

# МЕТАБАЗИТЫ



## Различия по химизму петрохимических групп метаморфических пород:

Метаультрамафиты - обогащены Mg, Fe, Ni, Cr

Метабазиты - обогащены Ca, Fe, Mg, Na

Метапелиты - обогащены Al, K, Si

Мраморы (карбонатно-силикатные породы) -  
обогащены Ca, Mg, CO<sub>2</sub>

Кварциты - все ясно.

Кварц-полевошпатовые породы - обогащены Si, Na, Al

## НЕКОТОРЫЕ УСТОЯВШИЕСЯ НАЗВАНИЯ ПОРОД ИЗ ЧИСЛА МЕТАБАЗИТОВ:

**Амфиболит** – порода средних и высоких ступеней метаморфизма, сложенная преимущественно Са амфиболом и плагиоклазом среднего состава.

**Эклогит** – бесплагиоклазовая порода, состоящая более чем на 75 % из породообразующих минералов омфацита и граната.

**Зеленый сланец** – общий термин для низкотемпературных сланцеватых пород зеленого цвета, в состав которых входят хлорит, эпидот и амфибол актинолит-тремолитового ряда.

**Глаукофановый сланец** – сланцеватая метаморфическая порода высокого давления, содержащая более 50 объемных % глаукофана. Голубой сланец - глаукофановый сланец сине-фиолетового цвета.

## КЛАССИФИКАЦИЯ метаморфических пород на основе протолита:

- **пара**породы (осадочные). Напр., парагнейс, параамфиболит.
- **орто**породы (магматические). Напр., ортогнейс, ортоамфиболит.

При точной информации о протолите и/или петрохимической группе пород используется префикс **мета-**. Например, **мета**габбро, **мета**базит

Возможно множественное название одной и той же породы.  
Например, **амфиболит** - предпочтительное название породы.

**Но:**

амфиболит ~ амфибол-плагиоклазовый гнейс или плагиоклаз-амфиболовый сланец или плагиоклаз-амфиболовый гранофельс ~  
метагаббро ~ ортоамфиболит.



По **химическому составу метабазиты** отличаются от других групп метаморфических пород главным образом тем, что в них:

- $\text{CaO} > 5\%$ ;
- относительно много  $\text{MgO}$  и  $\text{FeO}$ ;
- $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ ;
- $\text{SiO}_2 < 65\%$ .

