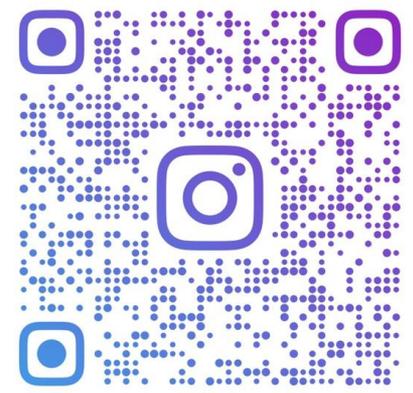




og-  
mgri.ru  
Общая геолог



OB\_GEO

метаморфизм



Межеловская Софья  
Владимировна

**Метаморфизм** – процесс минеральных и структурно-текстурных преобразований существующих горных пород любого состава и происхождения, протекающий вследствие изменения температуры и давления.

Исходные подвергающиеся метаморфизму породы принято называть - **протолитом**.

## **ФАКТОРЫ МЕТАМОРФИЗМА**

**ТЕМПЕРАТУРА**

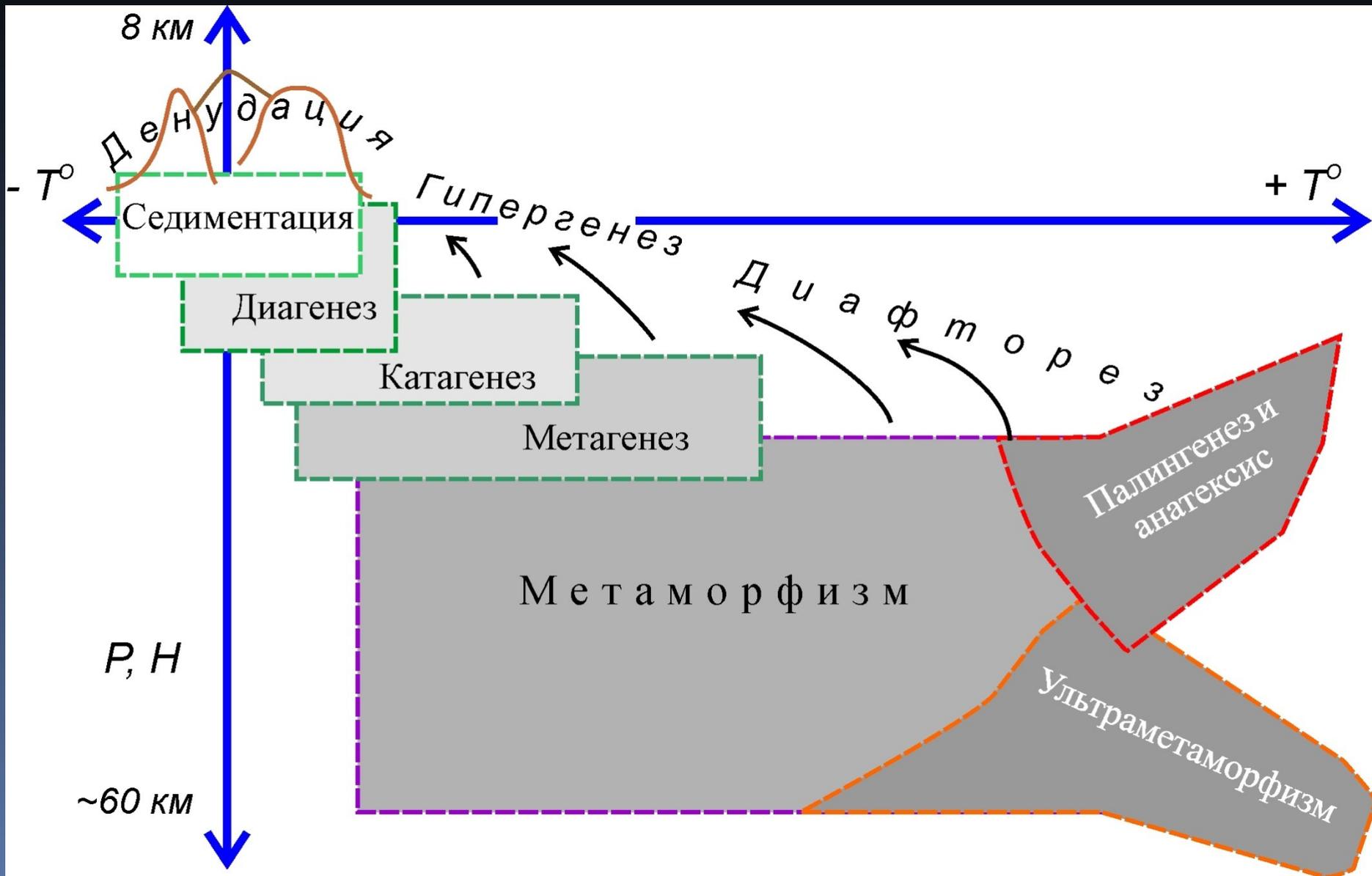
**ФЛЮИД**

**ДАВЛЕНИЕ**

Выделяют  
*ИЗОХИМИЧЕСКИЙ* метаморфизм —  
при котором химический состав  
породы меняется несущественно  
практически не меняется

*МЕТАМОРФИЗМ АЛЛОХИМИЧЕСКИЙ*  
— сопровождается изменением  
первоначального химического  
состава пород в связи с привносом  
или выносом вещества.

# Стадии преобразования породы



Денудация — снос, удаление продуктов выветривания (разрушения). Главной движущей силой в процессах денудации является сила тяжести

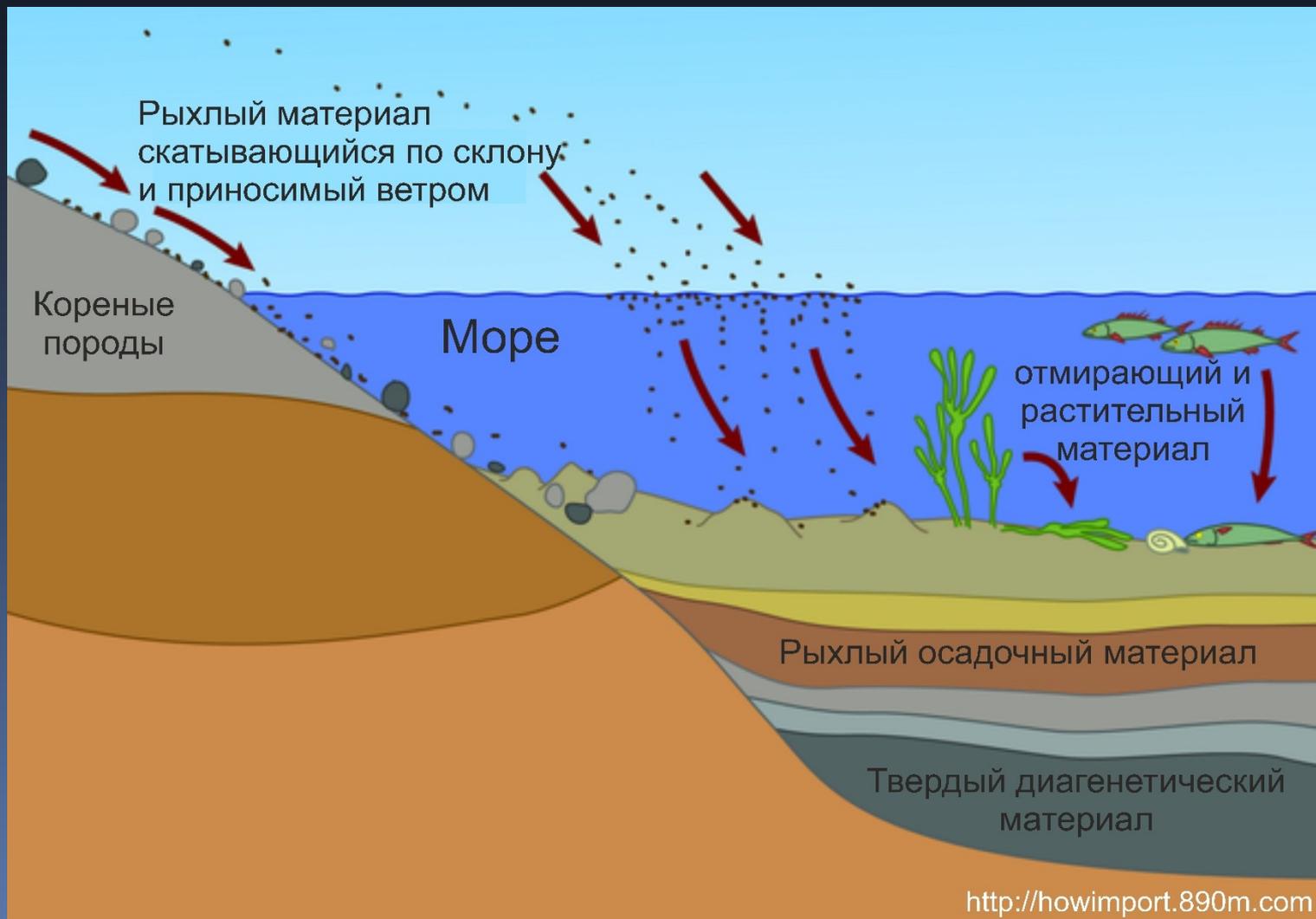


**Гипергенез** — совокупность процессов химического и физического преобразования минеральных веществ в верхних частях земной коры и на ее поверхности (при низких температурах) под действием атмосферы, гидросферы и живых организмов



**КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ.  
МЕСТОРОЖДЕНИЕ  
СТРОЙМАТЕРИАЛОВ У СЕЛА  
НИКИТСКОЕ. МОСКОВСКАЯ  
ОБЛАСТЬ.**

**Седиментация** — образование всех видов осадков в природных условиях путем перехода осадочного материала из подвижного или взвешенного состояния (в водной или воздушной среде) в неподвижное (осадок)



**Диагенез** — физические и химические процессы, которые приводят к превращению отложений в твердую породу, обычно при низком давлении и температуре, в результате дегидратации и уплотнения



Катагенез — осадочные породы претерпевают существенные преобразования, сопровождаемые изменением химико-минералогического состава, строения и физических свойств. Основными факторами преобразования пород являются температура, давление, вода, растворенные в ней соли и газообразные компоненты. Направленность и интенсивность преобразований в значительной степени определяются составом и физическими свойствами пород.

В процессе катагенеза происходит уплотнение пород, их обезвоживание, растворение неустойчивых соединений, а также перекристаллизация и образование новых минералов.

**Метагенез** — происходит максимальное уплотнение осадочных пород, меняется их минеральный состав, структура. Преобразование пород происходит под влиянием тех же факторов, что и при катагенезе, но температура более высокая (200—300°C), выше минерализация и газонасыщенность вод. Изменение структуры пород проявляется в укрупнении размера зерен, в упорядочении их ориентировки, перекристаллизации с исчезновением фаунистических остатков. Завершается стадия метагенеза переходом осадочных пород в метаморфические.

## Минеральный состав горной породы

- **Главные** породообразующие минералы (более 5% в горной породе)

- **Второстепенные** минералы (менее 5% в горной породе)

- **Первичные минералы** – формируются в процессе образования горной породы

- **Вторичные минералы** – образуются в процессе изменения уже образованных горных пород, развиваясь по первичным минералам.

## Химический состав горной породы

- Выражается в процентном соотношении главных породообразующих оксидов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ .

# Внутреннее строение горной породы определяет её

- **Текстуру** - характер размещения минеральных зёрен и их ориентировка в горной породе
- **Структуру** – особенности внутреннего строения горной породы, связанные со степенью кристалличности и относительного размера минералов (размер, форма минералов).

# ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

## *Региональный метаморфизм*

Этот тип метаморфизма охватывает огромные пространства. Он проявляется в совместном воздействии на горные породы высоких давлений и температур (в пределах 360-1000°C).

Для этого вида метаморфизма характерно образование таких минералов, как кварц, полевые шпаты, слюда, гранаты, турмалин, роговая обманка, эпидот, корунд, апатит, хлорит, магнетит, графит, которые входят в состав образующихся в этих условиях различных метаморфических пород (гнейсы, кристаллические и метаморфические сланцы и т.д.).

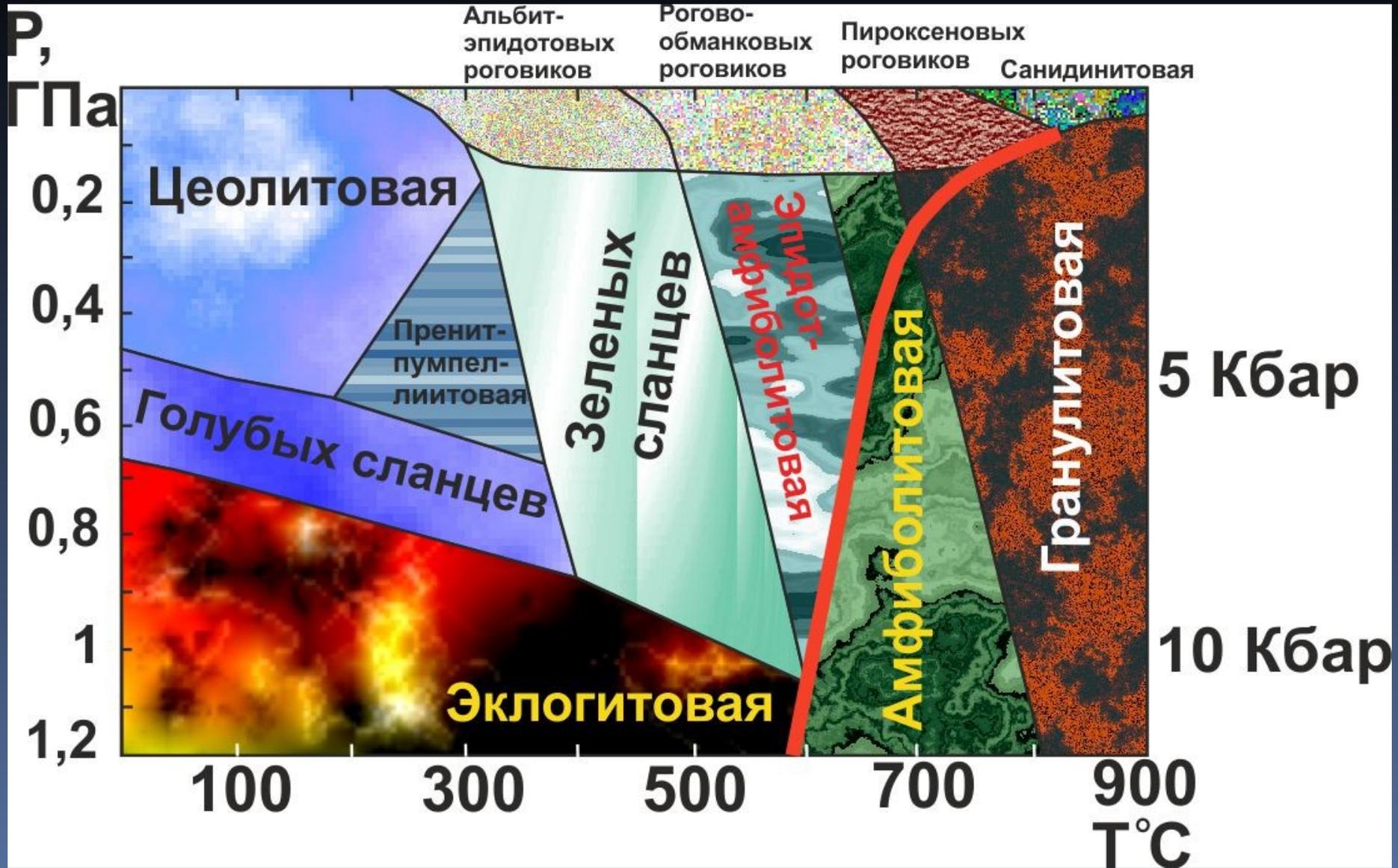
# При метаморфизме меняется:

- Структура
- Текстура
- Минеральный состав
  
- Химический состав остается практически без изменений!

