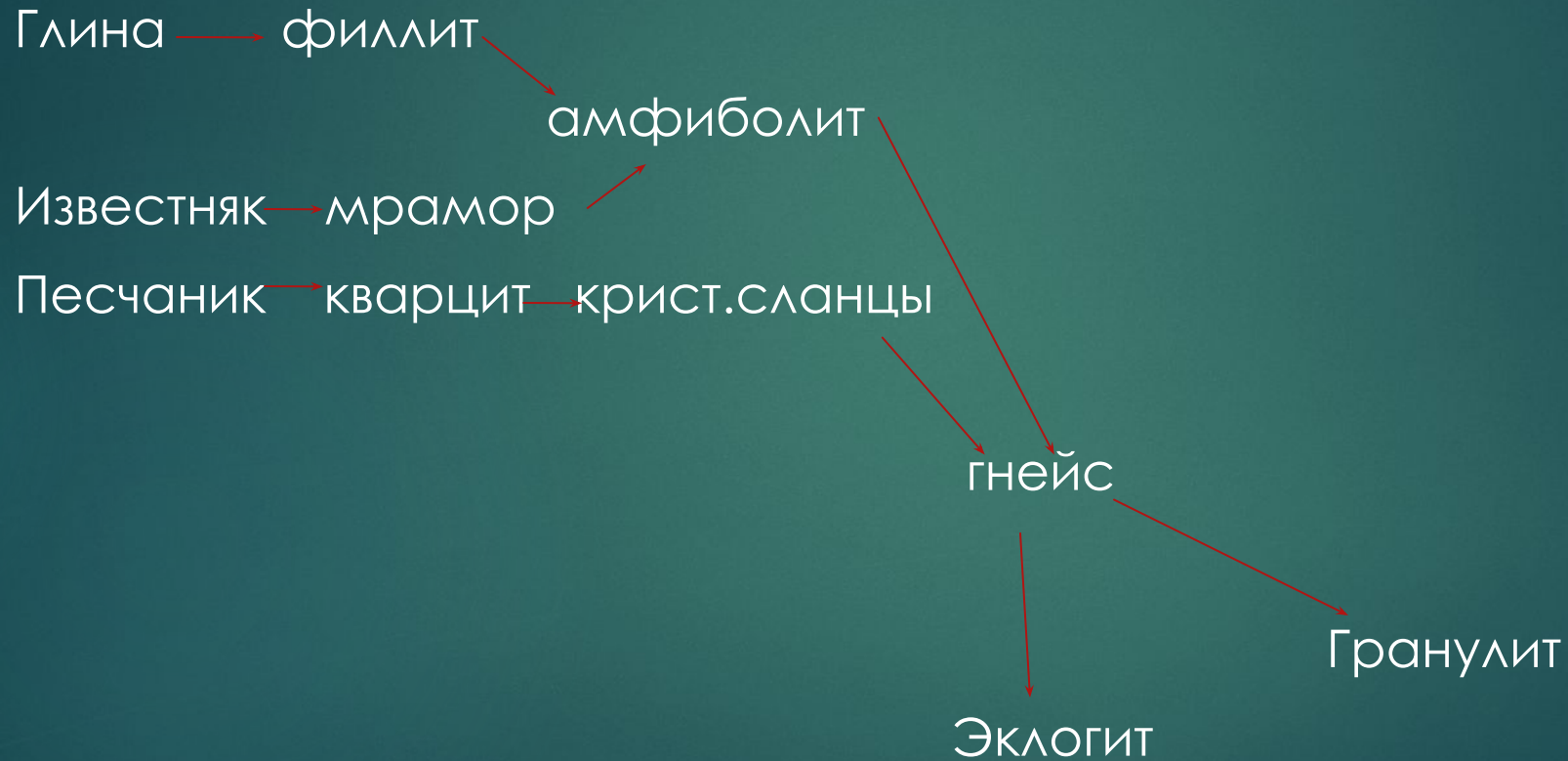


Схема эволюции метаморфических пород



Текстура Метаморфических пород

- ▶ Текстура – способ заполнения минералами пространства.
- ▶ У метаморфических пород бывает массивная, полосчатая, пятнистая, сланцеватая.



Текстура

- ▶ *Полосчатая* – чередование различных по минеральному составу полос.