**Таким образом, в метабазитах всегда присутствуют Са-минералы;  
кварца нет или его содержание не превышает 20%.**

# МИНЕРАЛЫ МЕТАБАЗИТОВ



R061129

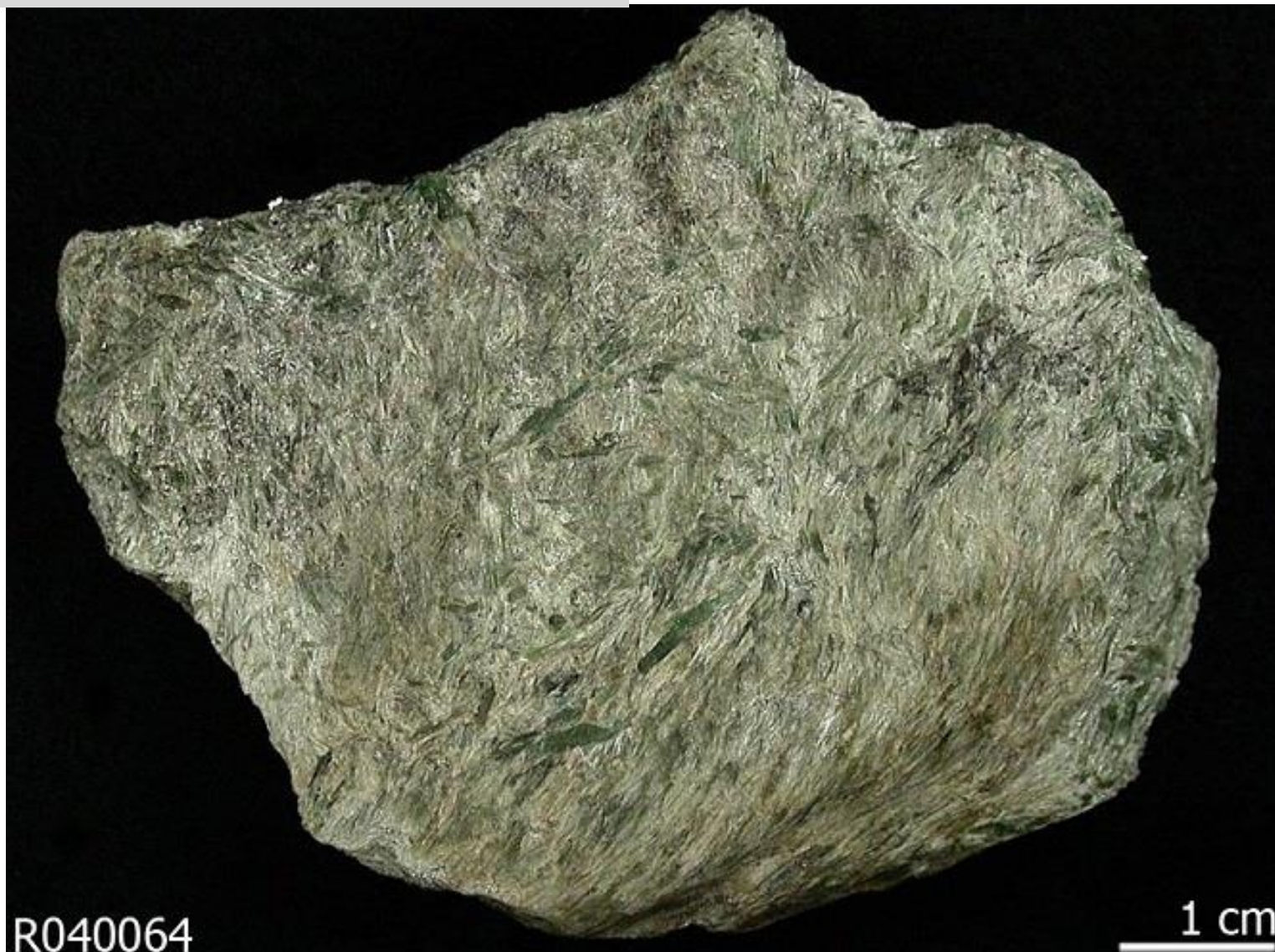
1 mm

Омфацит



**Минералы метабазитов,** некоторые из которых встречаются в магматических породах в виде вторичных минералов

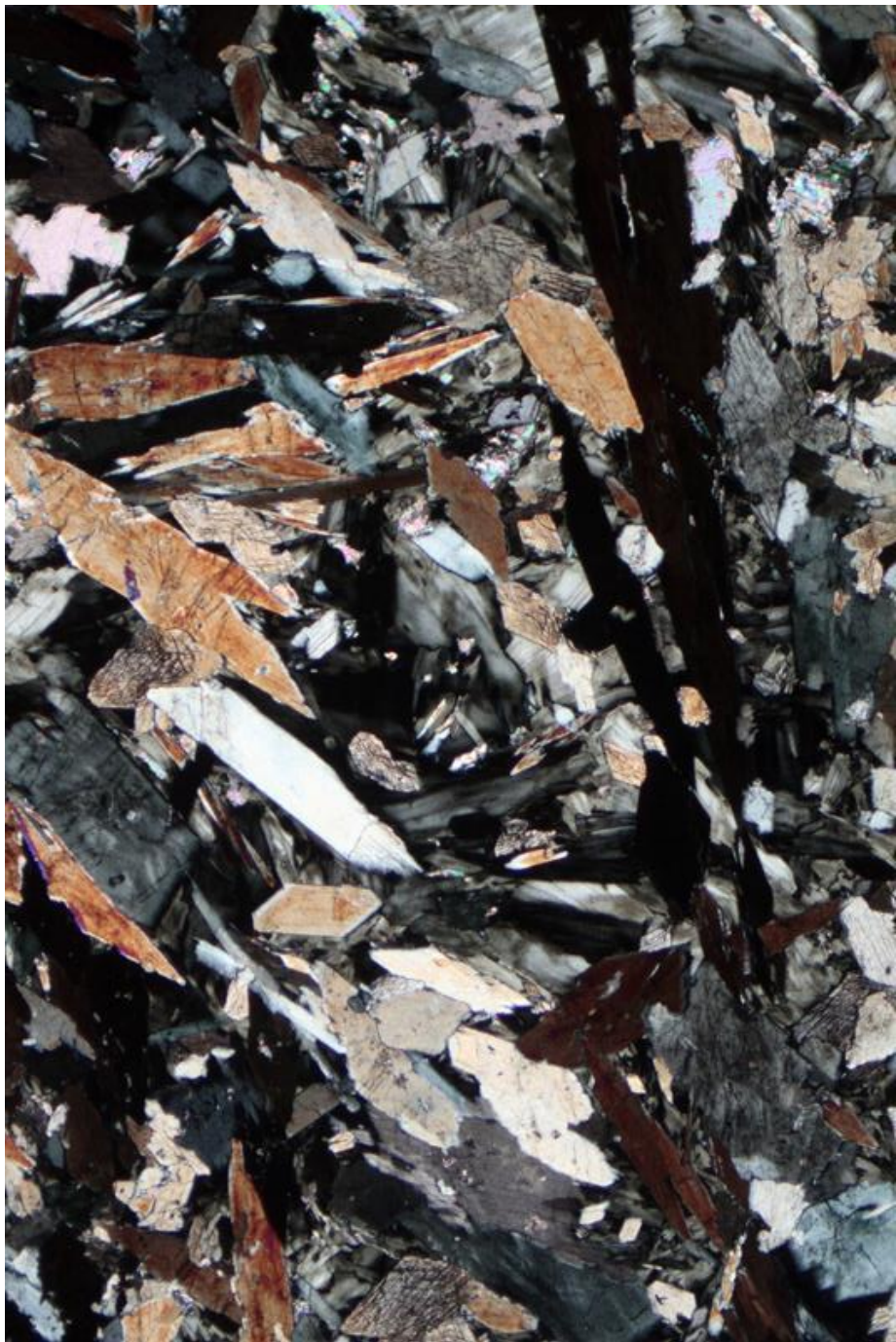
Актинолит -  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH}, \text{F})_2$