# Метаморфическая фация –

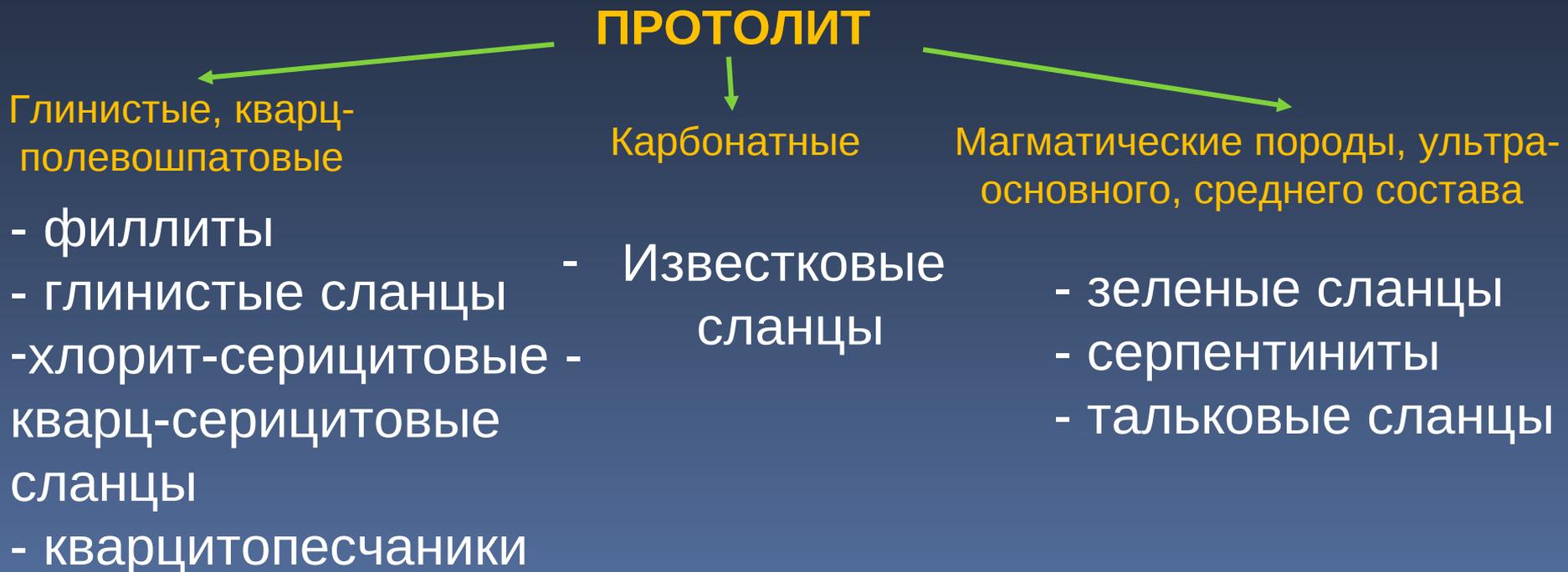
совокупность горных пород, претерпевших метаморфизм в близких термодинамических условиях и вследствие этого обладающих типичными для данных условий стабильными парагенезисами минералов.

# ФАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА



# Фа́ция зеленых сланцев (зеленосланцевая)

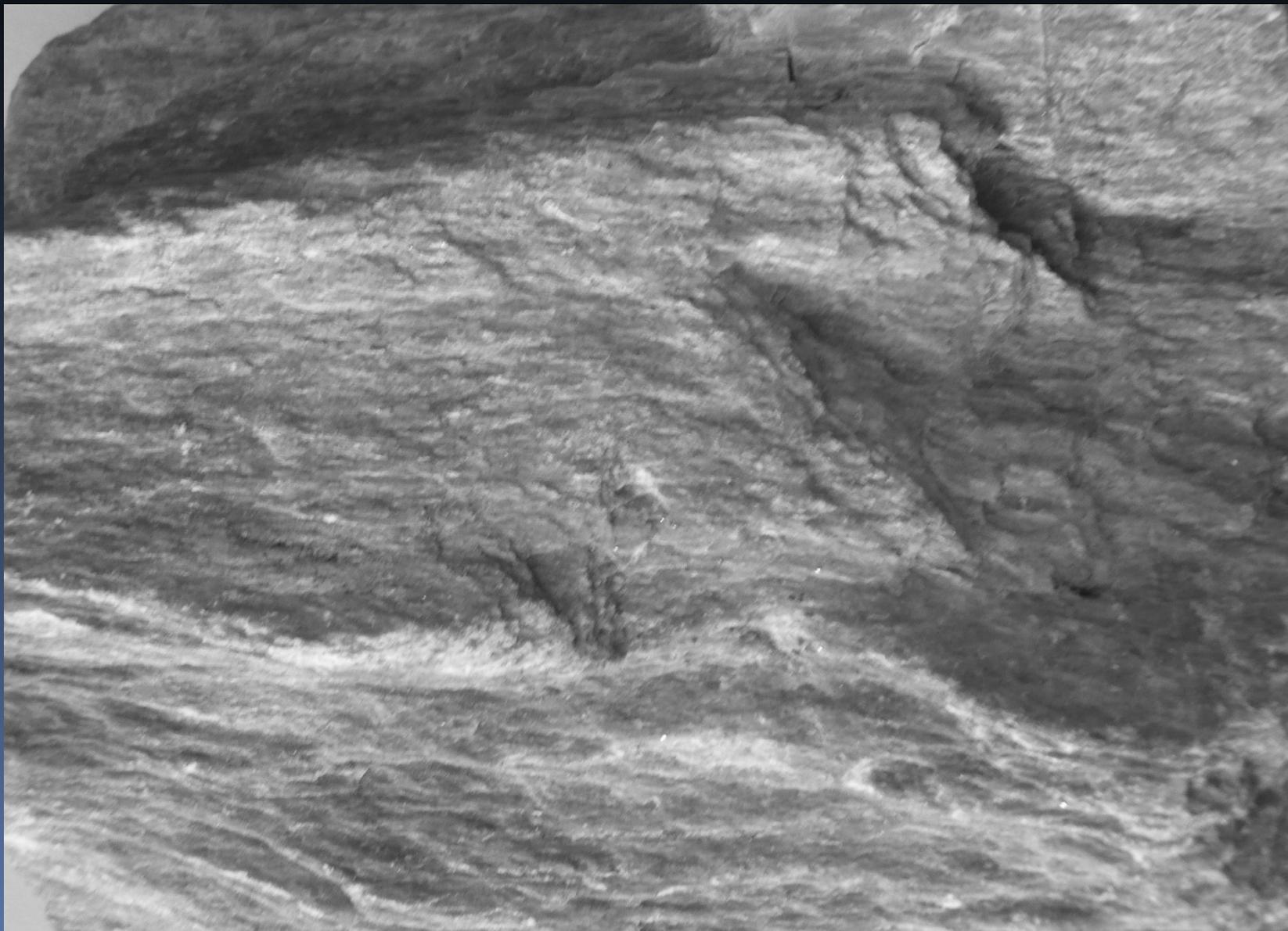
- Самая низкотемпературная ступень регионального метаморфизма. Интервал температур 250-550 °С при давлении от 1,5 до 3-4 кбар. Широко проявлены минералы зеленого цвета: хлорит, эпидот, актинолит, серпентин)