Текстура

- ▶ *Сланцеватая* – однообразно ориентированные листовые силикаты. Слюды ориентированы перпендикулярно стрессу.
- ▶ При уменьшении кол-ва слоистых силикатов и увеличения полевых шпатов в породе текстура переходит в *гнейсовую*.



Структура метаморфических пород

- ▶ Структура – характеризует детали сложения гп, форму и размер зерен.
- ▶ У метаморфических пород по форме кристаллов бывает – нематобласстовая, лепидобластовая, гранобластовая.
- ▶ По размеру зерен – мелко, средне, крупнокристаллическая.

Структуры метаморфических пород

- Бластез (кристаллизация и перекристаллизация) – процесс роста минералов.
- Гомеобластовая – равномернозернистая
- Гетеробластовая – неравномернозернистая
- Порфиробластовая – крайний случай гетеробластовой структуры.

- Гранобластовая – порода сложена изометричными зернами.
Роговиковая – разновидность гранобластовой
- Лепидобластовая – преобладание слюд и хлоритов
- Нематобластовая – развитие удлинённых призматических кристаллов, образующих спутанноволокнистую массу или располагающихся параллельно друг другу

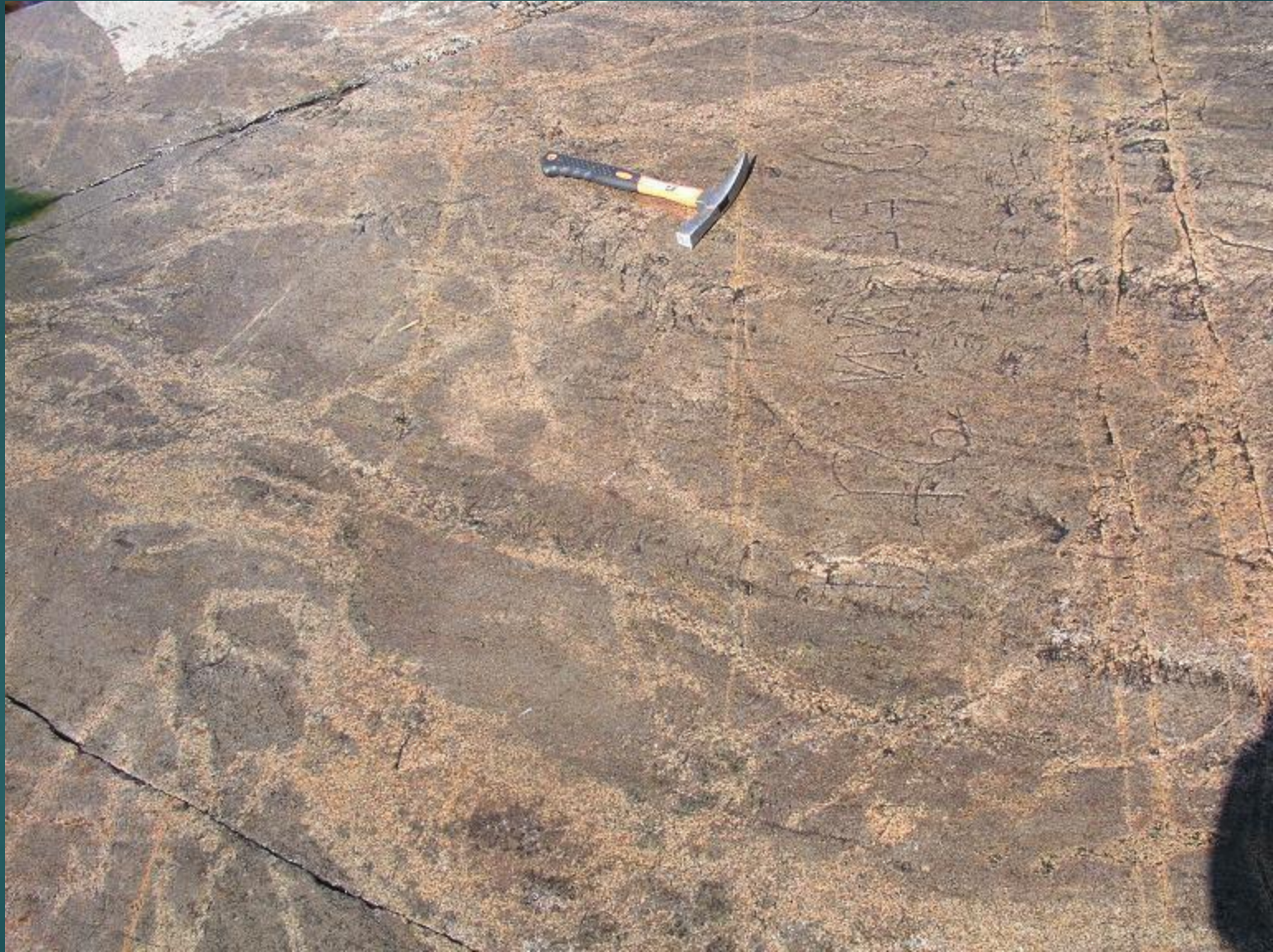


эклогит и 10 рублей, Максютковский комплекс, Урал



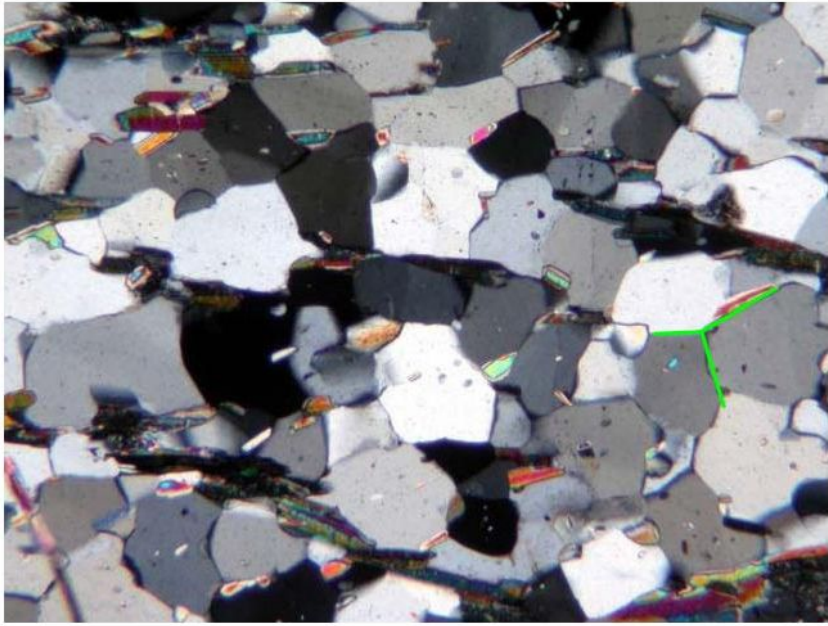


Серебры, Южный Урал





Голубой сланец, Максютинский комплекс, Ю. Урал.



Определите структуры
пород

ЭКЛОГИТ

- гранат пироксеновая порода, образующаяся при высоких давлениях (встречается в виде ксенолитов в кимберлитах), давления настолько высоки что в них встречаются алмазы



гранулит

метаморфическая горная порода формировавшаяся в условиях высоких температур(выше **700 °C**) и давлений

Минеральный состав гранулита: Пироксены , плагиоклаз , кварц (безкварцевую разновидность легко спутать с габбро)