**Актинолит**

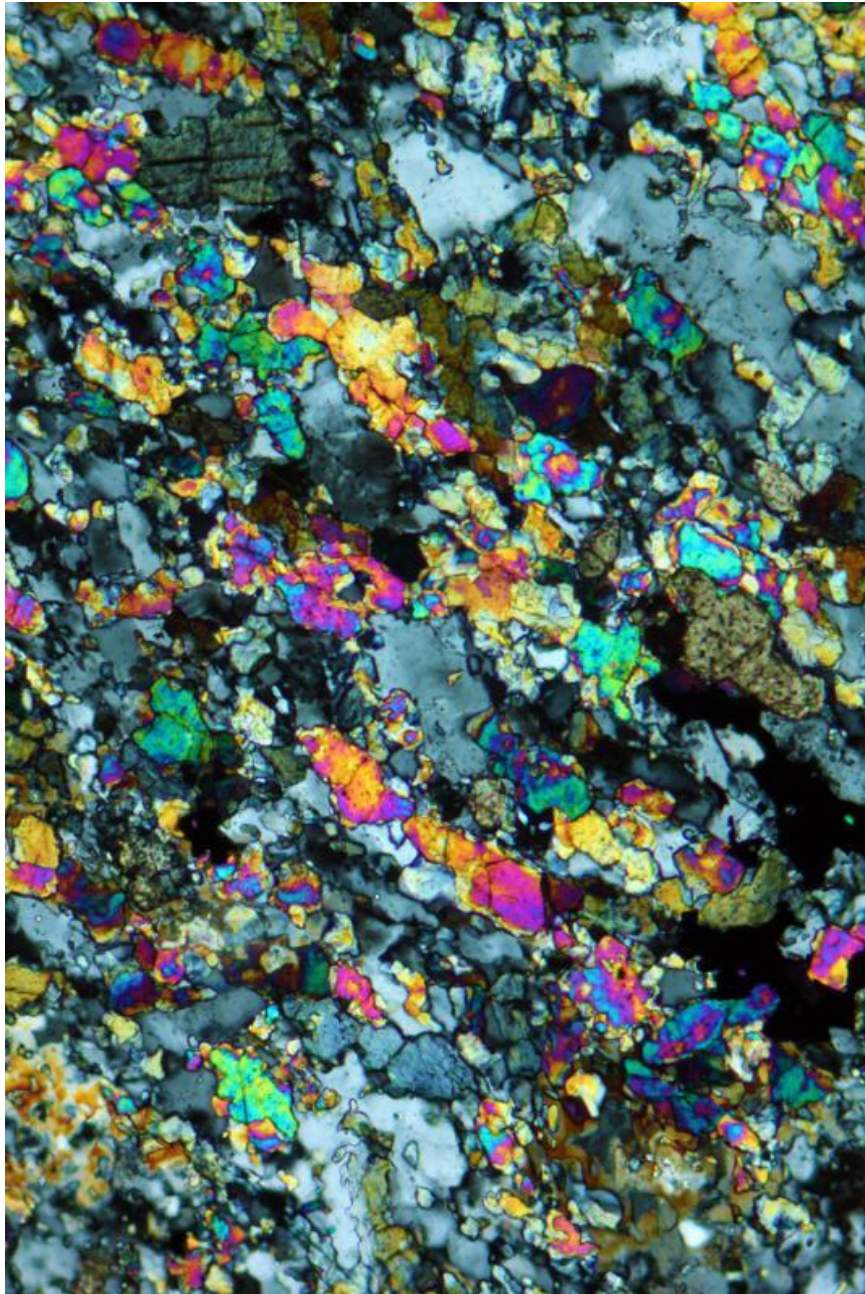




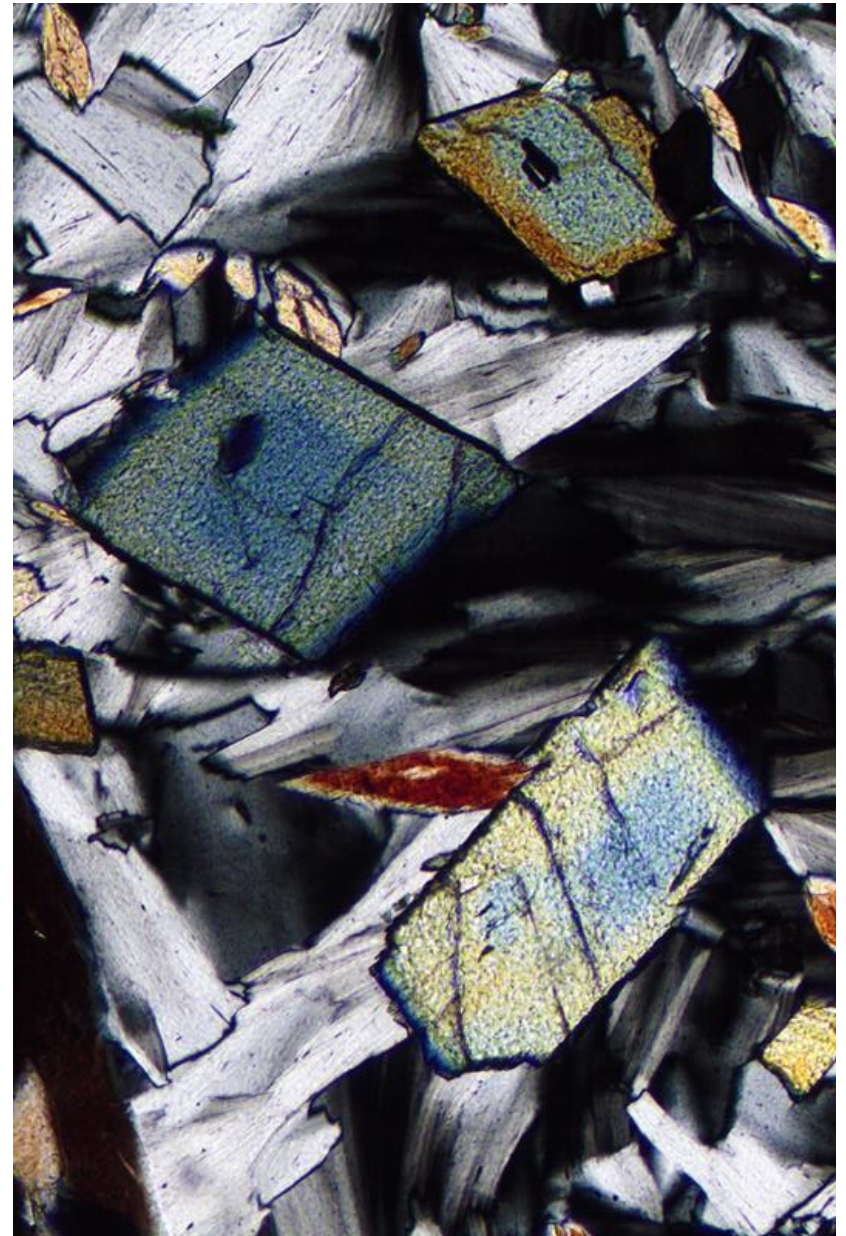
**АКТИНОЛИТ**