# Графитовый сланец

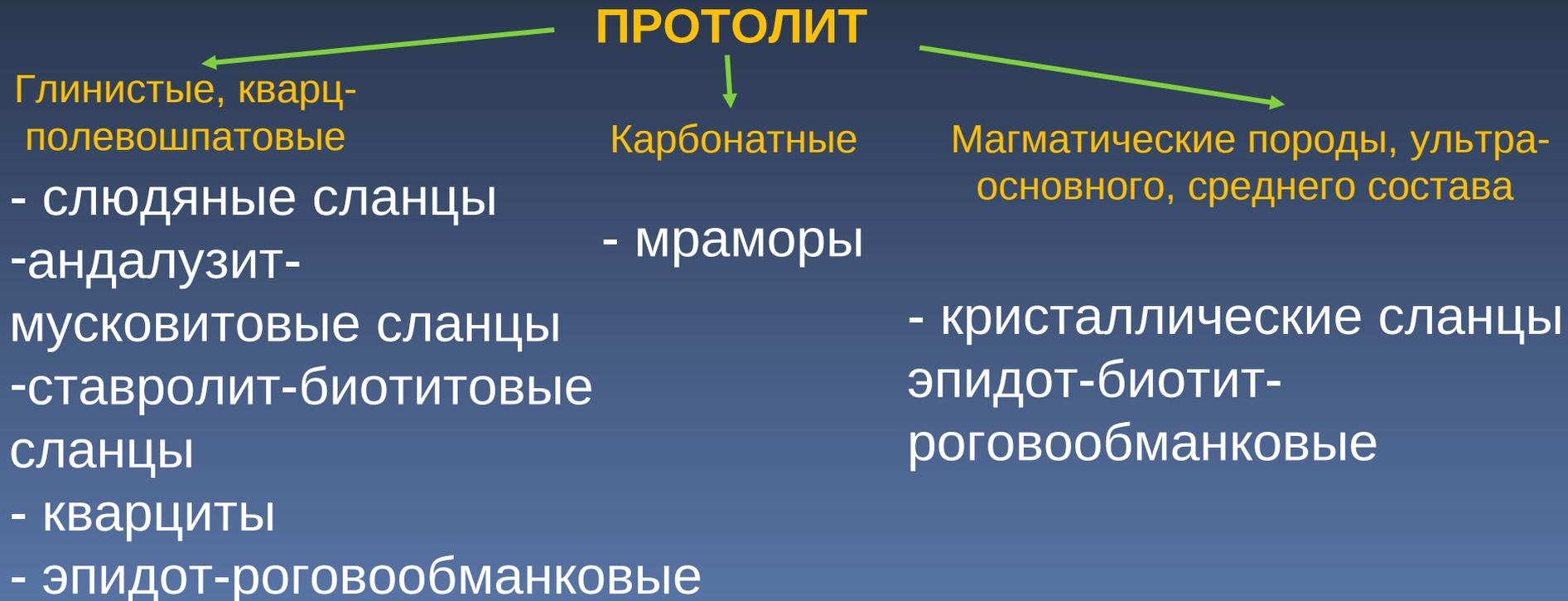


# Тальковый сланец



## Эпидот-амфиболитовая фация

- Более высокотемпературная ступень прогрессивного метаморфизма, ( $T=500-650\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 3,5-6 кбар). Происходит замещение низкотемпературных минералов – роговой обманкой (актинолит, тремолит), биотит, эпидот в ассоциации с олигоклазом.





**Двуслюдяной сланец**



**Кристаллический сланец**



**Кварцит**



**Железистый кварцит**

# Амфиболитовая фация

- для пород этой фации характерно появление натриево-калиевых полевых шпатов, кордиерита, биотита, роговой обманки, граната (альмандин).

$T=600-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4-8\text{ кбар}$ .

## ПРОТОЛИТ

← Глинистые, кварц-полевошпатовые

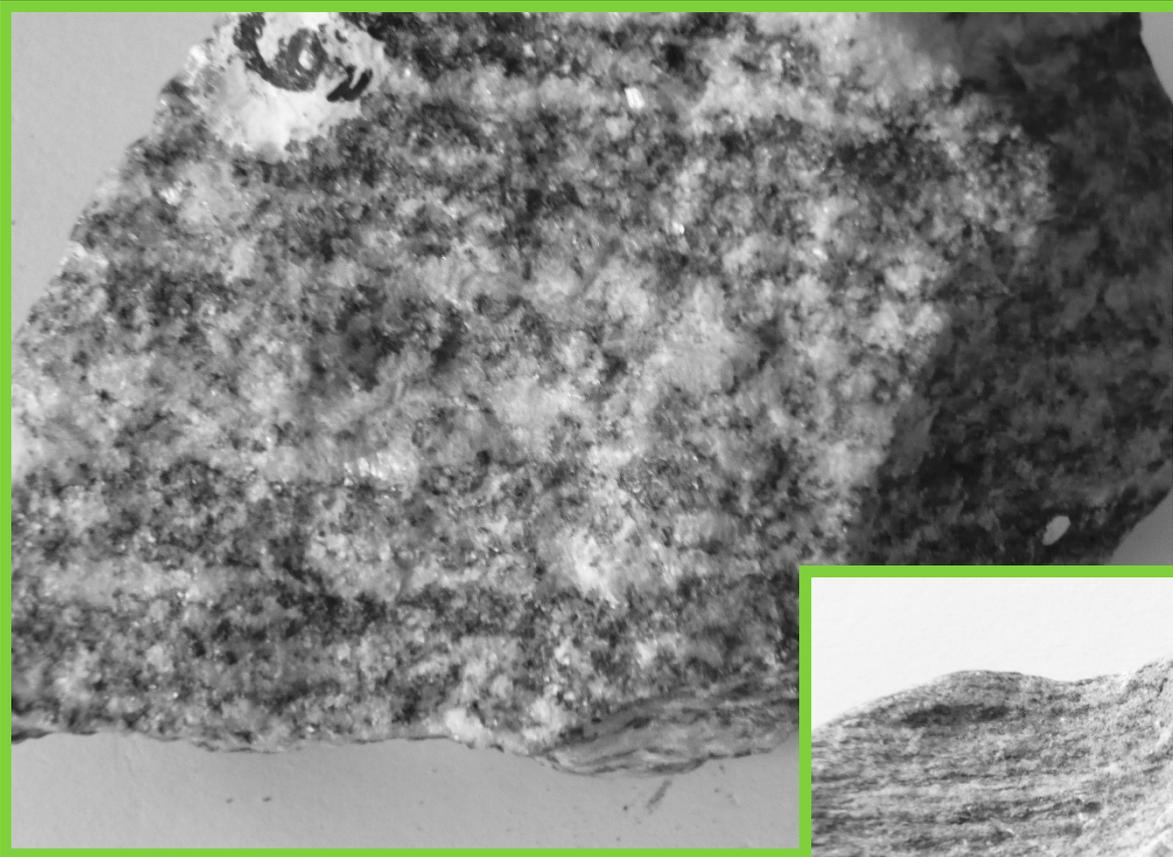
↓ Карбонатные

→ Магматические породы, ультраосновного, среднего состава

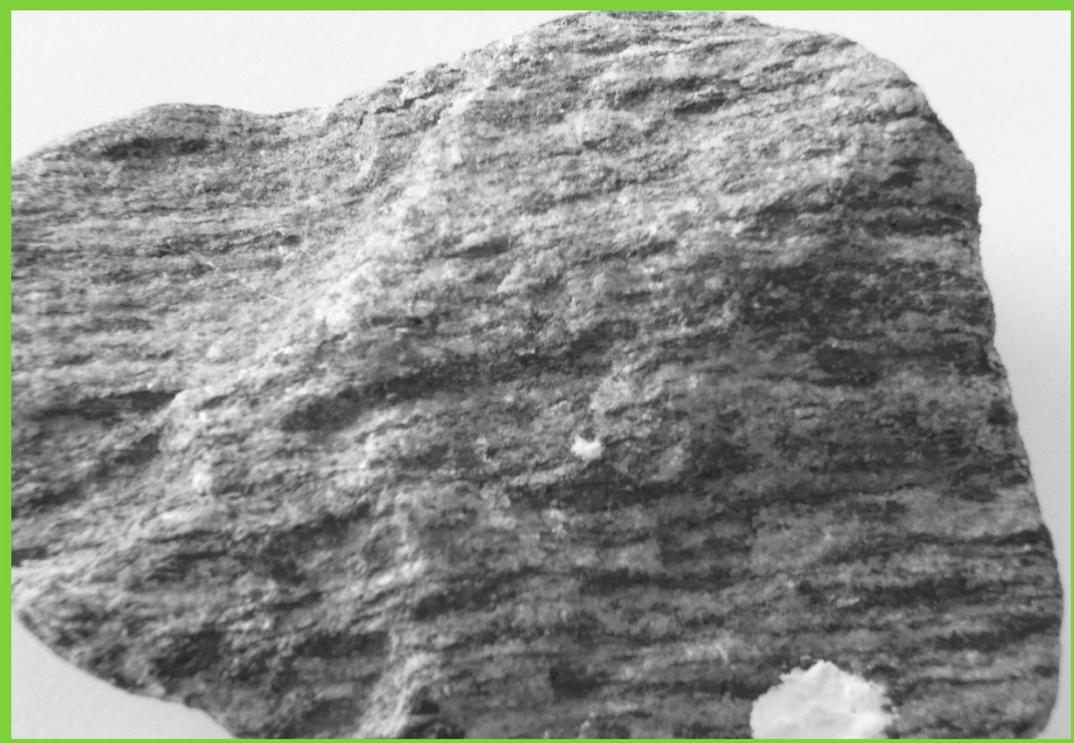
- Парагнейсы биотит-силлиманитовые с гранатом  
- биотит-роговообманковые гнейсы

- Мраморы

- ортогнейсы  
- Кристаллические сланцы  
- амфиболиты  
- гранатовые амфиболиты



Гнейс





амфиболит

# Гранулитовая фация

- Отличается более интенсивными параметрами метаморфизма -  $T=750-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P=6-11\text{ кбар}$ .

