

Метаморфизм

ПЛАН:

- 1. Метаморфизм*
- 2. Типы метаморфизма*
- 3. Факторы метаморфизма*

МЕТАМОРФИЗМ

Метаморфизм - это изменение и преобразование горных пород под влиянием различных эндогенных геологических процессов (тектонические движения земной коры, землетрясения, глубинный и поверхностный вулканизм), вызывающий значительные изменения термодинамических условий (температура и давление). Сущность процесса метаморфизма состоит в приспособлении горных пород к термодинамическим условиям среды, отличным от условий их образования.

МЕТАМОРФИЗМ

При метаморфизме коренные изменения горных пород происходят в твердом состоянии (без переплавления), в основном, под действием высоких давлений и температур. В некоторых случаях эти изменения могут быть чисто механическими. Например: при раздроблении горных пород вдоль трещин тектонических смещений отдельных блоков земной коры сильно раздробленные горные породы, состоящие из крупных обломков называют тектоническими брекчиями, а тонкозернистые- милонитами. Эту группу пород называют тектонитами.

МЕТАМОРФИЗМ

Обычно при метаморфизме происходит перекристаллизация вещества горных пород при котором изменяются не только строение, но и сложение горной породы, и ее минеральный состав.

Метаморфизм может происходить:

- ❖ с минералообразованием без привноса (и выноса) вещества, только за счет старых минералов и образования более устойчивых минералов в новых термодинамических условиях

МЕТАМОРФИЗМ

❖ с минералообразованием в условиях привноса (и выноса) вещества в первом случае химический состав горных пород не изменяется, во втором случае – изменяется.

Эти изменения совершаются путем взаимодействия минеральных составляющих горных пород с газами и парами, выделяющимися из магмы, или с продуктами их сжигания – горячими водными растворами, заполняющими поры горной породы.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ МЕТАМОРФИЗМА

Главными факторами (причинами) метаморфизма горных пород являются:

- ❖ температура
- ❖ давление
- ❖ химически активные вещества – растворы и летучие соединения.

Температура – фактор, влияющий на процессы минералообразования, резко увеличивающий скорость протекания химических реакций.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ МЕТАМОРФИЗМА

В условиях земной коры повышение температуры обусловлено

- 1) при погружении горных пород на большие глубины, идет возрастание температуры
- 2) тепловым воздействием магматических расплавов внедряющихся в земную кору.

Процессы метаморфизма протекают при температуре 250-800 град. С.

Повышение температуры ведет к образованию более высокотемпературных минеральных видов, лишенных воды, изменяется также структура породы, она становится более крупнозернистой.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ МЕТАМОРФИЗМА

Давление – увеличение давления способствует разрушению (распаду) неустойчивых минералов и появлению новых минералов, устойчивых в условиях повышенных давлений. Повышение давления основная причина метаморфизма горных пород без привноса вещества. В породах появляются трещины, по которым порода легко раскалывается. Одна из систем трещин создает сланцеватость. Она выражается в способности горной породы распадаться на тонкие листовые пластины.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ МЕТАМОРФИЗМА

При условии высокого направленного давления происходят усадка породы, уменьшается объем пор, происходит пересыщение породы растворами.

Стресс увеличивает растворимость минералов, вызывает дробление породы, что облегчает циркуляцию метаморфизирующих растворов, что способствует процессу перекристаллизации минералов.

Основные факторы метаморфизма
~~ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА К НИМ~~
относятся вода, углекислота. В разных количествах они находятся почти в каждой породе в виде поровых, межзерновых растворов и газов. Среднее содержание наиболее распространенных компонентов поровых растворов:

H₂O - 84,4

CO₂ – 10,1

H₂S – 1,9

HCl – 1,4

N₂ – 0,4

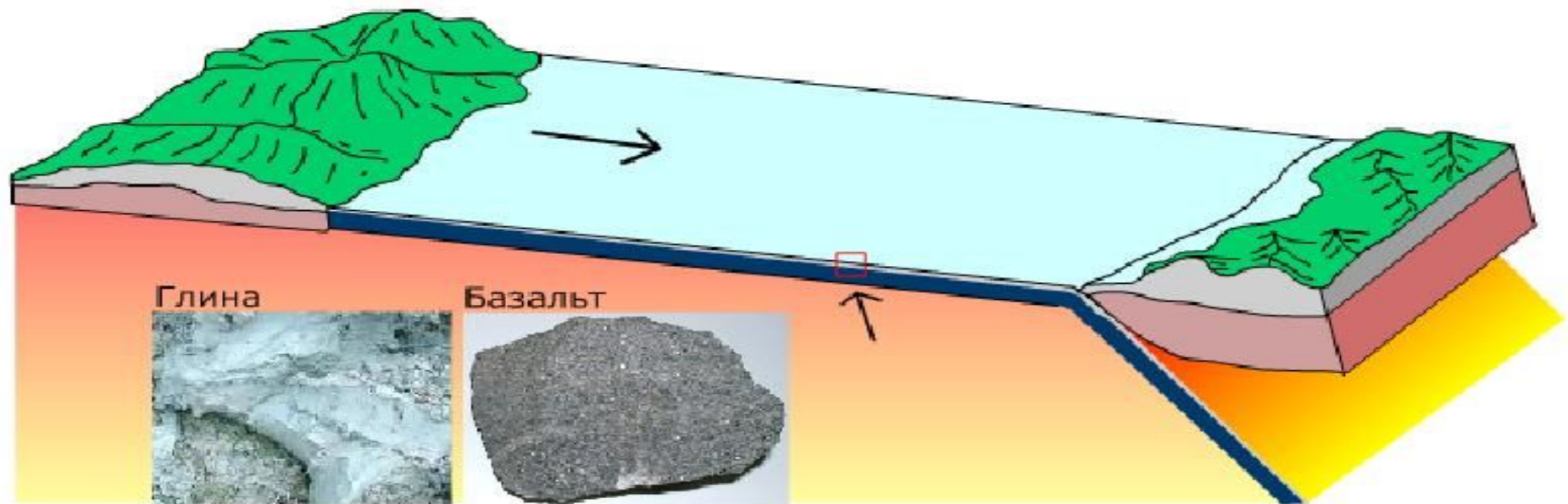
Типы метаморфизма

С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФАКТОРОВ МЕТАМОРФИЗМА И ХАРАКТЕРА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПОРОД ВЫДЕЛЯЮТ ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА:

1) РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ. ОХВАТЫВАЕТ ОГРОМНЫЕ ПЛОЩАДИ ЗЕМНОЙ КОРЫ. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ РАСПОЛАГАЮТСЯ ТОНКИМ СЛОЕМ МОЛОДЫХ КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ. СЛАГАЯ ААЛТАЕ, СЛАГАЮТ РУССКУЮ И СИБИРСКУЮ РАВНИНЫ. ОНИ ОБНАРУЖЕНЫ ПРИ БУРЕНИИ НА ГЛУБИНЕ СВЫШЕ 1500 М.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ

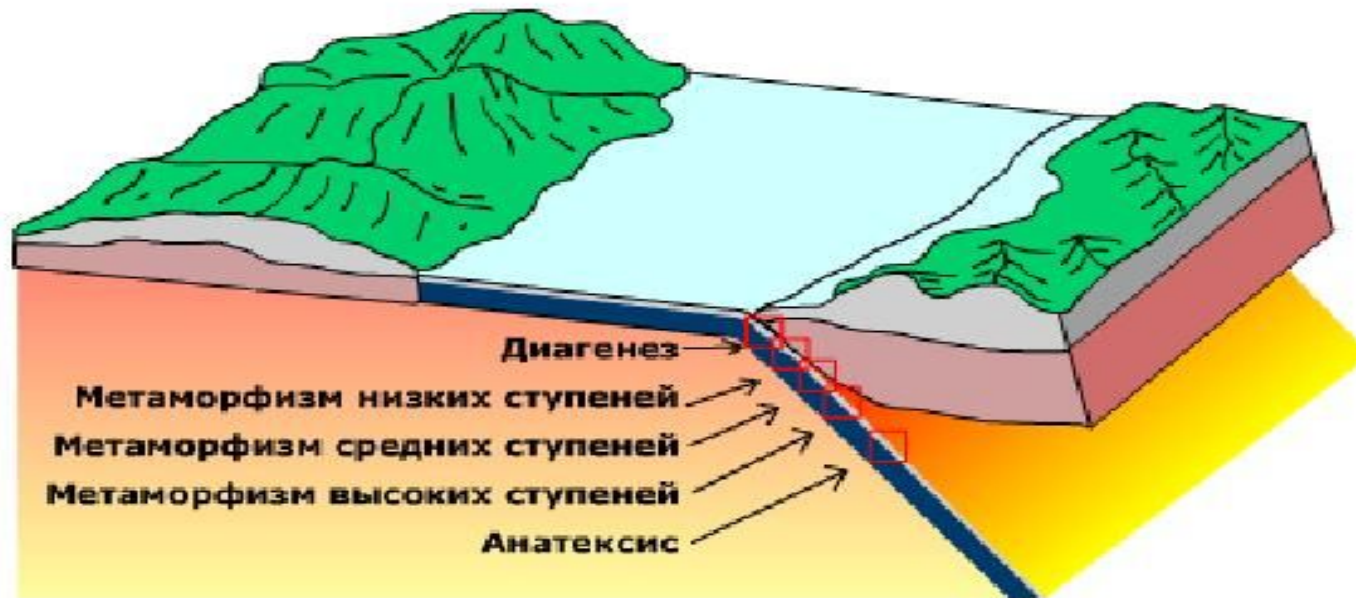


Метаморфизм, который затрагивает крупные блоки земной коры, называется региональным. В зонах субдукции крупные блоки океанической коры погружаются на большие глубины. В результате увеличения температуры и давления субдуцирующая кора подвергается метаморфизму. Верхняя часть океанической

коры сложена базальтами. На базальтах обычно залегают глубоководные осадки. На этой анимации показаны метаморфические преобразования глины и базальта, при их погружении на большие глубины в зонах субдукции.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

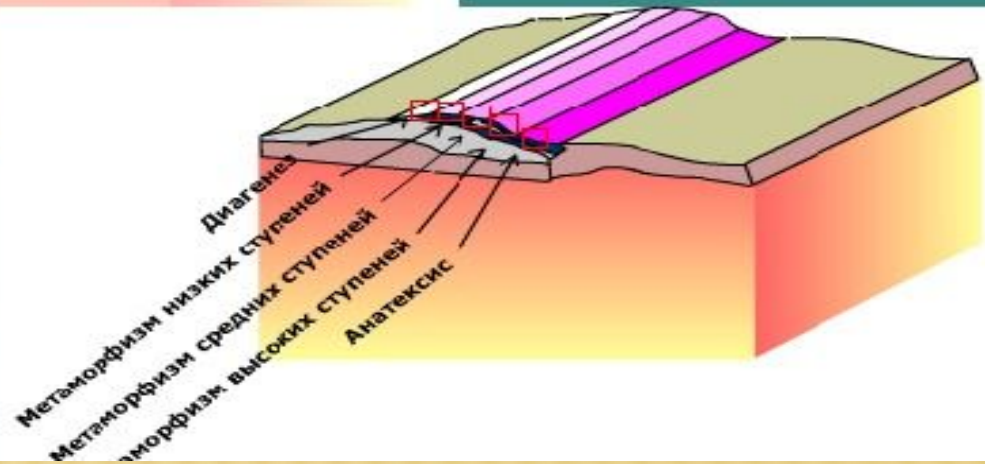
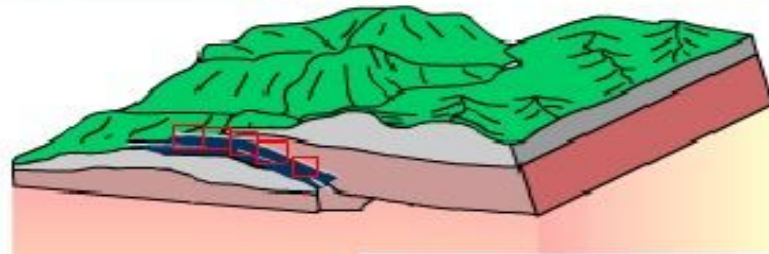
РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ



На этом рисунке показано, как степень метаморфизма повышается с глубиной в зоне субдукции. В верхних частях зоны субдукции породы проходят стадию диагенеза и подвергаются метаморфизму низких ступеней.