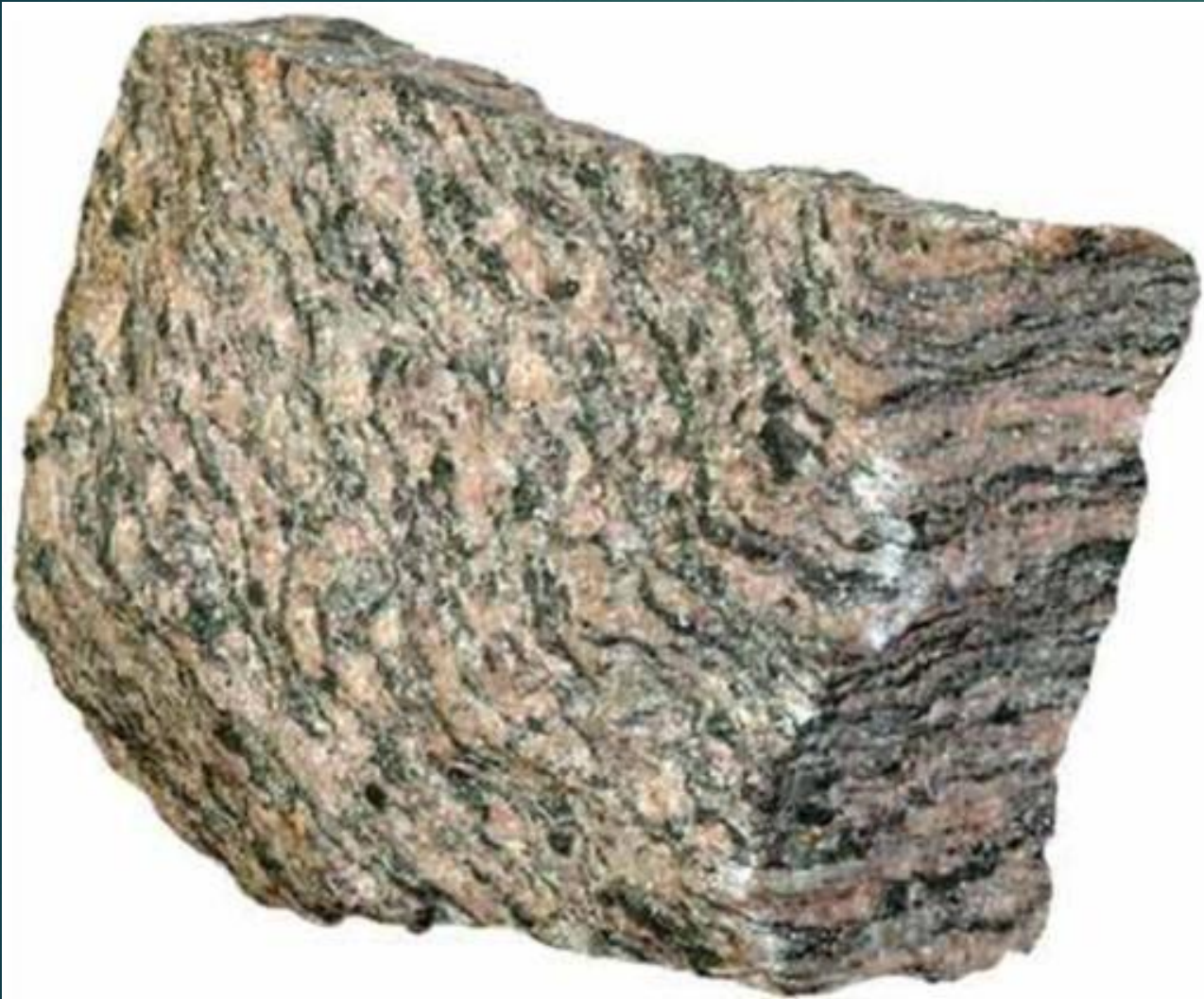
Структура гранулитовая, гранобластовая, текстура гнейсовая.