Породы данной фации практически полностью лишены воды, практически нет гидроокислов.

Характерна полосчатое строение. Минералы (пироксен, кордиерит, крупные выделения кварца, силлиманит, гранат)

## ПРОТОЛИТ



Глинистые, кварц-  
полевошпатовые

- кислые гранулиты
- гранатовые гнейсы
- биотит-гранат-  
пироксеновые гнейсы



Карбонатные

- мраморы
- кальцифиры



Магматические породы, ультра-  
основного, среднего состава

- основные гранулиты
- пироксеновые
- кристаллосланцы
- роговообманково-  
пироксеновые
- кристаллосланцы

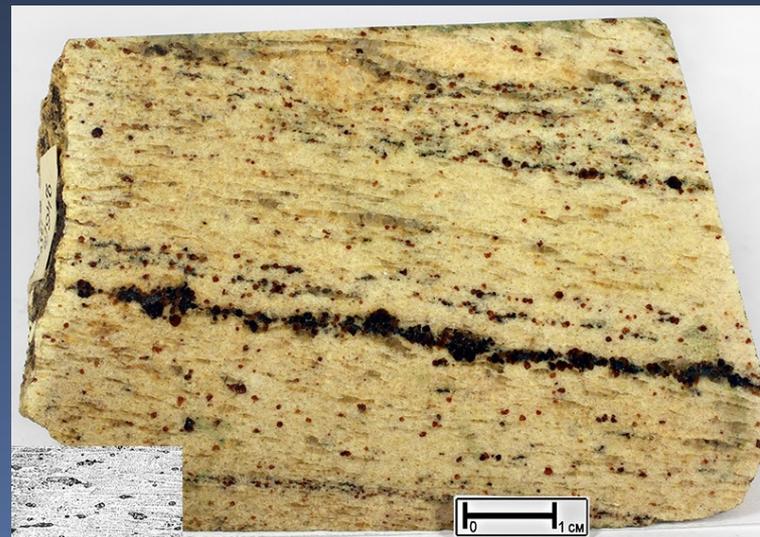
Гранат-биотитовый гранулит



Гранулит пироксен-плагиоклазовый



Кальцифир



Гранулит кианит-гранатовый

## Эклогитовая фацция фацция

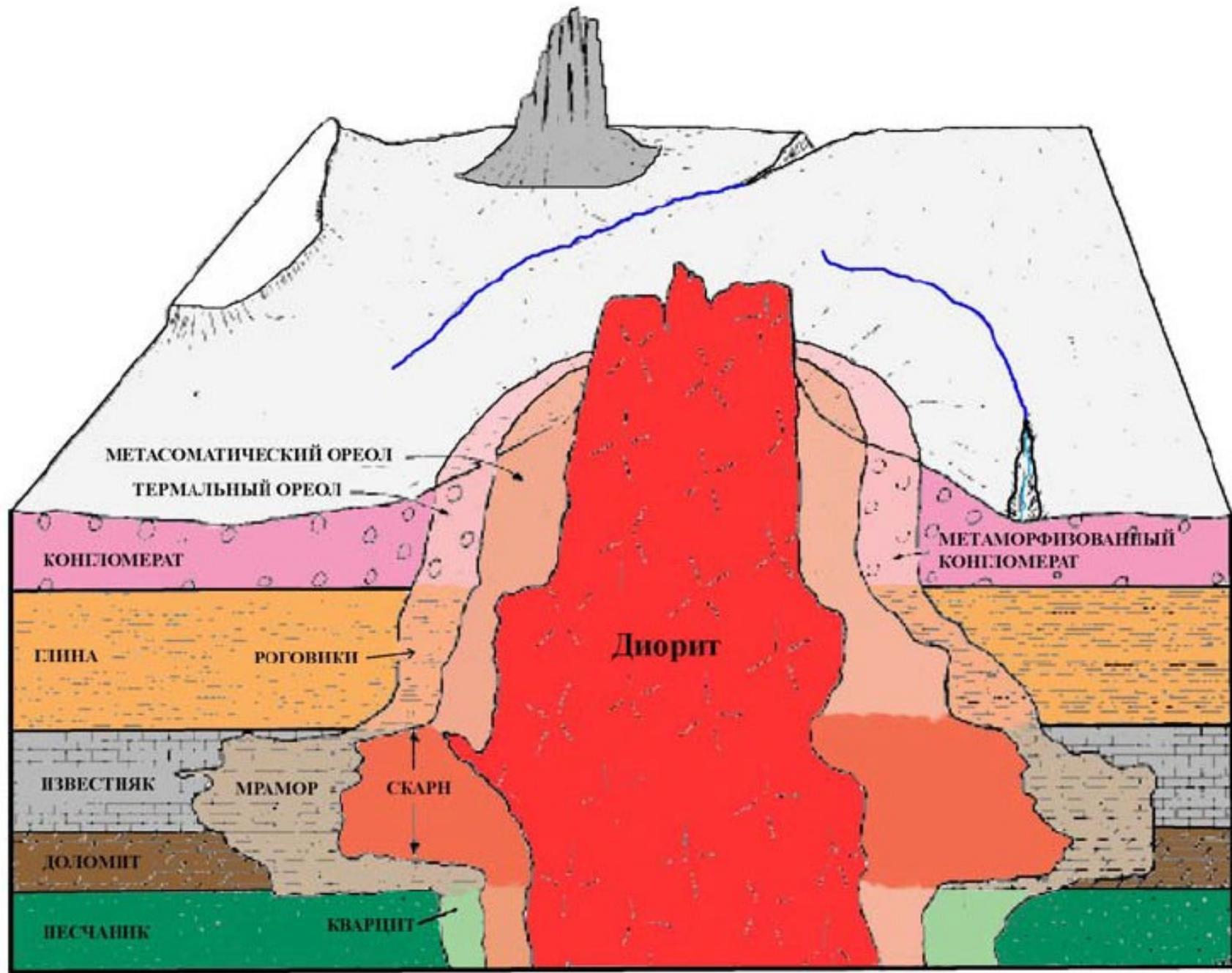
- Эклогитовая фацция занимает несколько обособленное положение среди других фацций.

Породы этой фацции имеют основной и ультраосновной состав; характерные минералы — омфацит (диопсид, содержащий  $\text{Na}_2\text{O}$ ) и гранат с высоким содержанием пироповой составляющей.

В качестве второстепенных минералов могут присутствовать калиевый полевой шпат, кварц, кианит, рутил. Породы эклогитовой фацции образуются за счет метаморфизма габбро, перидотитов, дунитов.  $T = 850\text{--}1\ 000^\circ\text{C}$ ,  $P$  — свыше 14 кбар.

## **Контактовый метаморфизм:**

Этот тип метаморфизма отмечается в зонах контакта внедряющихся в земную кору расплавленных магматических масс и вмещающих твердых пород. Здесь происходит воздействие как тепла от магмы на вмещающие породы, так и воздействие на них газов и растворов, выделяемых с магмой, которые, с удалением от контакта, будут главной причиной перекристаллизации пород, возникновения новых минералов.