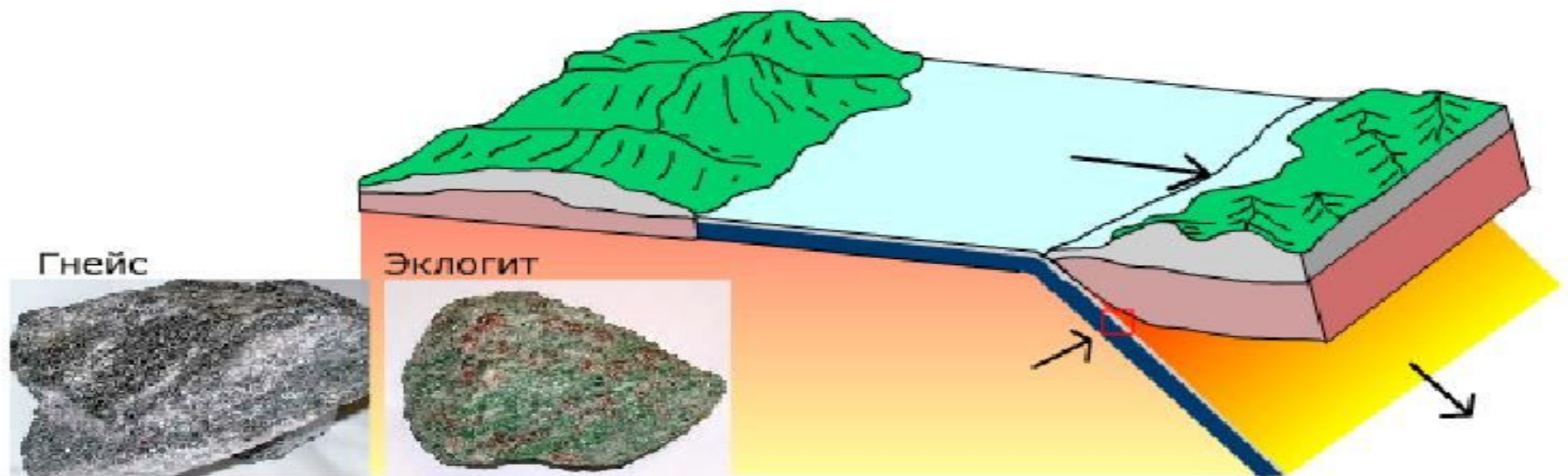
Степень метаморфизма повышается с глубиной, пока породы не начнут подвергаться анатексису (то есть, частичному плавлению – см. модуль Магматизм и магматические породы).

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

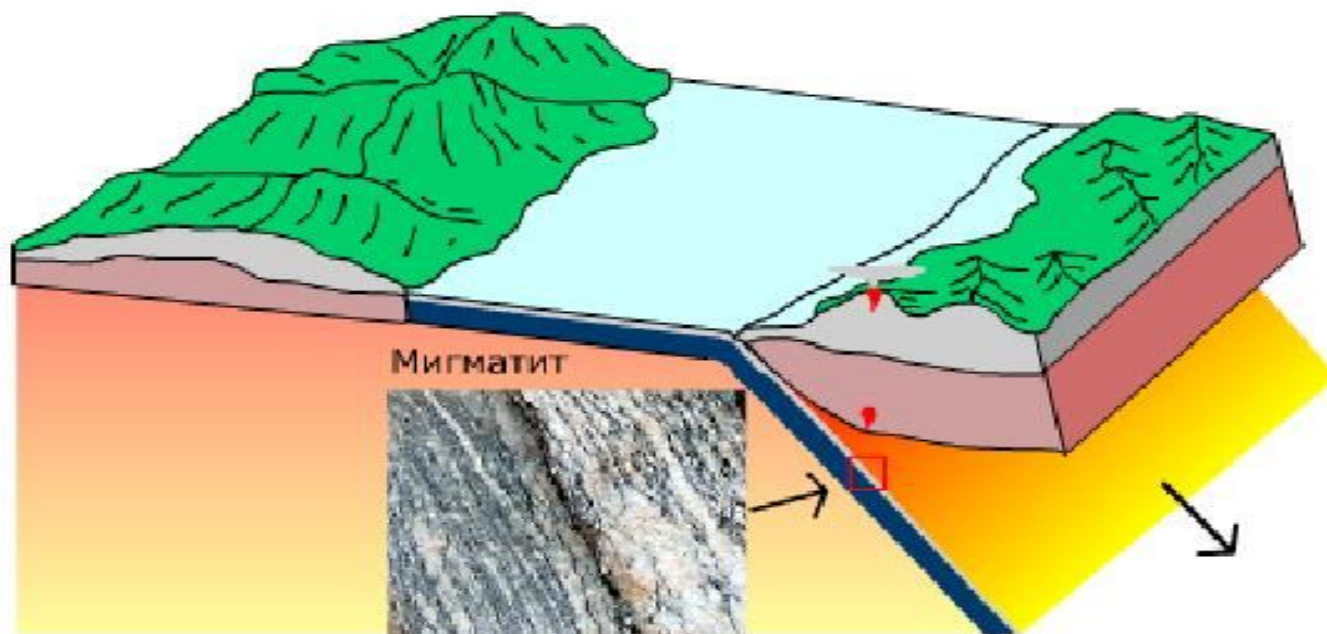
РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ



На глубине около 20 км гранат-слюдяной сланец превращается в гнейс. На глубине около 40 км голубой сланец превращается в эклогит.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ



Если породы погружаются на большие глубины, они начинают плавиться. Породы, прошедшие стадию частичного плавления, называются мигматитами.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

МЕТАМОРФИЗМ СЛАНЦЕВ



Сланец

Метаморфизм

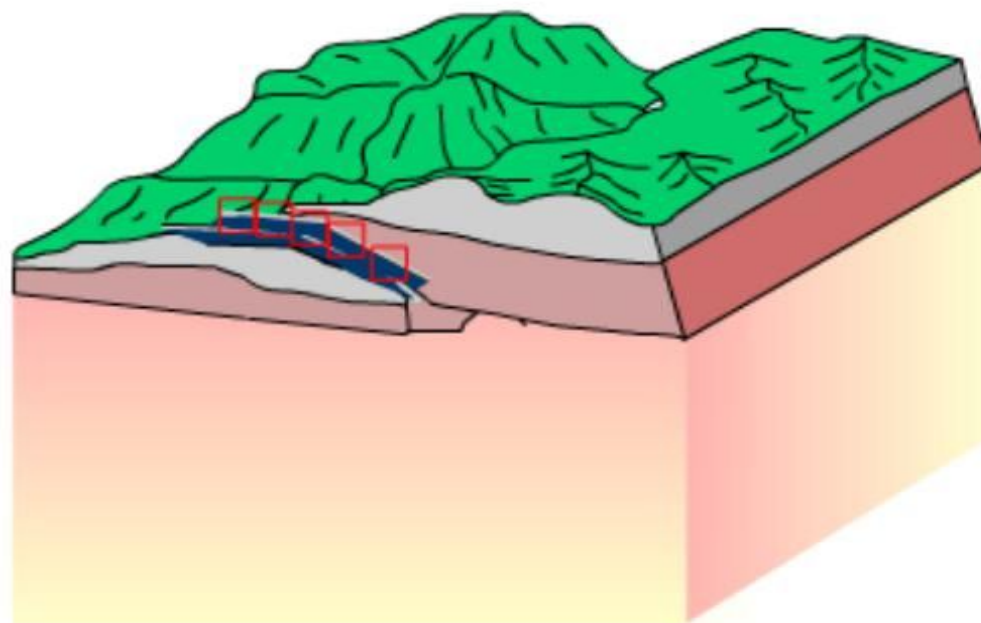


Гнейс

Многие горные породы, которые сегодня обнажаются на поверхности Земли, миллионы лет назад находились в недрах земной коры. Для близповерхностных зон коры характерны относительно низкие температуры и давление. Однако, с глубиной температура и давление увеличиваются. Когда горные породы погружаются на глубокие уровни земной коры, они испытывают действие высоких температур и давлений. Как показано на следующих слайдах, изменение окружающей температуры и

давления вызывает изменение самих горных пород – они подвергаются метаморфизму. На верхней фотографии горная порода, которая называется сланец. Сланец это осадочная горная порода, которая образуется в верхних горизонтах коры при уплотнении глины. Когда сланцы погружаются на глубокие горизонты земной коры, они подвергаются метаморфизму – сланец превращается в гнейс (нижняя фотография).