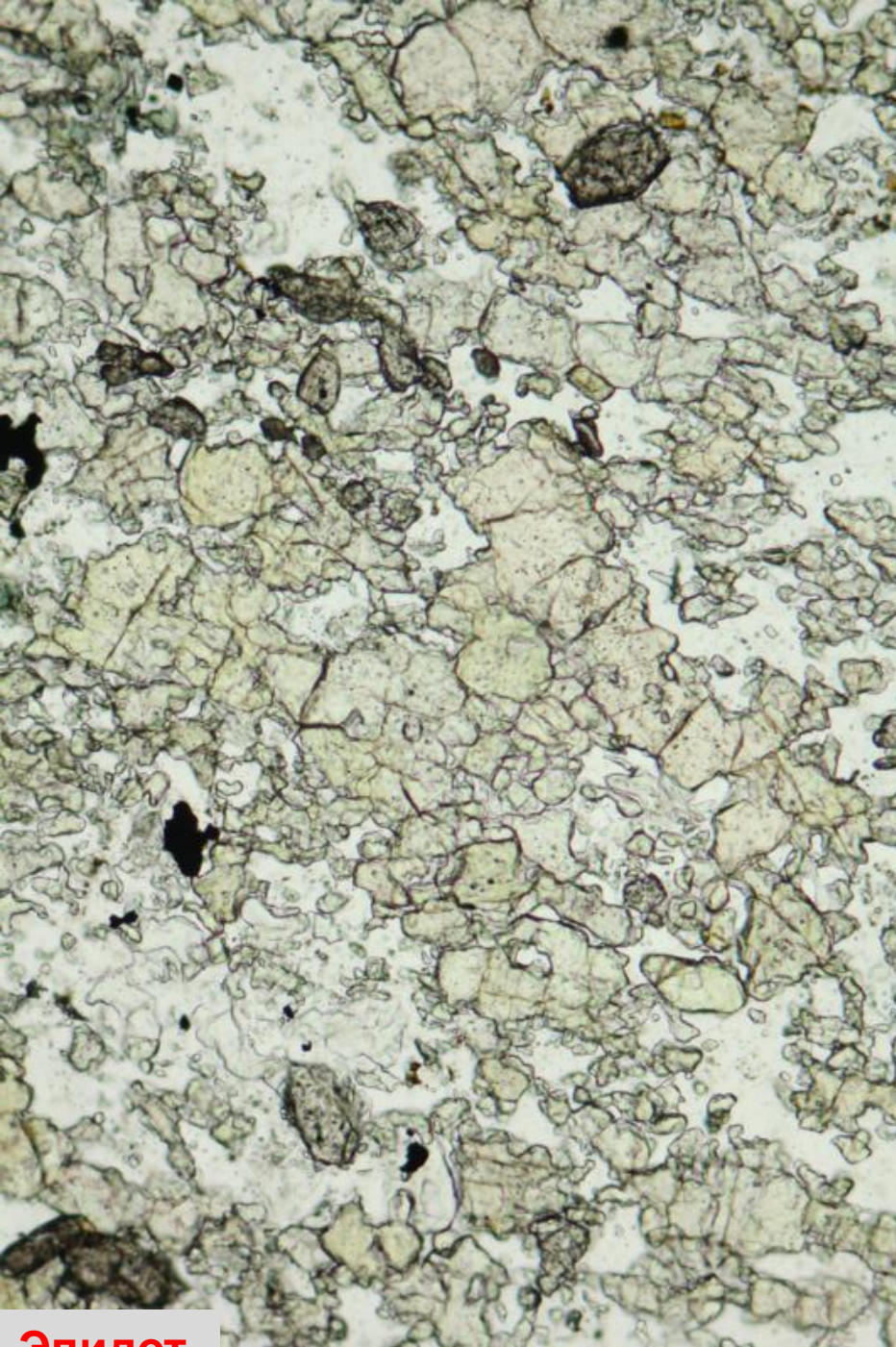
Эпидот -  $\text{Ca}_2(\text{Fe,Al})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$



