

# Типы метаморфизма

1. Контактный
2. Динамический
3. Катакластический
4. Ударный
5. Ультраметаморфизм

# Условия метаморфизма



# Контактовый метаморфизм

- Контактовый метаморфизм вызывается воздействием высокой температуры, возникающей на контакте внедренной магмы с окружающими породами. Температура повышается очень быстро до 1000 градусов и более.
- Внезапное повышение температуры приводит к возникновению множества зародышей кристаллов различных минералов. Однако эти кристаллы не увеличиваются в объеме вследствие недостатка места. Поэтому образуется тонкозернистая структура породы.
- Тем не менее эта порода очень плотная, так как все ее поры заняты мельчайшими зернами новообразованных минералов. Чаще всего проявляется однородная массивная текстура, встречается пятнистая. Сланцеватость в породах контактового метаморфизма отсутствует.

# Породы контактового метаморфизма

Название породы	Минеральный состав	Исходная порода	
Роговик	Пироксены, корунд	Глины, алевролиты	
Яшма, кварцит	Кварц, гематит, халцедон	Кремнистые породы	
Мраморизованный известняк и мрамор	Кальцит, доломит, магнезит	Кальцит. известняк, доломит, магнезит	
Зеленокаменная порода	Эпидот, актинолит, хлорит, тальк, авгит серпентин, роговая обманка	Габбро, базальт, андезит, туфы среднего и основного состава	
Серпентинит	Серпентин, асбест	Перидотит	
Тальковый камень	Тальк	Магнезит, Магнезиальные силикаты	

# Роговик

- Характерной породой является роговик, образующийся за счет глинистых осадочных пород или песчано-глинистой толщи.
- В последнем случае в роговике проявляется реликтовая полосчатая текстура. Роговик обычно имеет темно-серую, черную или зеленоватую окраску или состоит из прослоев того же цвета.
- Излом роговика угловатый раковистый вследствие тонкозернистой структуры. Минеральный состав роговика неразличим.
- Под микроскопом обнаруживаются специфические твердые метаморфические минералы и кварц. Минеральный состав роговиков может быть различен в зависимости от температуры их образования.

# Кварциты и мраморы

- При метаморфизме песчаников образуются кварциты и яшмы, в которых часто встречаются прерывистые следы слоистости.
- Яшма обладает высокой твердостью 7, раковистым изломом, состоит из минерала халцедона, имеющего зеленую, вишневую, коричневую и желтоватую окраску вследствие различных примесей (гематита) и тонкозернистую структуру.
- При метаморфизме известняков образуются мраморы, которые в отличие от исходных пород обладают зернистой структурой и твердостью 3.
- По составу выделяют кальцитовые, доломитовые и магнезитовые мраморы. Иногда образуются силикатные мраморы.

# Зеленокаменные породы

- Из основных магматических пород образуются разнообразные зеленокаменные породы - эпидотовые, эпидот-хлорит-тальковые, актинолит-хлоритовые, тальковый камень, серпентинит, асбесто-серпентиновая порода .
- Из ультраосновных магматических пород образуется серпентинит – порода, состоящая из серпентина и асбеста.
- Асбест – волокнистый мягкий минерал с шелковистым блеском является полиморфной модификацией серпентина.