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА



На этой анимации показано, как породы испытавшие региональный метаморфизм в глубинах земной коры могут оказаться на поверхности через миллионы лет после этого.

При континентальной коллизии глубоко погруженные породы могут быть надвинуты на менее глубинные породы.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Породы регионального метаморфизма

Гнейс — метаморфическая порода, характеризующаяся отчётливо выраженной параллельно-сланцеватой, часто тонкополосчатой текстурой с преобладающими гранобластовыми и порфиробластовыми структурами и состоящая из кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклазов и цветных минералов. Выделяют: биотитовые, мусковитовые, двуслюдяные, амфиболовые, пироксеновые и др. гнейсы.



Типы метаморфизма

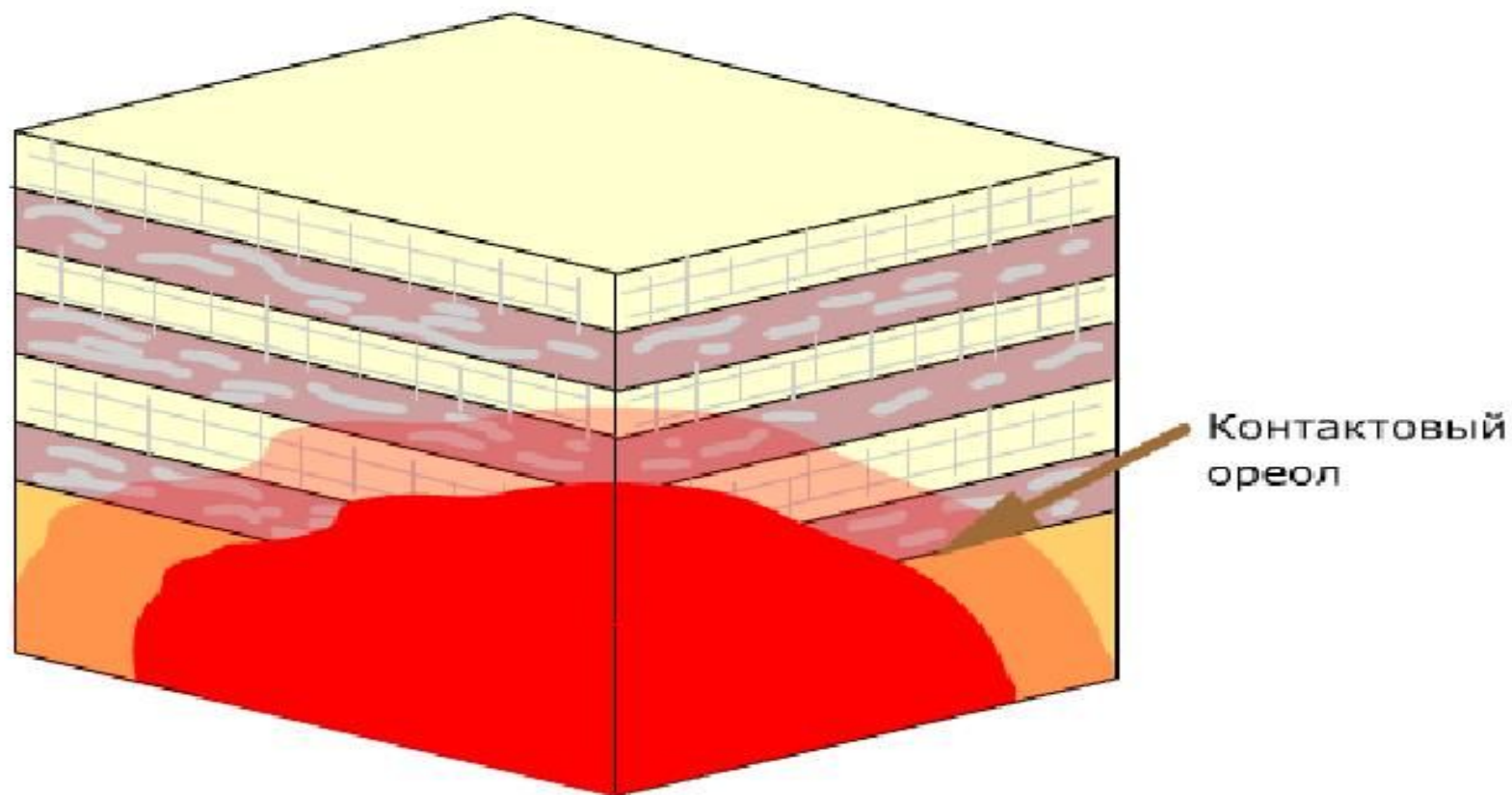
В ЛЮБОЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ОПРЕДЕЛЕННОЙ ГЛУБИНЕ ПОД ТОЛЩЕЙ ДРЕВНИХ ОТЛОЖЕНИЙ МОЖНО ВСТРЕТИТЬ МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ. МЕТАМОРФИЗМ ВОЗНИКАЕТ В СВЯЗИ С ПРОЦЕССАМИ, ТИПИЧНЫМИ ДЛЯ ГЛУБОКИХ ЧАСТЕЙ ЗЕМНОГО ШАРА (ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И ПОД БОЛЬШИМ ДАВЛЕНИЕМ ПРОИСХОДИТ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД). НАПРИМЕР: ПЕСЧАНИКИ ПРЕВРАЩАЮТСЯ В КВАРЦИТЫ, ИЗВЕСТНЯКИ – В МРАМОР.