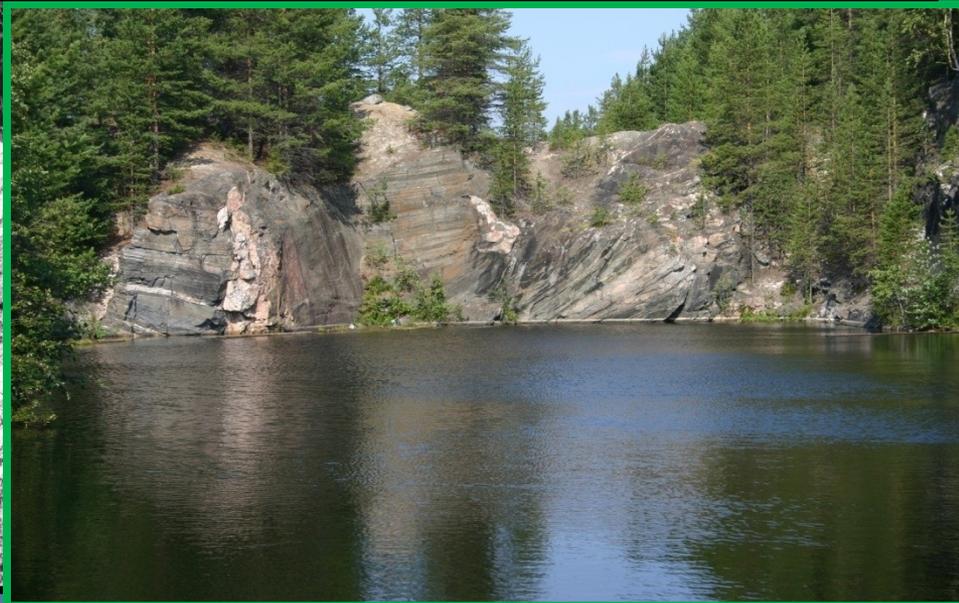
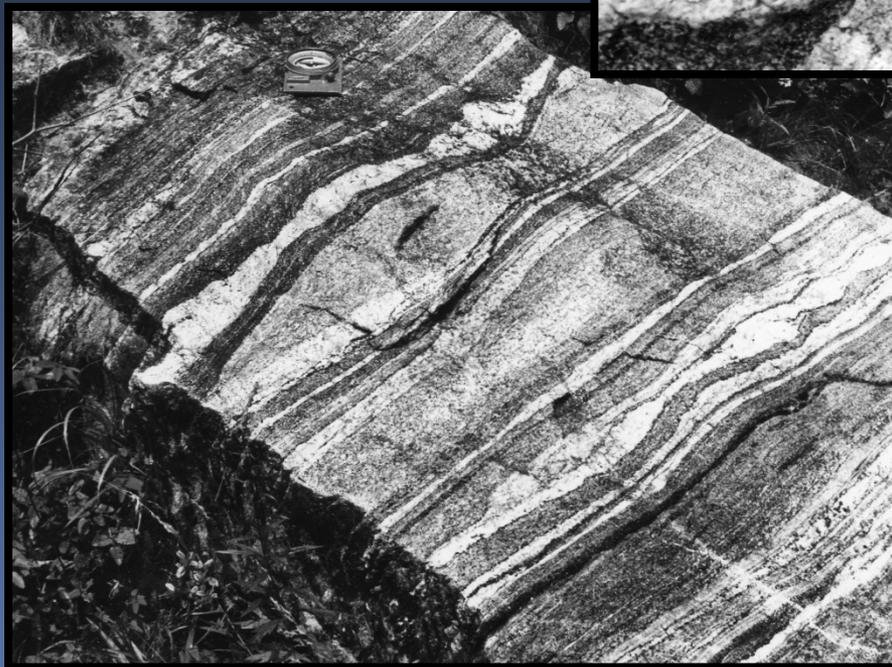
← уменьшение тепла →

Палингенез — образование магмы (главным



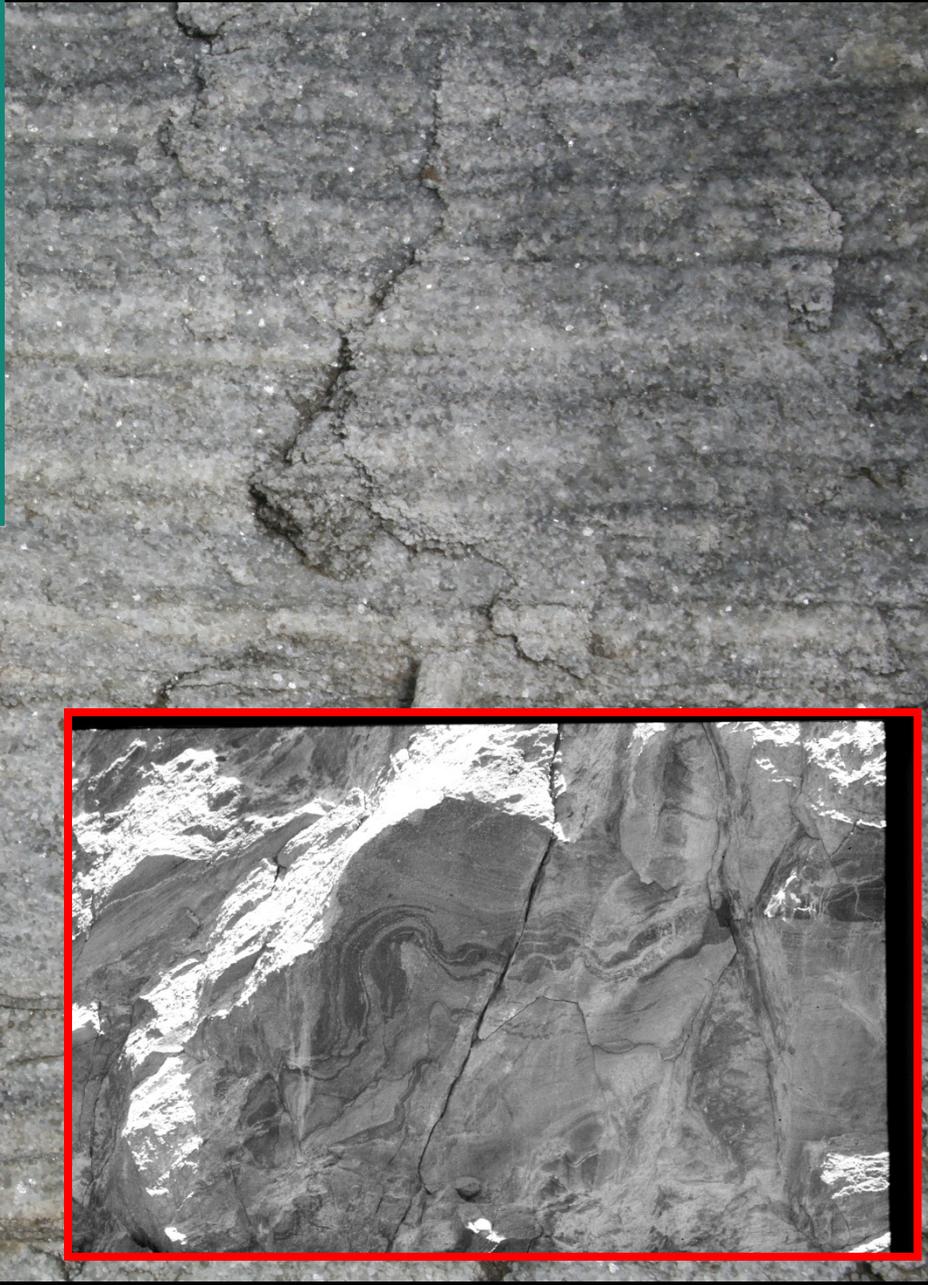
вещества, пропитанного гранитным веществом образовавшееся в результате метаморфизма

# Ультра- метаморфизм



# Ультраметаморфизм





**Динамический (динамометаморфизм или дислокационный) метаморфизм** протекает в условиях повышенного давления при относительно низкой температуре (точнее при отсутствии избыточного по сравнению с нормальным геотермическим градиентом теплового потока). Главным регулирующим фактором образования метаморфических пород является повышение давления. Такой метаморфизм связан с зонами тектонических деформаций (смятия, разломов). Интенсивность метаморфических преобразований возрастает по мере нарастания интенсивности тектонических напряжений.