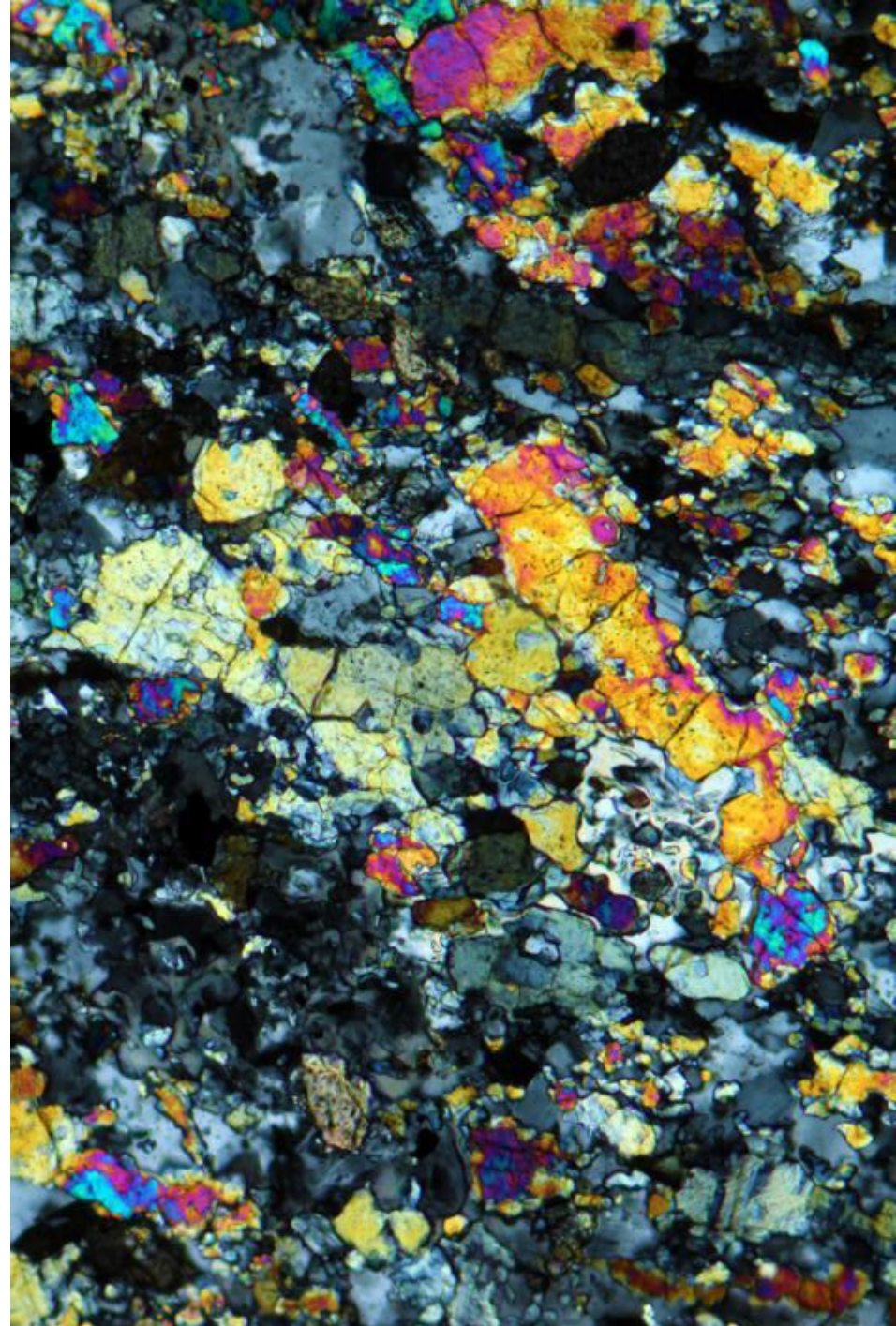
Цоизит -  $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$