Типы метаморфизма

2) КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ - СВЯЗАН С ИНТРУЗИЯМИ, КОТОРЫЕ ВНЕДРЯЯСЬ В ОСАДОЧНЫЕ ИЛИ РАНЕЕ ИЗВЕРЖЕННЫЕ ПОРОДЫ, ВНОСЯТ В ЗЕМНУЮ КОРУ ИЗБЫТОЧНОЕ ТЕПЛО (ТЕРМОМЕТАМОРФИЗМ). ПРИ ЭТОМ ИНТРУЗИИ РАЗДВИГАЮТ, СДАВЛИВАЮТ И УПЛОТНЯЮТ ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ. ВЫДЕЛЯЮЩИЕСЯ ИЗ МАГМЫ ГАЗЫ И ПАРЫ, ВСТУПАЯ В РЕАКЦИИ С БОКОВЫМИ ПОРОДАМИ, СПОСОБСТВУЮТ ОБРАЗОВАНИЮ НОВЫХ МИНЕРАЛОВ, А ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ ОБУСЛАВЛИВАЮТ ЯВЛЕНИЕ МЕТАСОМАТОЗА.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ



Горячая магма прогревает вмещающие породы. Зона, в которой вмещающие породы подверглись нагреву, называется контактовым

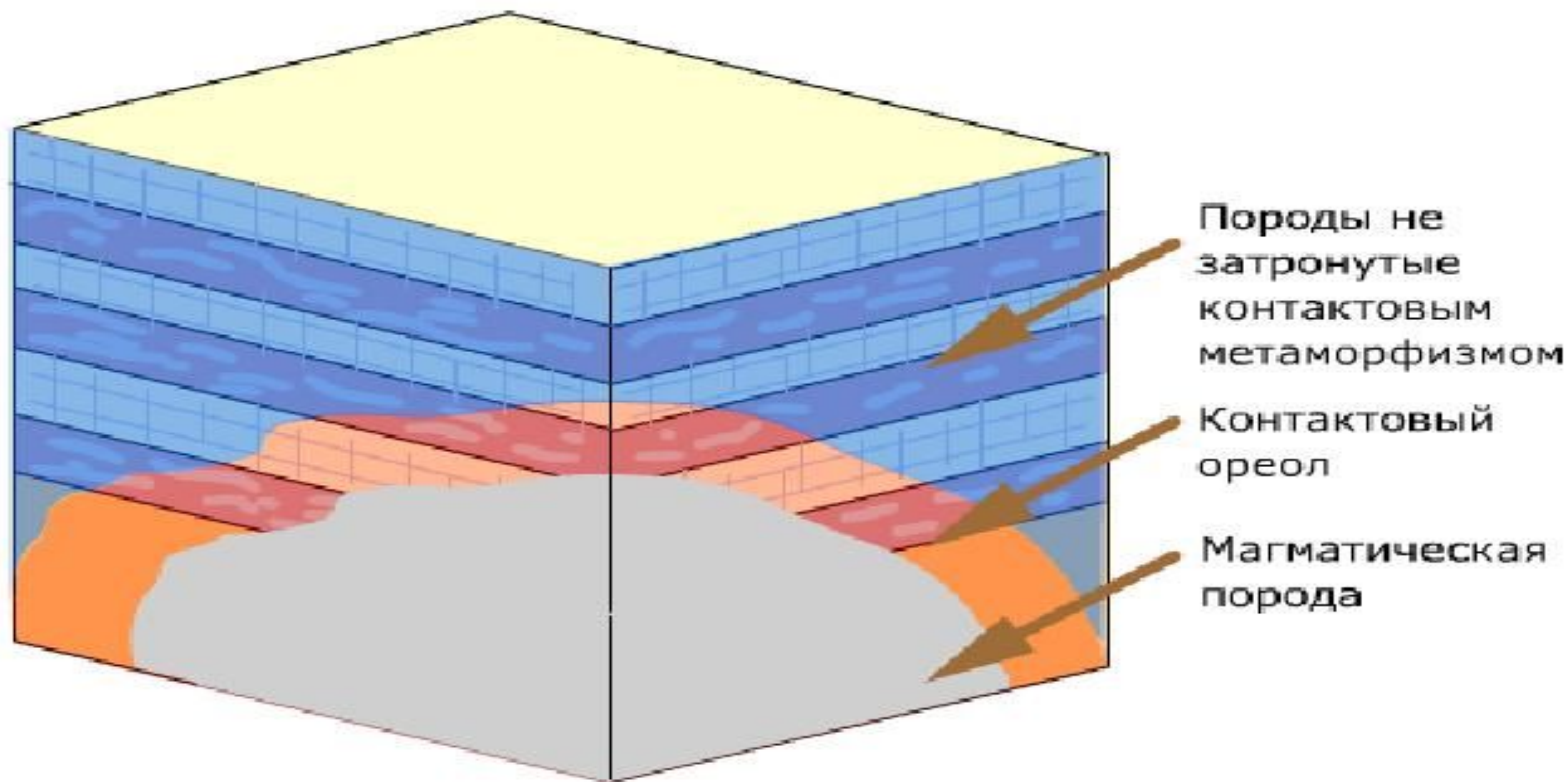
ореолом. Породы в пределах контактового ореола подвергаются контактовому метаморфизму.

Типы метаморфизма

КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ СОВЕРШАЕТСЯ ПО ОБЕ
СТОРОНЫ ОТ КОНТАКТА НА ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ
СТОРОНЕ ИНТРУЗИИ. ШИРИНА ЗОНЫ КОНТАКТОВОГО
МЕТАМОРФИЗМА ОЧЕНЬ РАЗЛИЧНА И ИЗМЕНЯЕТСЯ ОТ ММ
ДО СМ И СОТНЯМИ МЕТРОВ И ДАЖЕ КМ.
СТЕПЕНЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОД ПРИ КОНТАКТОВОМ
МЕТАМОРФИЗМЕ НЕОДИНАКОВА: ВБЛИЗИ КОНТАКТА -
ПОРОДЫ ИЗМЕНЕНЫ СИЛЬНЕЕ, ЧЕМ НА ПЕРИФЕРИИ ЗОНЫ,
Т.Е. СОЗДАЮТСЯ ПОЛОСЫ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ
МЕТАМОРФИЗМА. ТЕМПЕРАТУРА ПРИ ЭТИХ ПРОЦЕССАХ ДО
1000 ГРАД.С ПАРЫ И ГАЗЫ, ОХЛАЖДАЯСЬ, ОБРАЗУЮТ
ГОРЯЧИЕ РАСТВОРЫ, КОТОРЫЕ МЕТАМОРФИЗУЮТ ПОРОДУ.
ВСТУПАЯ В РЕАКЦИИ С БОКОВЫМИ ПОРОДАМИ,
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ ИЗМЕНЯЮТ ИХ, ЧАСТО
РАСТВОРЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ ПЕРЕХОДЯТ В ВОДНЫЕ
СОЕДИНЕНИЯ.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ



После внедрения магма охлаждается и кристаллизуется. Таким образом, мы можем наблюдать ядро, сложенное магматической породой и окруженное зоной