# Эпидотовая порода

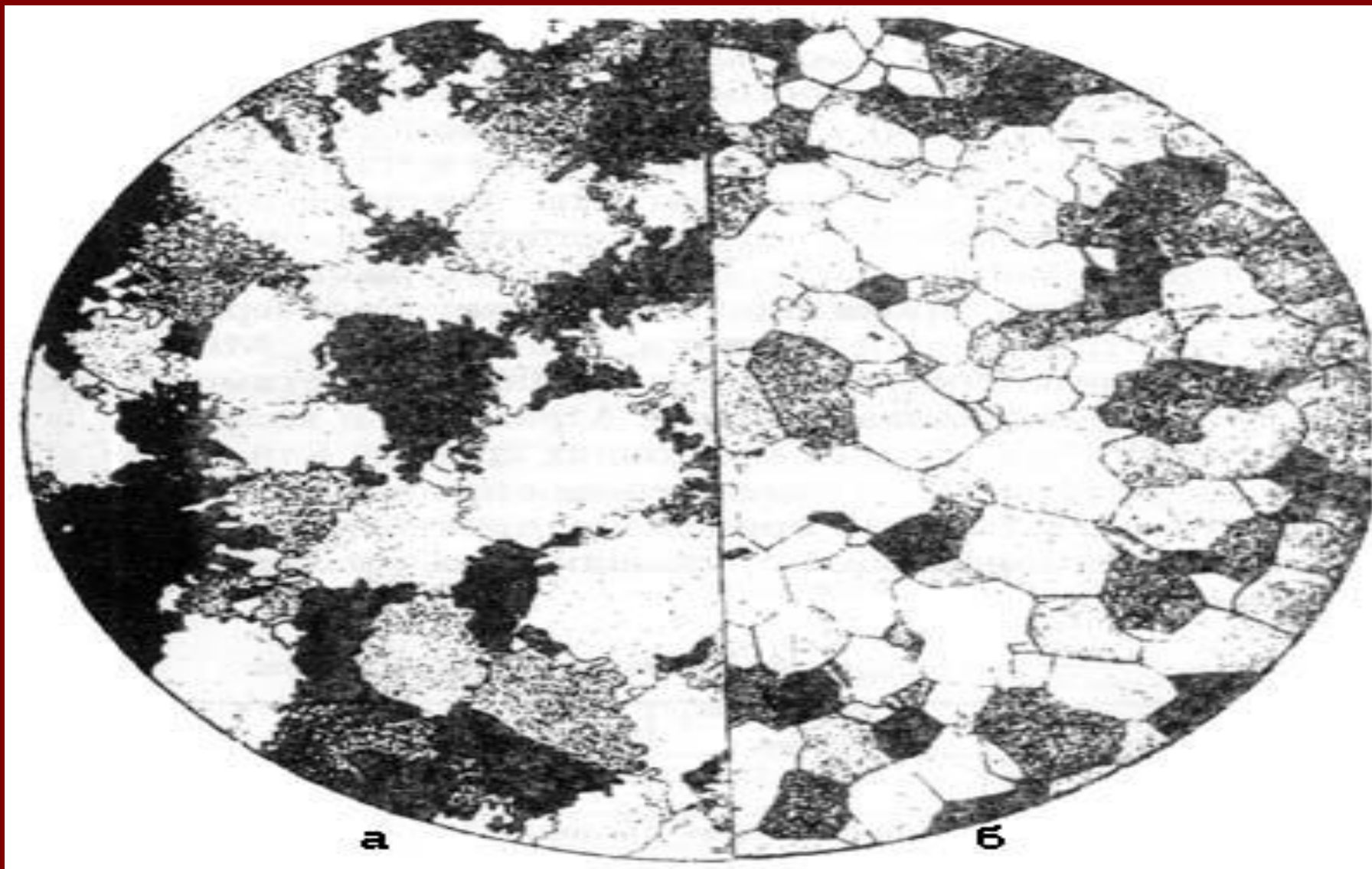
- Тонкозернистая структура и плотная однородная текстура, состоит из минерала эпидота – 95%, есть кварц и полевой шпат, иногда кальцит – 5%
- Эпидот - минерал салатно-зеленого или болотно-зеленого цвета, образующий слабо анизометричные или короткостолбчатые зерна с твердостью 6-7, стекляннм блеском и несовершенной спайностью.
- Если примесь кальцита значительная – 30-50%, то образуется эпидотовый мрамор.



# Зеленокаменные породы

- Хлорит-актинолит-тальковые породы
- Хлорит-актинолит-эпидотовая порода
- Авгит-актинолит-эпидотовая порода
- Эпидот-актинолитовая порода
- Серпентин-эпидотовая порода
- Актинолит-серпентиновая порода

Структуры: а – зубчатая, б - мозаичная



# Динамический метаморфизм

- Динамический метаморфизм возникает под действием стрессового (ориентированного) давления в местах интенсивного складкообразования или зонах разломов при сильном сжатии горных пород.
- Если стрессу подвергаются пластичные минералы, такие как глина, происходит уплощение глинистых минералов и вытягивание их перпендикулярно направлению давления. В результате формируется тонкосланцеватая текстура и образуются сланцы, содержащие чешуйчатые минералы – серицит, тальк, хлорит, флогопит.
- Могут образоваться тальковые и хлоритовые сланцы, филлиты. Голубые глаукофановые сланцы образуются в зонах высокого стрессового давления и низких температур. Свой голубовато-серый, синевато-серый цвет сланцы приобретают за счет образования минерала глаукофана



# Динамотермальный метаморфизм

- Динамотермальный метаморфизм вызывается одновременным воздействием высокого стресса и температуры. Этот вид метаморфизма характерен для тех районов, где одностороннее давление проявляется с наибольшей силой на больших пространствах.
- Текстуры сланцеватые, линейные, стебельчатые, карандашные, очковые (гнейсовые)
- Породы: актинолитовые мраморы, актинолитовые кварциты, силлиманитовые сланцы, роговообманковые сланцы, гематитовые мраморы
- Устойчивы зеленые силикаты, кварц, кальцит