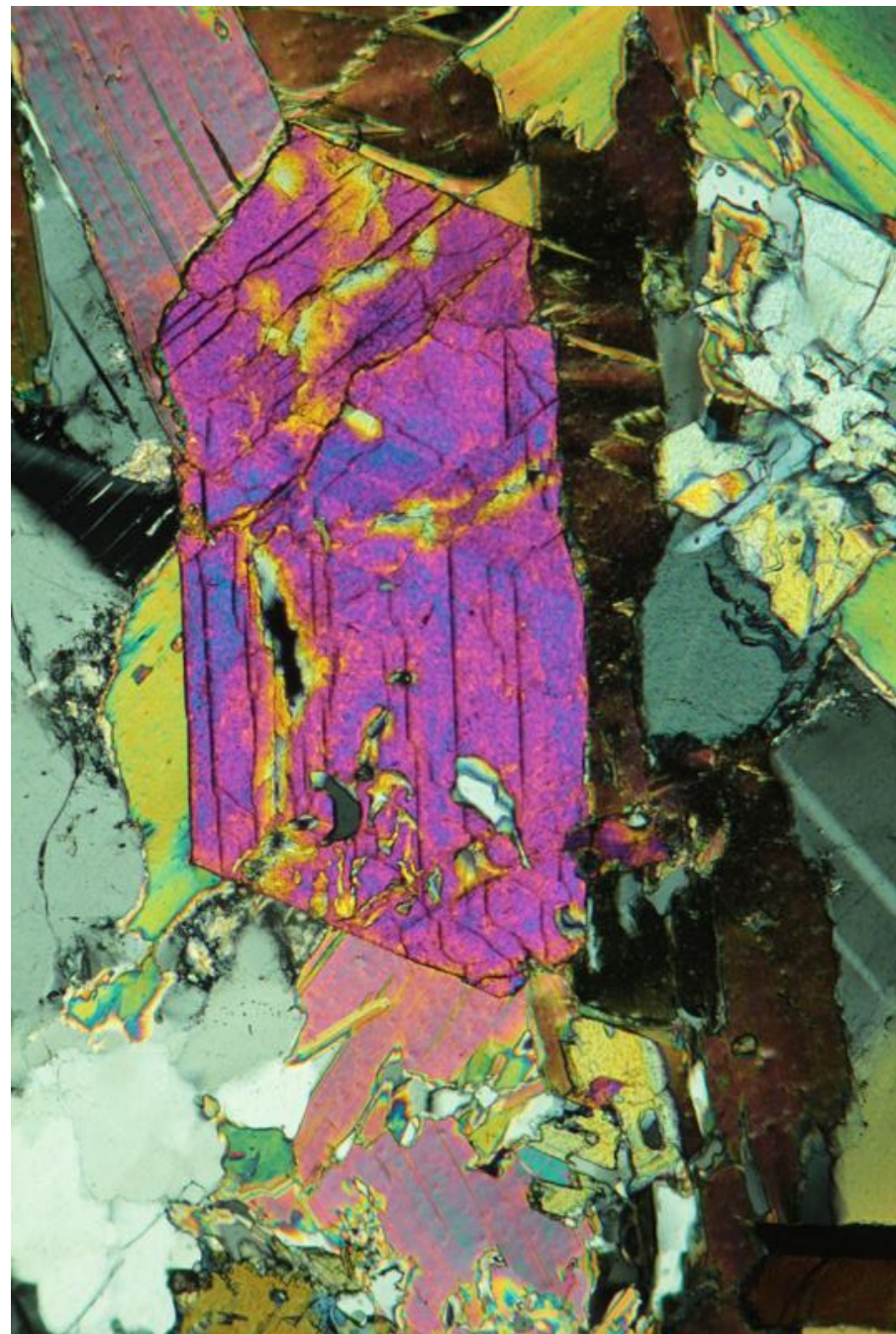




Эпидот



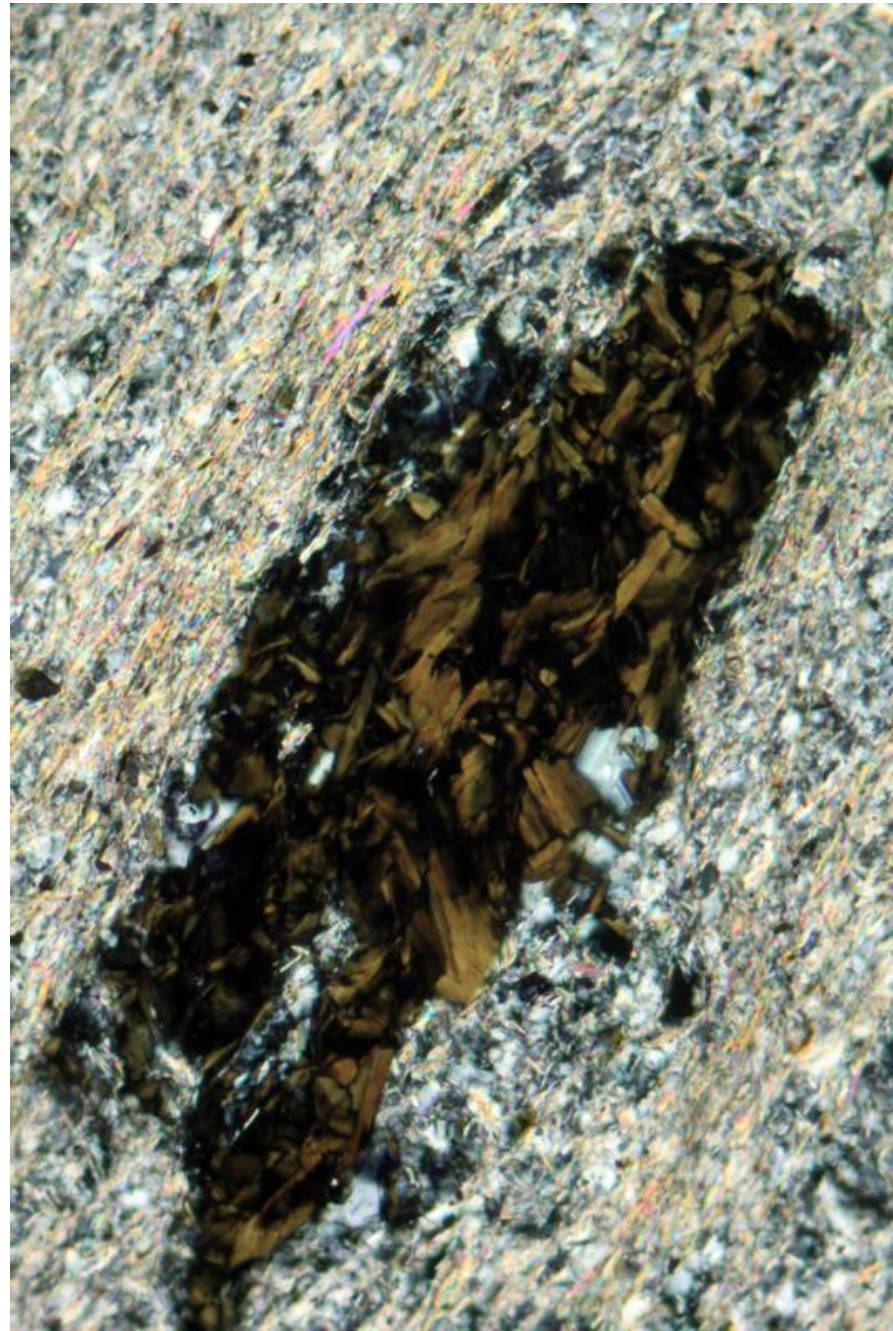




Эпидот



Хлорит -  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}, \text{Al})_{12}[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}](\text{OH})_{16}$