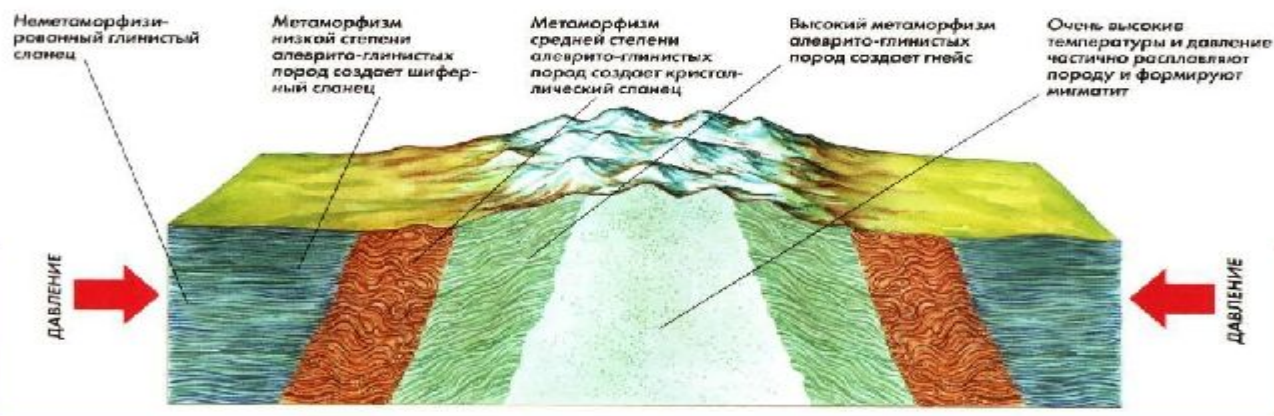
метаморфизованных вмещающих пород. На некотором расстоянии от магматического ядра вмещающие осадочные породы не затронуты контактовым метаморфизмом.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Основные факторы метаморфизма

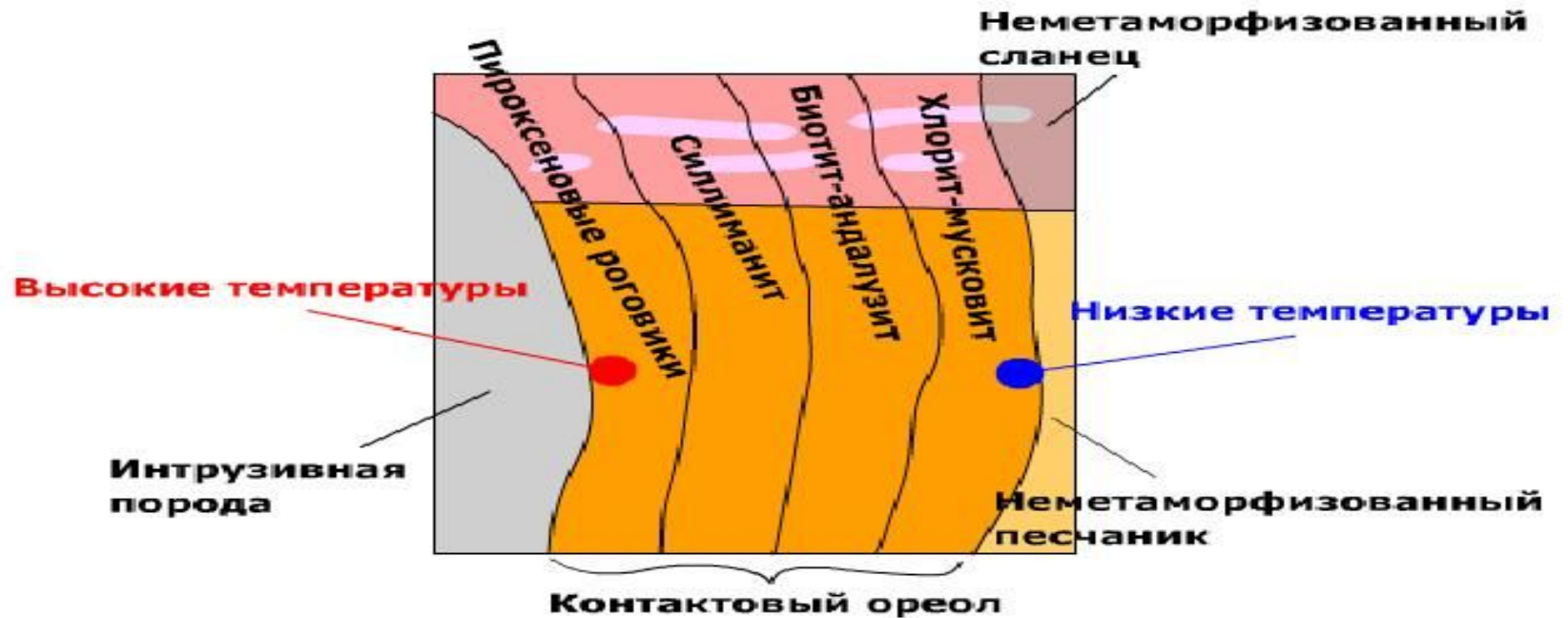
Основные факторы метаморфизма:

- температура,
- давление - стрессовое и петростатическое (за счет вышележащих толщ),
- химически активные вещества (флюиды).