# Катакластический метаморфизм

- Если высокому стрессу подвергаются хрупкие породы, то происходит деформация, скалывание, дробление, а также скольжение минералов, в результате происходит катакластический метаморфизм, и образуется порода **катаклазит**
- Катаклазит состоит из остроугольных обломков какой-либо первичной породы, сцементированных белым гидротермальным кварцем или кальцитом.
- При наиболее интенсивном давлении дробление исходной породы идет дальше, образуется порода **милонит**, которая отличается тонкосланцеватой текстурой и состоит из мелких перетертых обломков исходной породы, вытянутых по направлению сланцеватости. Милонит слагается мелкозернистым агрегатом кварца, полевых шпатов или темноцветных минералов.

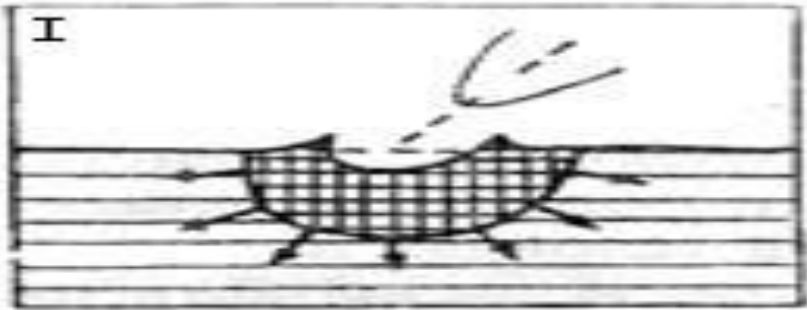
# Ударный метаморфизм

- Ударный, или импактный метаморфизм происходит за счет ударной волны, возникающей при падении метеорита. Этот тип метаморфизма стал выделяться из динамического типа после обнаружения большого количества кольцевых структур – астроблем (около 200).
- Ударно-метаморфизованные породы образуют на поверхности кольцевой вал по краям метеоритного кратера. При ударном метаморфизме выделяется большое количество кинетической энергии, которая превращается в механическую энергию сжатия, дробления и выброса.
- Происходит распыление пород, затем плавление и испарение. Процессы идут зонально.

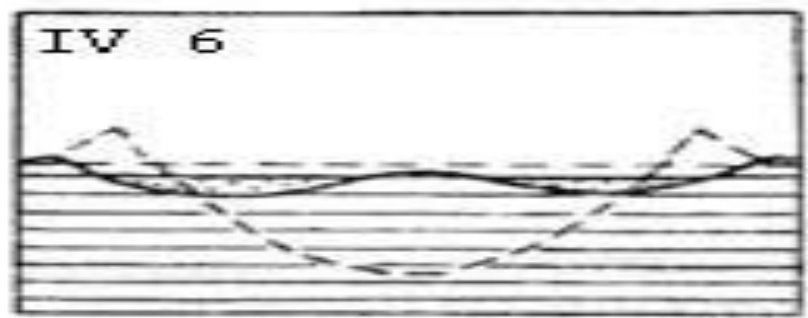
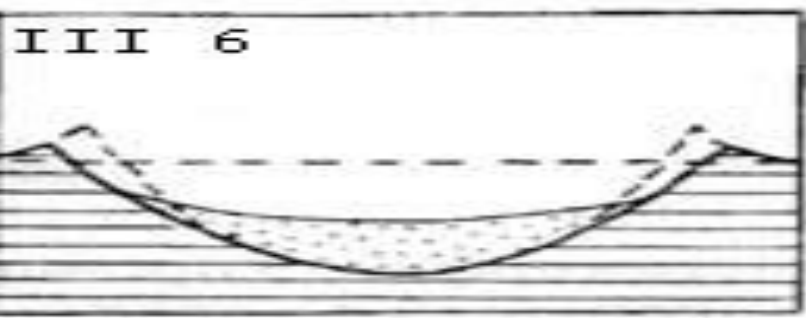
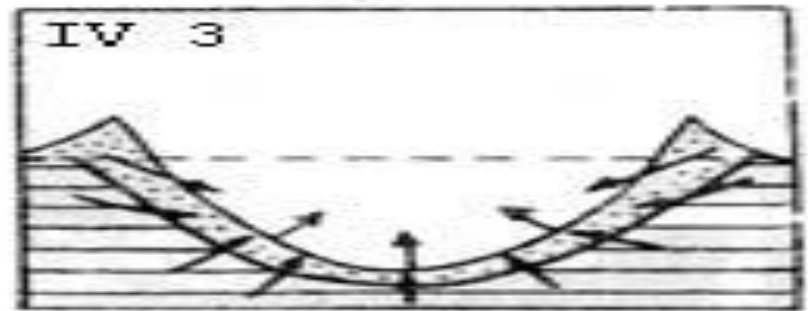
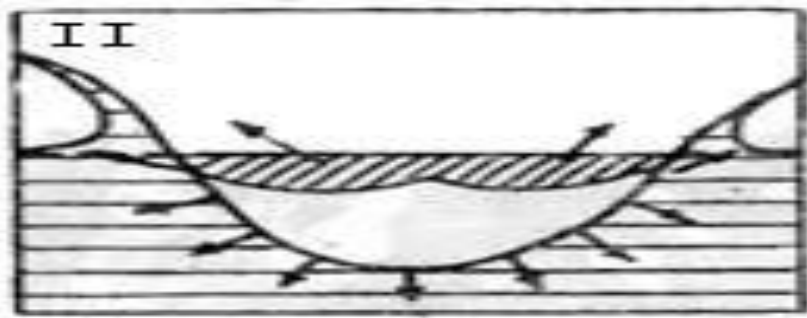
# Ударный метаморфизм