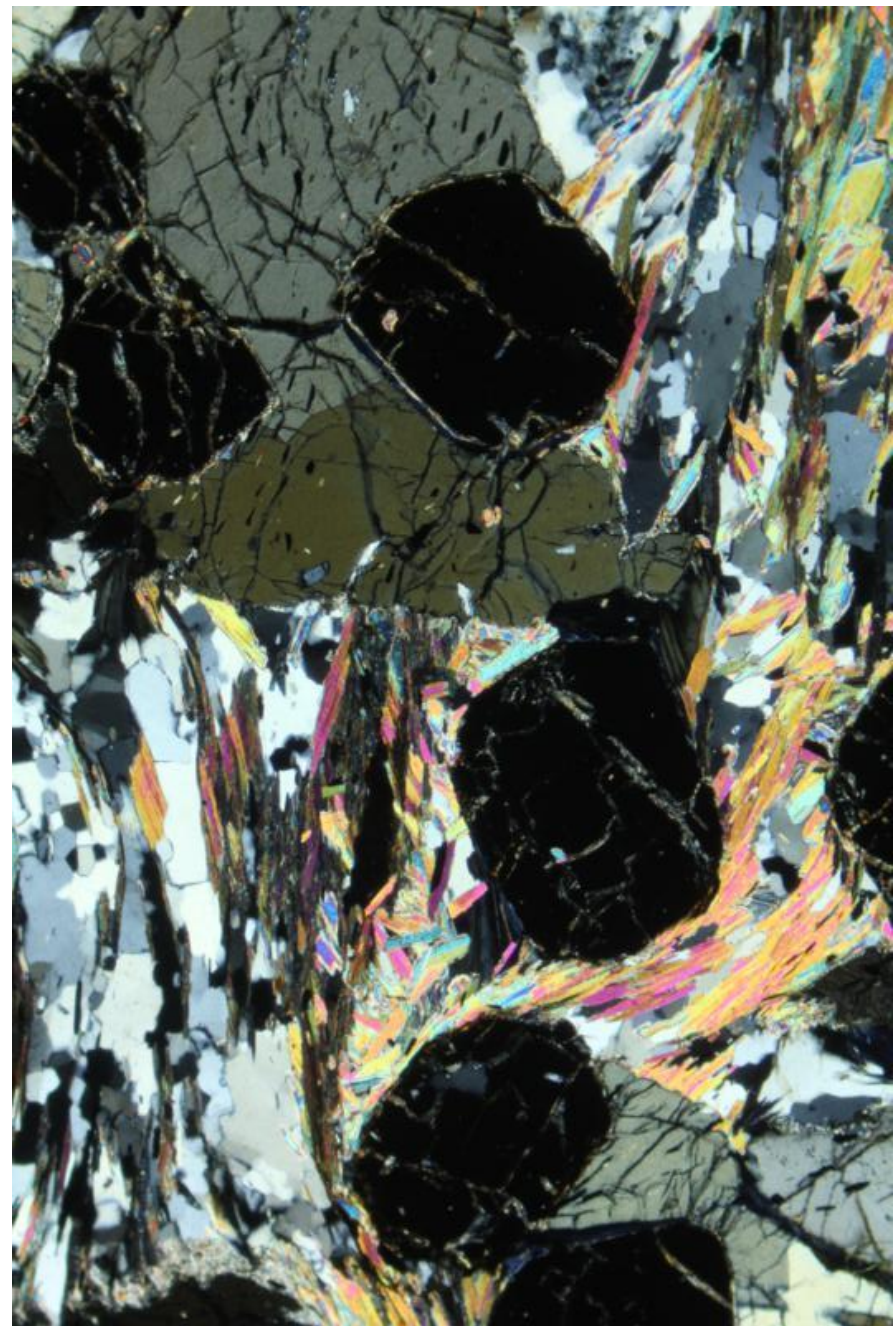




Гранаты -  $X_3Y_2(SiO_4)_3$

X -  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$

Y -  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$



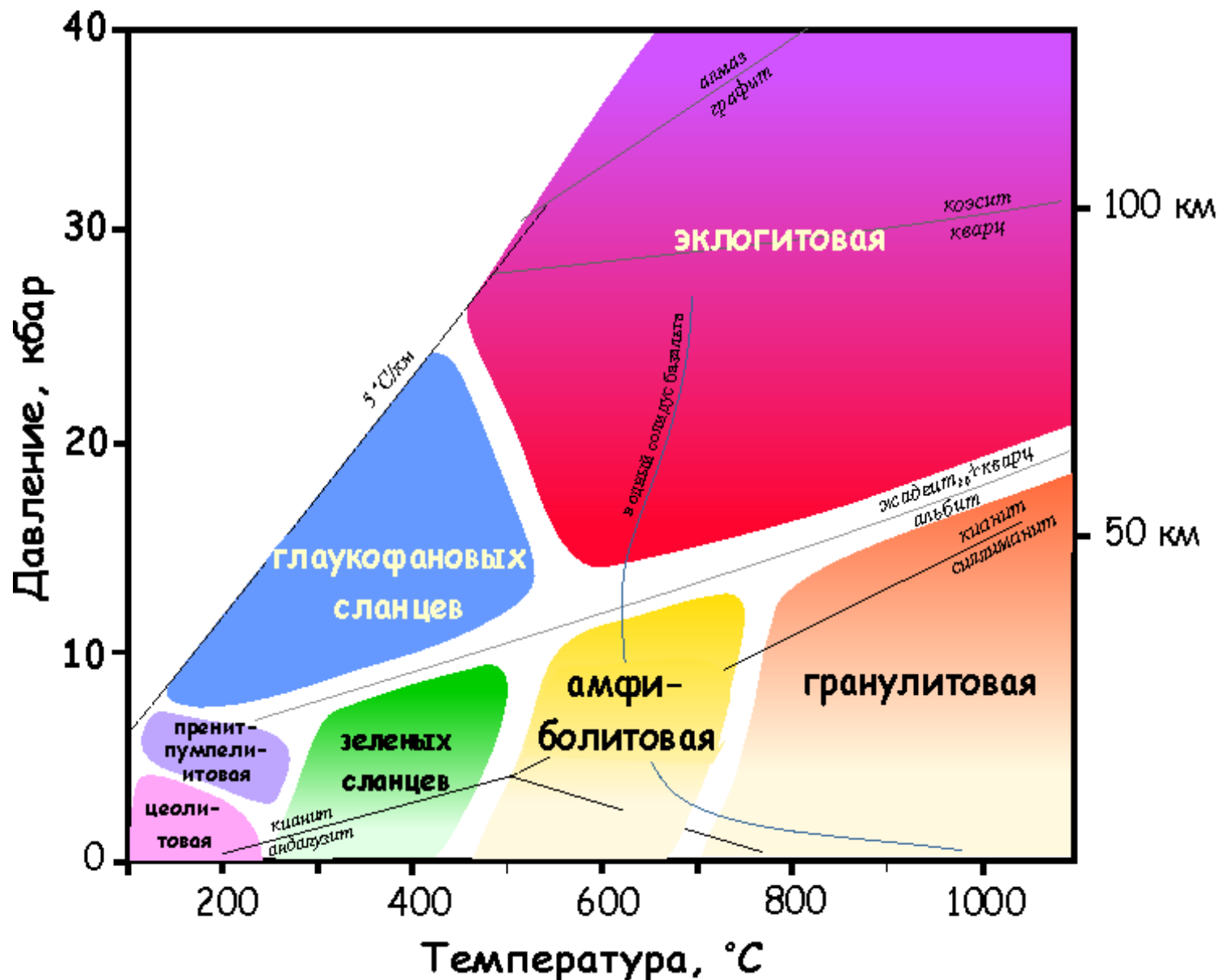


Глаукофан -  $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$





# Обзор фаций регионального метаморфизма метабазитов



Для каждой фации нужно знать: как дается название породе, возможный минеральный состав, типоморфные минералы, характерные текстуры и структуры



**Исходными породами метабазитов** могут быть:

магматические (т.е. орто-) – основного и среднего состава (базальты, андезибазальты и андезиты, габброиды и диориты);  
осадочные (т.е. пара-) – глинисто-карбонатные (=мергели) и различных переотложенный магматический материал основного и среднего состава – туффиты, туфо-песчаники и граувакки

- **ортопороды** — обогащены Co, Ni, V, Ti, Cr,
- **парапороды** — обогащены Mn и В.