## **ПОРОДЫ ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМА**

**КАТАКЛАЗИТЫ      МИЛОНИТЫ      БЛАСТОМИЛОНИТЫ**  
**ТЕКТОНИЧЕСКИЕ БРЕКЧИИ**  
**ГЛИНКИ ТРЕНИЯ**

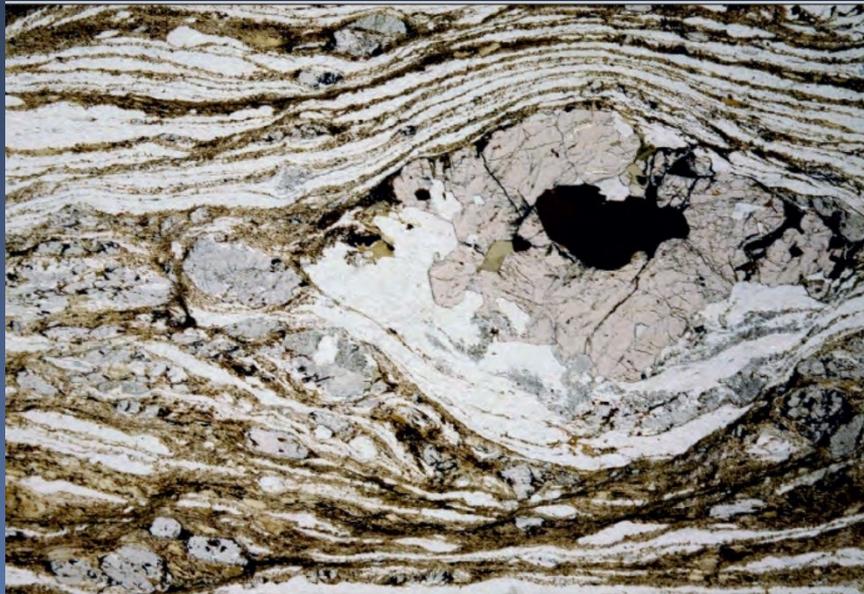
**Катаклазит** — порода не претерпевшая перекристаллизации и минералообразования. Внутреннее строение характеризуется присутствием сильно деформированных, изогнутых, раздробленных зерен минералов и часто наличием мелкогранулированной полиминеральной связующей массы (цемента)

**Милонит** - раздробленная, тонкоперетертая горная порода, образовавшаяся в процессе движения горных масс по зоне разрывов. В условиях сильного давления происходит дробление и перетирание горных пород. В отличие от катаклаза, милонитизация представляет собой конечную стадию дробления горной породы до частиц микроскопического размера.



## **БЛАСТОМИЛОНИТ**

- тектонобластическая метаморфическая горная порода, в которой наблюдаются глубокая деформация и раздробление, с одной стороны, и перекристаллизация и новообразования, с другой. При этом милонитовая структура претерпевает собирательную перекристаллизацию, переходя в бластомилонитовую, при которой слюда, распыленная в процессе милонитизации, концентрируется в более крупные листочки, образуя участки порфиробластовой структуры. Местами кварц вырастает в более крупные зерна — порфиробласты.



**Импактный (ударный) метаморфизм** — процесс преобразования структуры и минерального состава горных пород в результате падения крупных метеоритов на поверхность Земли. Не имеет никаких генетических связей со всеми остальными типами метаморфизма.



Чашеобразные кратеры Maskelyne и Carmichael, достигающие уровня коренных пород

В результате образуются импактиты:

- ТАГАМИТЫ
- ЗЮВИТЫ

<http://bourabai.kz/impact09.htm>

# Полосчатость и сланцеватость



# Б у д и н ы



# Складки в метаморфических породах



# СТРУКТУРЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

- кристаллобластовые
- катакластические
- реликтовые

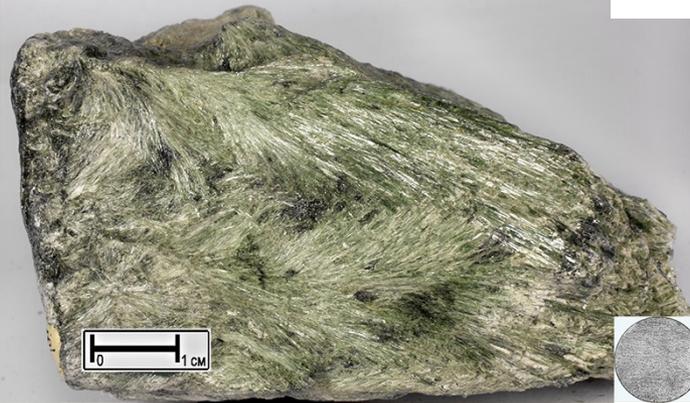
Лепидобластова



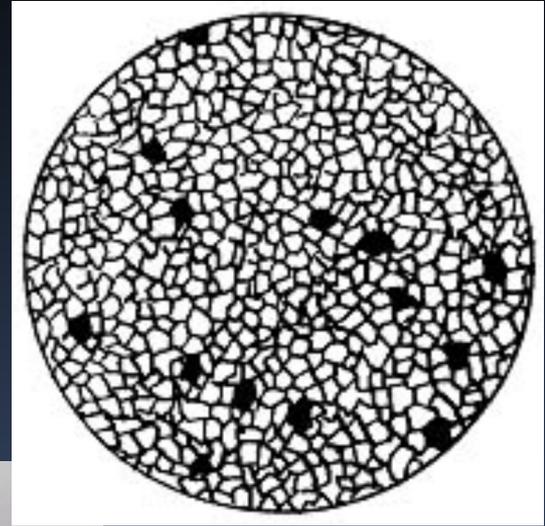
Порфиробластова



Нематобластова



Гранобластова

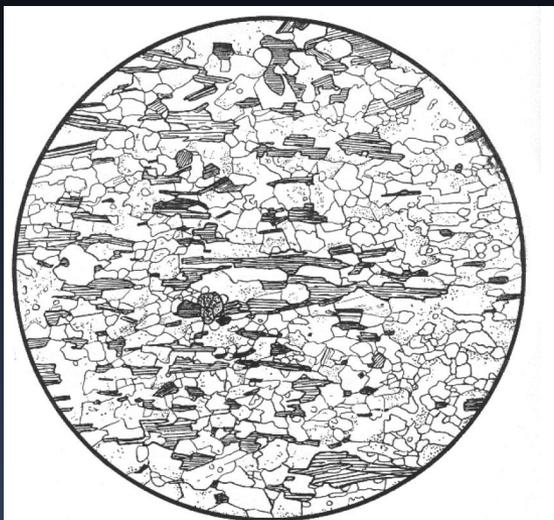


Пойкилобластова



# СТРУКТУРЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

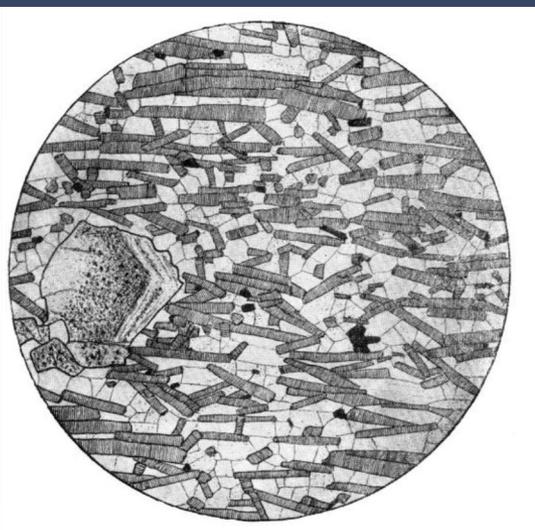
## ЛЕПИДОБЛАСТОВАЯ



Слюдяной сланец



## НЕМАТОБЛАСТОВАЯ



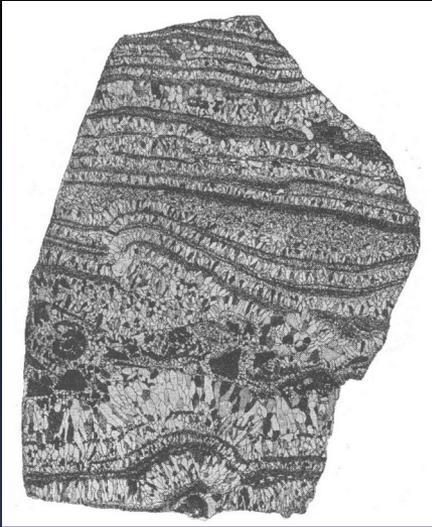
## ФИБРОБЛАСТОВАЯ



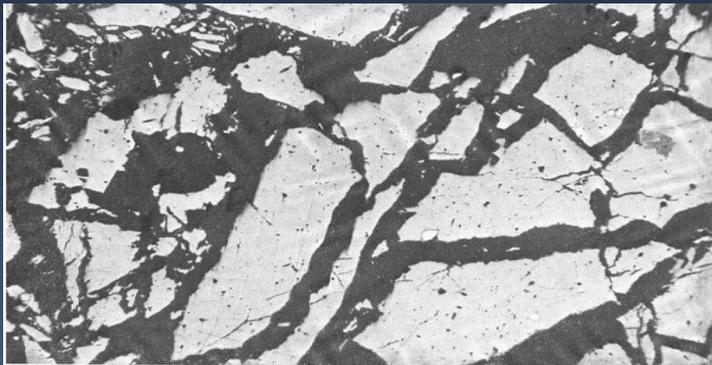
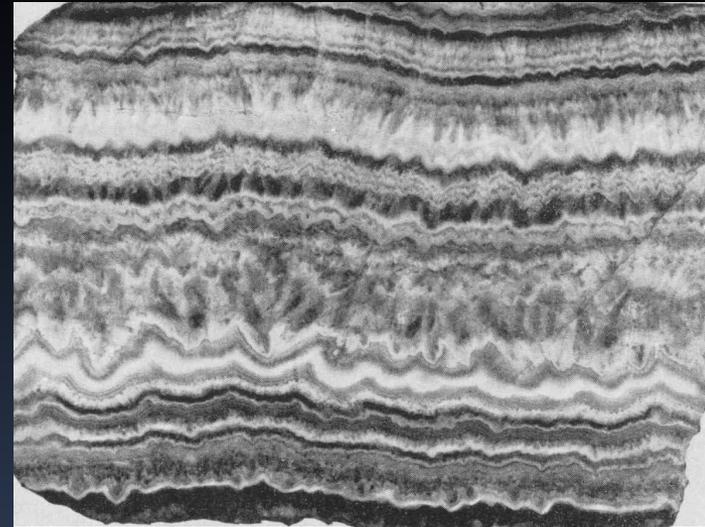
<http://rockref.vsegei.ru/>