- Обнаружено около 200 астроблем в древних породах щитов (23 – в Европе, 14 – Азия). Крупные в Канаде 140 км в диаметре и Попигайская в Сибири 100 км. Возраст 2,5 млрд лет. Космогенная пророда определена по сочетанию отрицательных гравитационных и магнитных аномалий в астроблеме.
- Сила удара промежуточная между ядерным и химическим взрывом. При скорости метеорита более 2,5 км/сек выделяется кинетическая энергия за 0,1 сек
- Часть энергии превращается в механическую, затем тепловую энергию, за счет которой идет плавление и испарение пород и вещества метеорита, а также образуется излучение и появляется энергия упругих волн. Объем расплавленных пород достигает 1000 куб км., а масса – сотен млрд. т.





- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



# Стадии процесса

- 1 – ударная волна сжимает породы;
- 2 – образуется метеоритный кратер и выброс пород;
- 3а – в ударно-сжатой породе идут полиморфные переходы в структуре минералов с образованием устойчивых к давлению фаз и частичное плавление;
- 3б – раздробленная порода с полиморфными минералами и обломками застывшего расплава сползает и заполняет кратер.

# Стадии процесса

- 4а – При крупном метеорите расширяется зона полиморфных переходов и плавления, и возникают упругие силы Земли, противодействующие удару;
- 4б – Упругие силы приводят к поднятию дна кратера и образованию центральной горки, состоящей из смеси раздробленных пород, стекла – продукта расплава и новых минералов, устойчивых к сверхвысокому давлению: коэсит, стишовит (кремнезем), алмаз и лонсдейлит (углерод).

# Зоны кольцевых структур

- От периферии к центру удара наблюдается смена следующих зон:.
- Первая -- зона полиморфных переходов минералов с образованием ударно-устойчивых атомных структур с весьма плотным расположением атомов.
- Третья - зона плавления минералов.
- Четвертая - зона испарения.
- Метаморфические породы, которые образуются в трех последних зонах, называются **импактитами**. В них образуются минералы : коэсит и стишовит – разновидности кремнезема с очень плотной атомной структурой, а также алмаз в виде мелких кристаллов.
- Импактиты обязательно содержат угловатые обломки стекла и шарики - продукты плавления пород.

# Ультраметаморфизм

- Под ультраметаморфизмом подразумевают процессы, отвечающие высокой степени регионального метаморфизма, сопровождающиеся частичным переплавлением пород. Это сложный процесс суммарного действия метаморфизма, метасоматоза и магматизма.
- Ультраметаморфизм возникает в глубоких зонах земной коры и литосферы, где начинается капельное образование магмы (расплава).
- Процесс приводит к образованию породы мигматит, содержащей метаморфический и магматический материал.

# Ультраметаморфизм

- **Метаморфический** – гранатовые амфиболиты, слюдяные и роговообманковые сланцы, гранатовые, силлиманитовые и пироксеновые гнейсы.
- **Магматический** материал находится в складках, линзах, полосках, ветвистых формах, заполняющих трещинки, и состоит из гранита, аплита, пегматита (застывшего кислого расплава).
- Это вещество может быть и метасоматического происхождения, т.е. образоваться на месте под влиянием растворов.