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ

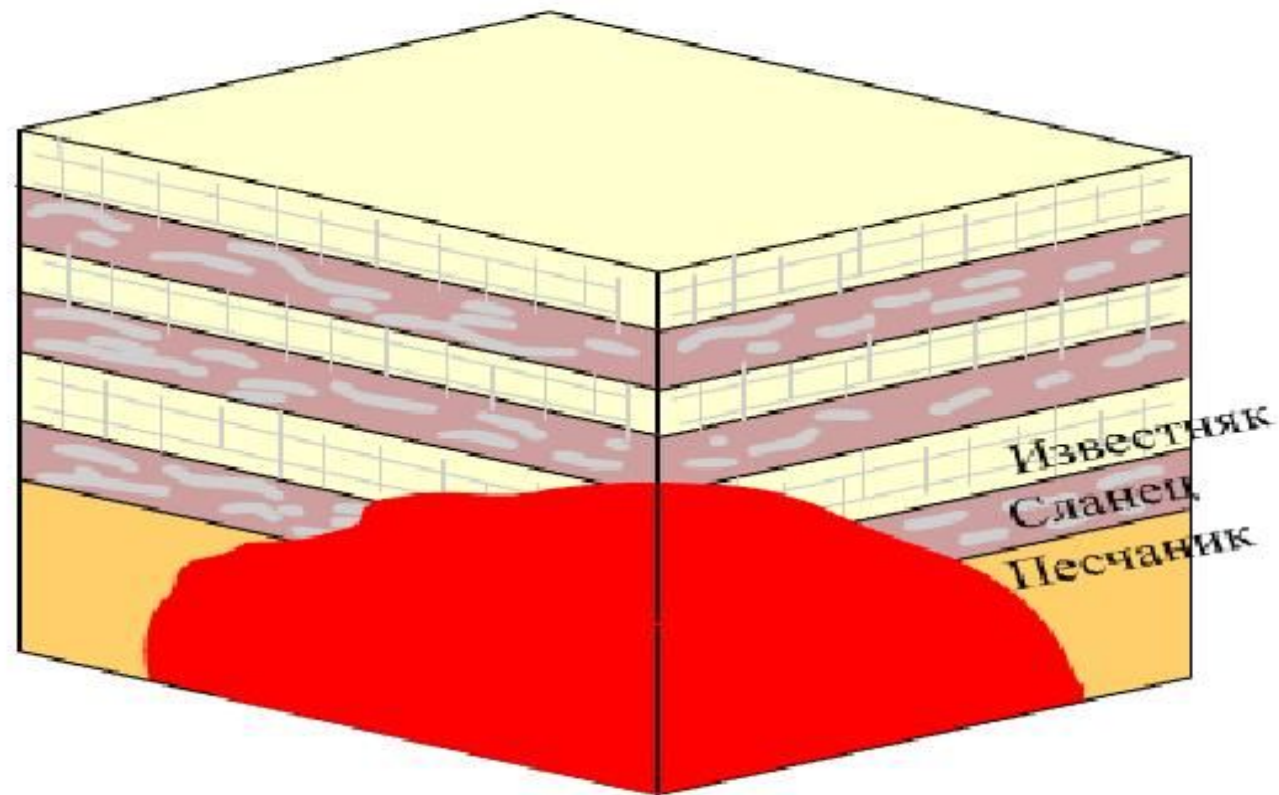


Во внутренней зоне контактового ореола, которая находится вблизи интрузивной породы (источника тепла), вмещающие породы испытали максимальный нагрев. Напротив, вмещающие породы во внешней зоне контактового ореола испытали минимальное повышение температуры. Таким образом, интенсивность температурного воздействия, которое испытали вмещающие породы, зависит

от расстояния между ними и интрузивной породой. Поэтому степень метаморфизма и минеральный состав пород меняется вкостр контактового ореола. Роговики это рогоподобные массивные мелкозернистые породы, которые образуются в результате действия высоких температур и умеренных давлений при контактовом метаморфизме.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

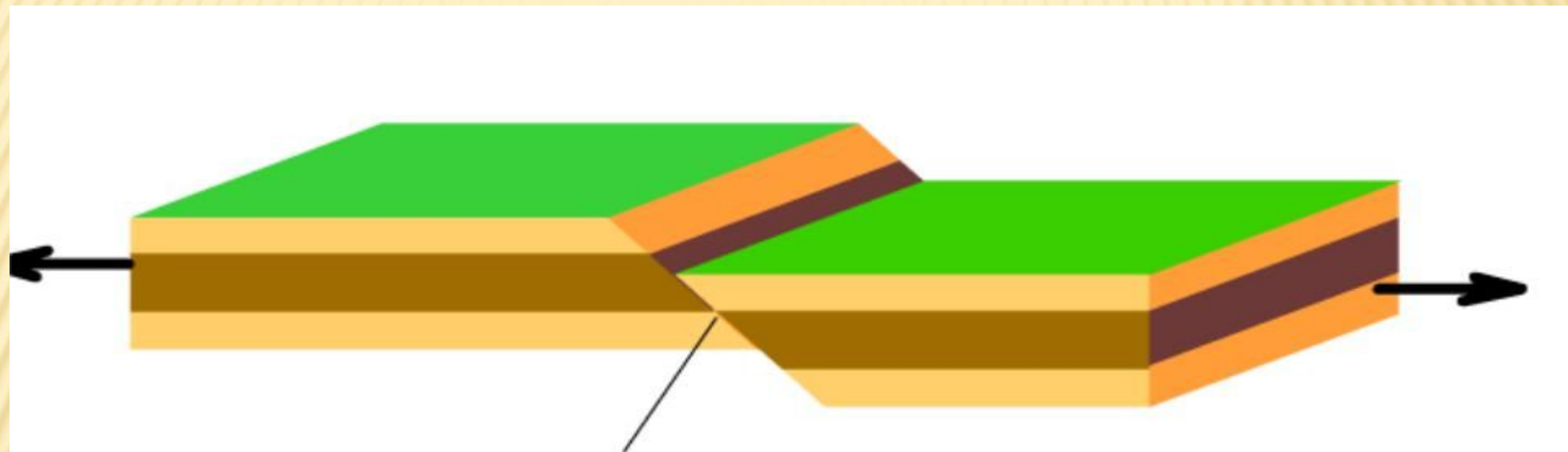
КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ



На этой анимации показано внедрение магмы в слоистые осадочные породы. До внедрения магмы температура осадочных пород была около 150 °С. Температура магмы 800 °С. Не удивительно, что осадочные породы нагреваются при внедрении магмы. При нагревании осадочные породы подвергаются

метаморфизму. Этот тип метаморфизма называется контактовым. При контактовом метаморфизме метаморфические преобразования вызываются увеличением температуры, тогда как давление остается постоянным.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА



Катакластический метаморфизм

Катакластический метаморфизм происходит в зонах разрывных нарушений. Когда два блока земной коры перемещаются относительно друг друга, горные породы на контакте между этими блоками крошатся и перетираются. На этой

анимации показано образование разрывного нарушения – сброса, который формируется, когда два блока коры удаляются друг от друга в обстановке растяжения.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА



Температура воды в трещинах горных пород увеличивается с глубиной. Нагретая вода гораздо более реакционноспособна, чем холодная вода. Поэтому на глубине вода может реагировать с окружающими минералами. Минералы, первоначально содержащиеся в горных породах, могут растворяться и

заменяться новообразованными минералами. Метаморфизм, который происходит под действием гидротермальных процессов, называется гидротермальным метаморфизмом. Давление и температура горной породы, которая подвергается гидротермальному метаморфизму, не меняются.

Типы метаморфизма

3) ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМ. ПРИ ДИНАМОМОРФИЗМЕ ВСЕ ОКРУГЛЫЕ ЧАСТИ ПОРОДЫ (НАПРИМЕР: ГАЛЬКИ В КОНГЛОМЕРАТАХ) СДАВЛИВАЮТСЯ И ПРЕВРАЩАЮТСЯ В ЛИНЗООБРАЗНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ, ЗЕРНА ПОРОДЫ ТАКЖЕ РАЗДАВЛИВАЮТСЯ В НАПРАВЛЕНИИ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОМ К НАПРАВЛЕНИЮ ДАВЛЕНИЯ, ПРОИСХОДИТ ПЕРЕОРИЕНТИРОВКА ВСЕХ ВЫТЯНУТЫХ И ПЛОСКИХ МИНЕРАЛОВ ДЛИННЫМИ ОСЯМИ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОМ ДАВЛЕНИЮ.

Типы метаморфизма

ПРИ ЭТОМ ПОРОДА РАЗДЕЛЯЕТСЯ НА МНОЖЕСТВО ТОНКИХ ЧЕШУЕК И ПЛАСТИНОК, КОТОРЫЕ ЧАСТО СКОЛЬЗЯТ ДРУГ ПО ДРУГУ. ТАК ВОЗНИКАЕТ СЛАНЦЕВАТАЯ ТЕКСТУРА, ПОРОДА ПРЕВРАЩАЕТСЯ В СЛАНЕЦ. ДАВЛЕНИЕ, ПЕРЕОРИЕНТИРОВКА МИНЕРАЛОВ И ТРЕНИЕ ВЫЗЫВАЕТ ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРОИСХОДИТ ЧАСТИЧНАЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ. ИЗМЕНЕНИЕ ИХ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм слабой степени превращает глинистый сланец в шиферный; если температура и давление растут он преобразуется сначала в филлит, затем в кристаллический сланец и наконец в гнейс.