# КРУСТИФИКАЦИОННАЯ (ОБРАСТАНИЯ)



Обрастание  
кварцем  
флюорита

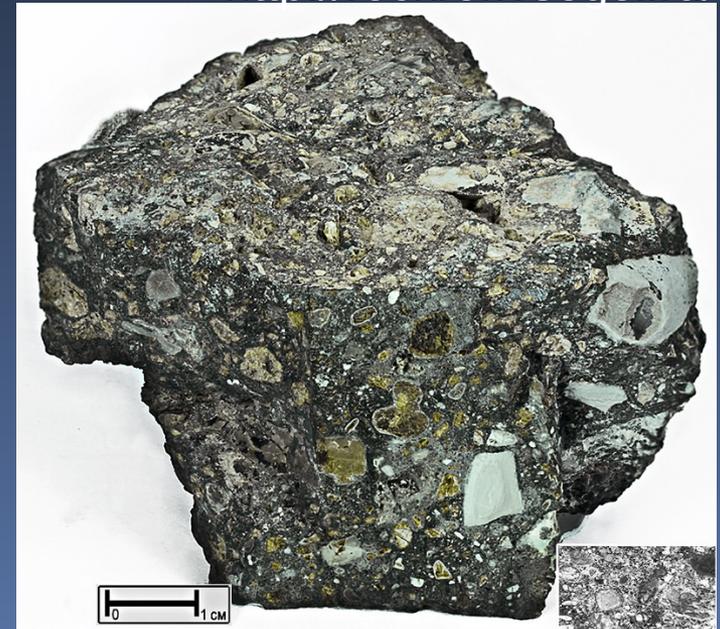


Катакластические  
структуры



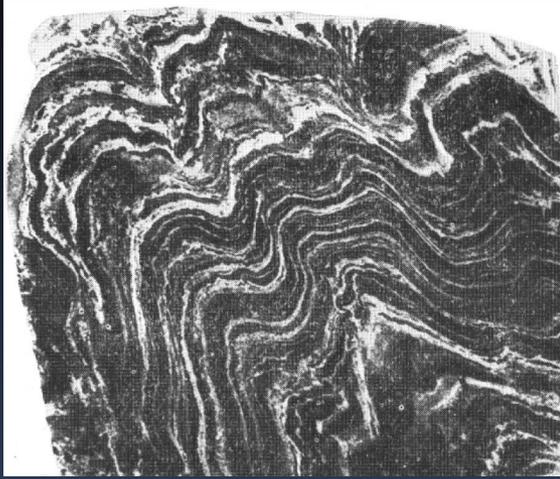
Тектоническая  
брекчия

<http://rockref.vsegei.ru/>



# ТЕКСТУРЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

ПЛОЙЧАТАЯ

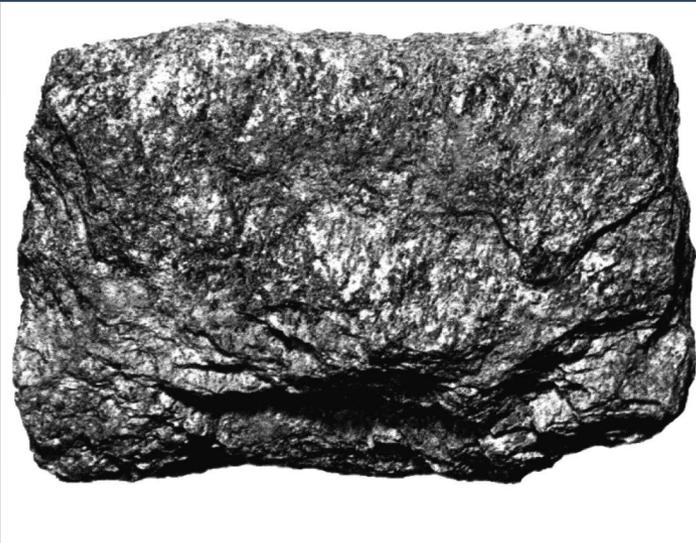


Кристаллический сланец

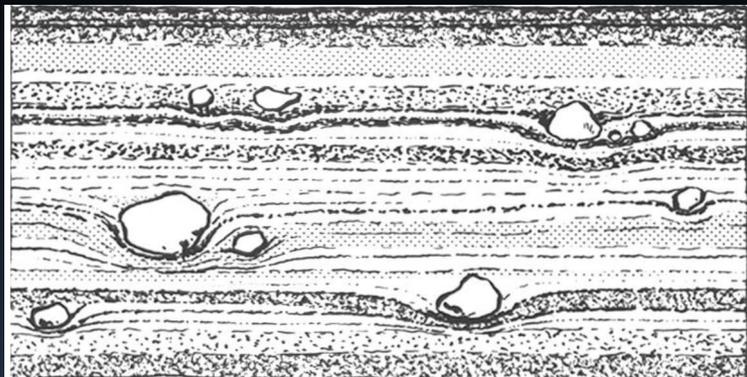
<http://rockref.vsegei.ru/>



СЛАНЦЕВАТАЯ



ОЧКОВАЯ



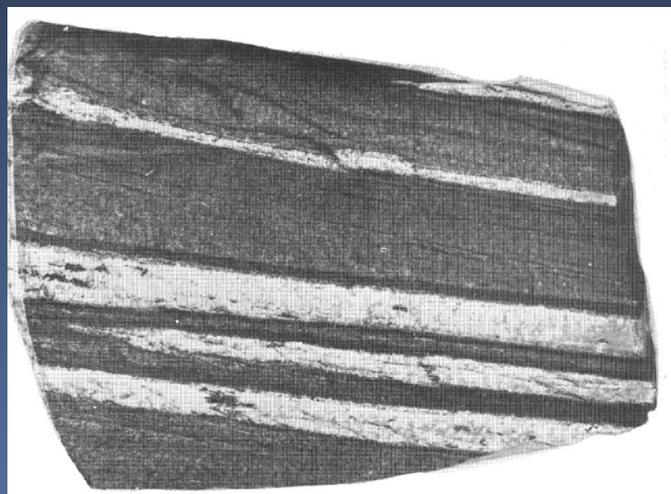
Гнейс гранат-биотитовый



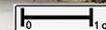
<http://rockref.vsegei.ru/>



ПОЛОСЧАТАЯ



<http://rockref.vsegei.ru/>



**Метасоматоз** — МЕТАСОМАТИЗМ – химические процессы замещения одних минералов и горных пород другими в результате действия циркулирующих в земной коре растворов. Главной отличительной особенностью метасоматоза является изменение не только минерального состава горных пород, но и химического

### **Примеры метасоматитов :**

ПРОПИЛИТЫ

ГРЕЙЗЕНЫ

БЕРЕЗИТЫ

ВТОРИЧНЫЕ КВАРЦИТЫ

ЛИСТВЕНИТЫ

КАЛИШПАТОЛИТЫ

АЛЬБИТИТЫ

ИЗВЕСТКОВЫЕ И МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ

1. К какому типу метаморфизма можно отнести скарны?
2. Что является ключевым фактором при дислокационном метаморфизме?
3. К какому типу метаморфизма относятся тагамиты?
4. Порфиробластовая это структура или текстура?
5. Что такое метаморфическая фация?
6. Что такое протолит?

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