амфиболит



ГНЕЙС



СЛАНЕЦ



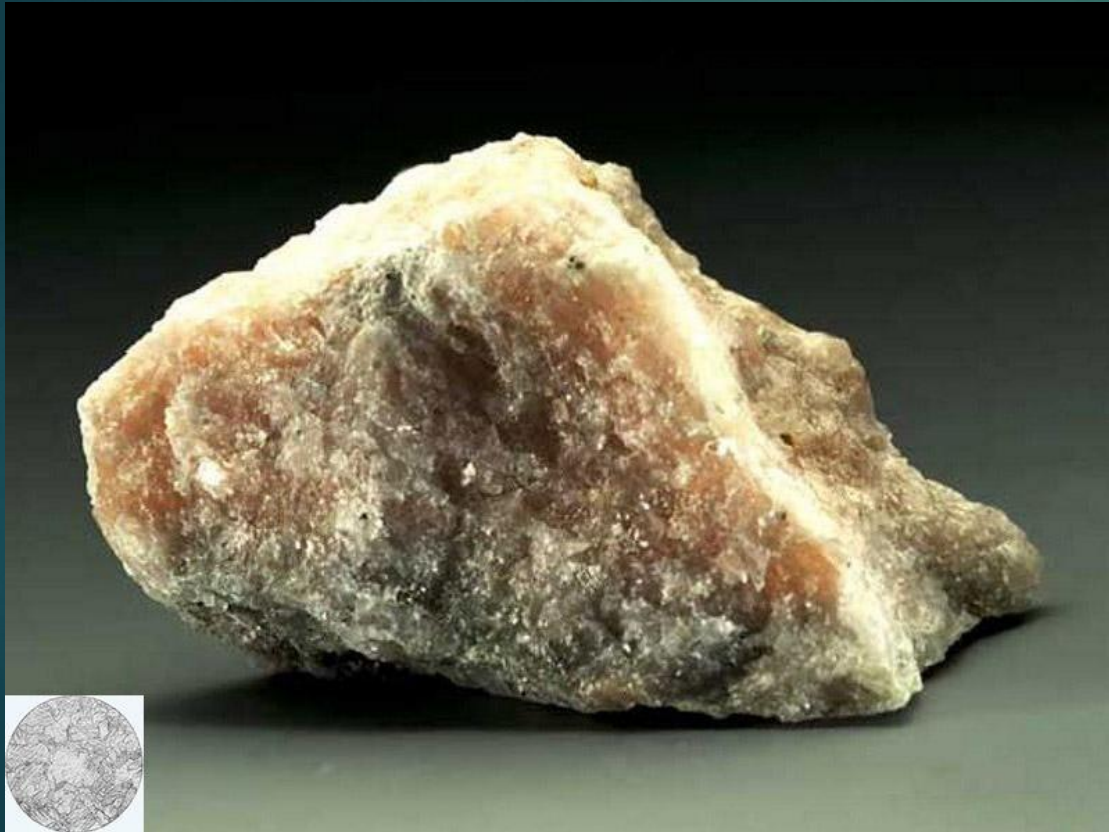
ГОЛУБОЙ СЛАНЕЦ



ЗЕЛЕНЬЙ СЛАНЕЦ



MPAMOP



КВАРЦИТ



КАТАКЛАЗИТ



Рис. 6. Порфирокластическая структура, линзовидная текстура.
Катаклазит по граниту

Мигматит



Пара слов про метасоматоз

Метасоматоз, метасоматизм (от μέτα (греч.)... и σῶμα (греч.) — тело) — естественный процесс замещения минеральных комплексов, происходящий под воздействием эндогенных растворов и протекающий с изменением химического состава породы при постоянном объеме, при котором растворение старых минералов и отложение новых происходит почти одновременно, так что в течение процесса замещения минеральные комплексы все время сохраняют твердое состояние.

Метасоматоз происходит при реакциях между твердыми телами (минералами) и растворами или флюидами. Проявляется в земной коре как локально (регионально, в микромасштабах), так и в больших (десятки и сотни метров) телах метасоматитов. Может протекать как при высоких температурах и давлениях, так и в условиях земной поверхности

Типы метасоматических процессов

В зависимости от способа перемещения вещества в растворах различают метасоматоз *диффузионный* и *инфильтрационный*.

К диффузионным метасоматическим процессам относятся такие, при которых перенос компонентов осуществляется диффузией в водном растворе. При инфильтрационном метасоматозе перемещение вещества осуществляется течением раствора благодаря фильтрации и просачиванию через горные породы. В природных условиях крайне редко проявляется только инфильтрационный или только диффузионный метасоматоз, обычно имеется преобладание того или другого способа переноса вещества, проявляющееся в масштабах и строении метасоматических тел.

Автометасоматоз связан с ранними послемагматическими процессами и проявляется обычно в верхних частях магматических тел и связанных с ними жильных образований.

Контактовый метасоматоз развивается в зоне контакта интрузии с вмещающими, как правило, осадочными породами. Наиболее яркими представителями являются скарновые образования, развивающиеся в раннюю послемагматическую стадию на контакте интрузива с вмещающими карбонатной породой (обычно контакт гранитов или диоритов с известняками или доломитами).

Околожильный метасоматоз (его иногда называют околорудным) связан с образованием жильных и штокверковых месторождений. Околожильные метасоматиты могут образовываться в широком диапазоне температур, но всегда связаны с кислотной стадией послемагматического процесса.

Региональный (площадной) метасоматоз может проявляться в различной геологической обстановке, чаще в условия больших глубин.

В зависимости от химического состава различают, щелочной и кислотный метасоматоз.

Скарн



Грейзен



Термины

метаморфизм	Мрамор
Экзоконтакт	ступень метаморфизма
эндоконтакт	стресс
флюид	динамометаморфизм
ортопороды	температура
парапороды	давление
кварцит	метапелиты
сланец	метабазиты
Холодный и горячий контакты	мигматиты
фа́ция метаморфизма	метасоматоз
эклогит	скарн
амфиболит	грейзен
роговик	филлит
кимберлит	гранулит
ксенолит	гнейс
импактит	кратон
тектит	катаклазит