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Важнейшие особенности метаморфических пород

- Главнейшее отличие метаморфических пород от магматических и осадочных заключается в их минеральном составе, а также в их структурных и текстурных признаках.
- Метаморфические породы состоят лишь из минералов, устойчивых в условиях высоких температур и давлений. К ним относятся большинство минералов магматических пород: кварц, альбит, и другие плагиоклазы, калиевый полевой шпат (микроклин), мусковит, биолит, роговая обманка, пироксен (авгит), магнетит, гематит, а также один из минералов осадочных пород – кальцит.
- В метаморфических породах распространены минералы, характерные только для них, - серицит, тальк, серпентин, гранат, графит, и др.



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Породы регионального метаморфизма

- В зависимости от состава и структуры исходных пород при региональном метаморфизме возникают определенные виды метаморфических пород
- При этом образуются характерные ряды пород, представляющих собой последовательные этапы преобразования исходной породы.
- Особенно значительные изменения испытывают глинистые породы. Еще в процессе диагенеза глины уплотняются, обезвоживаются и превращаются в аргиллиты, отличающиеся от глин полной неразмокаемостью.
- В начальной стадии метаморфизма в условиях низких температур под воздействием тектонического давления аргиллиты претерпевают **рассланцевание (динамометаморфизм)** и превращаются в аргиллитовые сланцы.
- Сланцы обычно сохраняют окраску исходных глин. Они легко раскалываются по сланцеватости на ровные плитки с матовой поверхностью. При возрастании количества кристаллических частиц порода твердеет, превращаясь в кровельные, или аспидные сланцы.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Образование метаморфических пород

Метаморфические горные породы (метаморфизм –превращение)- продукты образования осадочных и магматических пород в глубине Земли под воздействием высоких давления и температуры.

ИЗВЕСТНЯК



МРАМОР



Песчаник
(рыхлый)



Кварцит
(твердая, прочная
кристаллическая
порода)



ГРАНИТ



ГНЕЙС



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Сланцеватая текстура

является очень широко распространенной, особенно в породах динамотермального метаморфизма, возникших при участии сильного стресса. Она характеризуется более или менее параллельной ориентировкой некоторых минералов и наличием субпараллельных плоскостей сланцеватости, по которым порода легко разбивается на отдельные пластинки. Эта текстура наиболее ярко проявляется в тех породах, в которых присутствует значительное количество пластинчатых, чешуйчатых или столбчатых минералов. В зависимости от формы преобладающих минералов выделяют разновидности сланцеватых текстур:

Плоскопараллельная сланцеватая текстура отличается наличием в породе довольно совершенных субпараллельных плоскостей, вдоль которых располагаются пластинчатые и чешуйчатые минералы.

Линейно-сланцеватая текстура возникает в породах, сложенных удлинёнными минералами, ориентированными субпараллельно. При таком типе текстуры плоскости сланцеватости выражены менее отчетливо.

Плосковолнистая сланцеватая текстура характеризуется волнистой поверхностью плоскостей сланцеватости, обусловленной наличием в породе субпараллельно ориентированных изгибающихся чешуйчатых минералов.



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

КАТАКЛАСТИЧЕСКИЙ МЕТАМОРФИЗМ



Брекчия, Дален, Телемарк



Брекчия, Шпицберген

Тектонические брекчии сложены крупными остроугольными обломками различного состава в мелкозернистой основной массе.

Тектонические брекчии образуются при

раскалывании некогда монолитных горных пород, то есть тектонические брекчии образуются в результате катакластического метаморфизма.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

2. Метаморфические горные породы

2. **Гнейсы** – породы с очковой или гнейсовой текстурой, внешне часто напоминают граниты, отличаясь от них параллельной ориентировкой слюды. Состоят из полевых шпатов, слюд, кварца, граната.

Структура породы мелко-среднезернистая.

Гнейс мусковитовый



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфические горные породы образуются в толще земной коры в результате изменения (метаморфизма) осадочных или магматических горных пород



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

2. Метаморфические горные породы

Особенности сланцев

- состоят из низкотемпературных минералов – хлорит, актинолит, серицит, серпентин, эпидот, мусковит, альбит, кварц, ставролит
- обладают сланцеватой текстурой,
- часто сохраняются реликтовые структуры

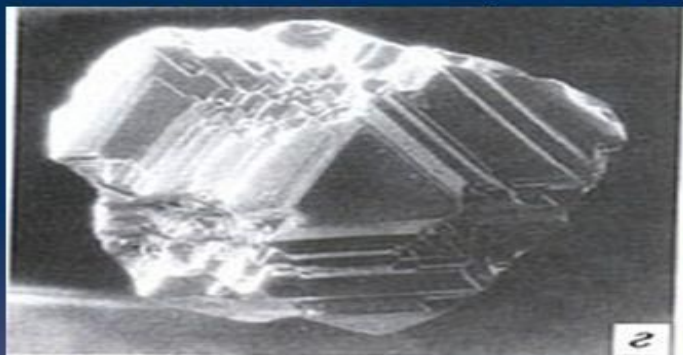
Сланец тальковый



ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

- Образуются из магматических, осадочных и ранее образованных метаморфических пород, путем изменения под влиянием высоких давлений и температур с участием химически активных веществ (вода, горячие растворы, газы)



**АНТИСКЕЛЕТНЫЙ КРИСТАЛ АЛМАЗА
ИЗ МЕТАМОРФИЧЕСКОЙ ПОРОДЫ**



МРАМОР

С ПОРОДАМИ СВЯЗАНО ОГРОМНОЕ КОЛИЧЕСТВО
ВАЖНЕЙШИХ **Типы метаморфизма** ИСКОПАЕМЫХ.

КРУПНЕЙШИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА
(КРИВОРОЖСКОЕ, КУРСКАЯ МАГНИТНАЯ
АНОМАЛИЯ И ДР.) ЛОКАЛИЗОВАНЫ В
РЕГИОНАЛЬНО МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ ПОРОДАХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ, СВИНЦА, ЦИНКА,
РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ТЯГОТЕЮТ К ЗОНАМ
КОНТАКТОВОГО МЕТАМОРФИЗМА.
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛОВ, ЗОЛОТА
СВЯЗАНЫ С ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ
МЕТАМОРФИЗМОМ.

МНОГИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ
ИСПОЛЬЗУЮТСЯ КАК СТРОИТЕЛЬНЫЙ И
ДЕКОРАТИВНЫЕ КАМНИ.
НАПРИМЕР: МРАМОР И ЯШМА МЕТРОПОЛИТЕН Г.
МОСКВЫ.