Порфиритовиды - измененные базальты, подвергшиеся рассланцеванию, но сохранившие реликты первичных структур и текстур

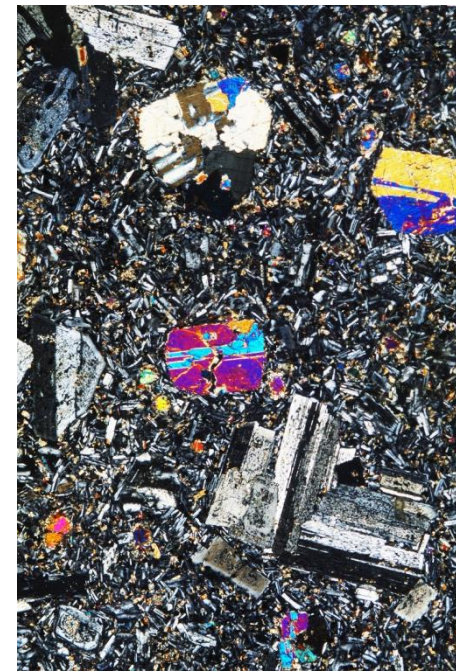
туффит



габбро

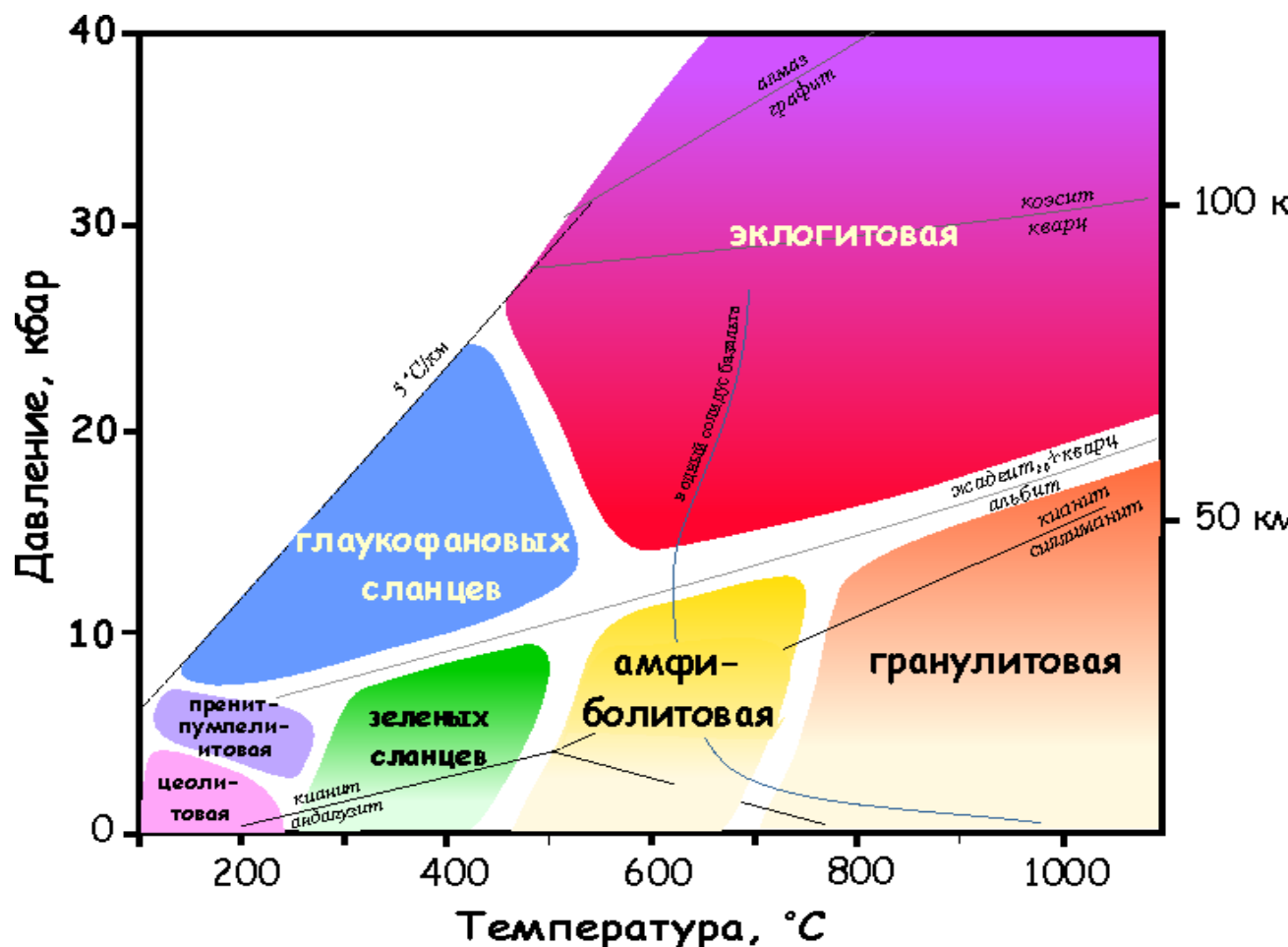


базальт



**В зонах низкотемпературного метаморфизма при низком давлении CO<sub>2</sub> в состав метабазитов обычно входят пренит, пумпеллиит, лавсонит, цеолиты с образованием лавсонит-пренит-пумпеллиитовых сланцев**

Процессы цеолитизации происходят на малых глубинах



Образования цеолитовой и пренит-пумпеллиитовой фаций чаще встречаются среди толщ пород кайнозойского и мезозойского возрастов, чем среди более древних. Они также широко развиты в срединно-океанических хребтах.

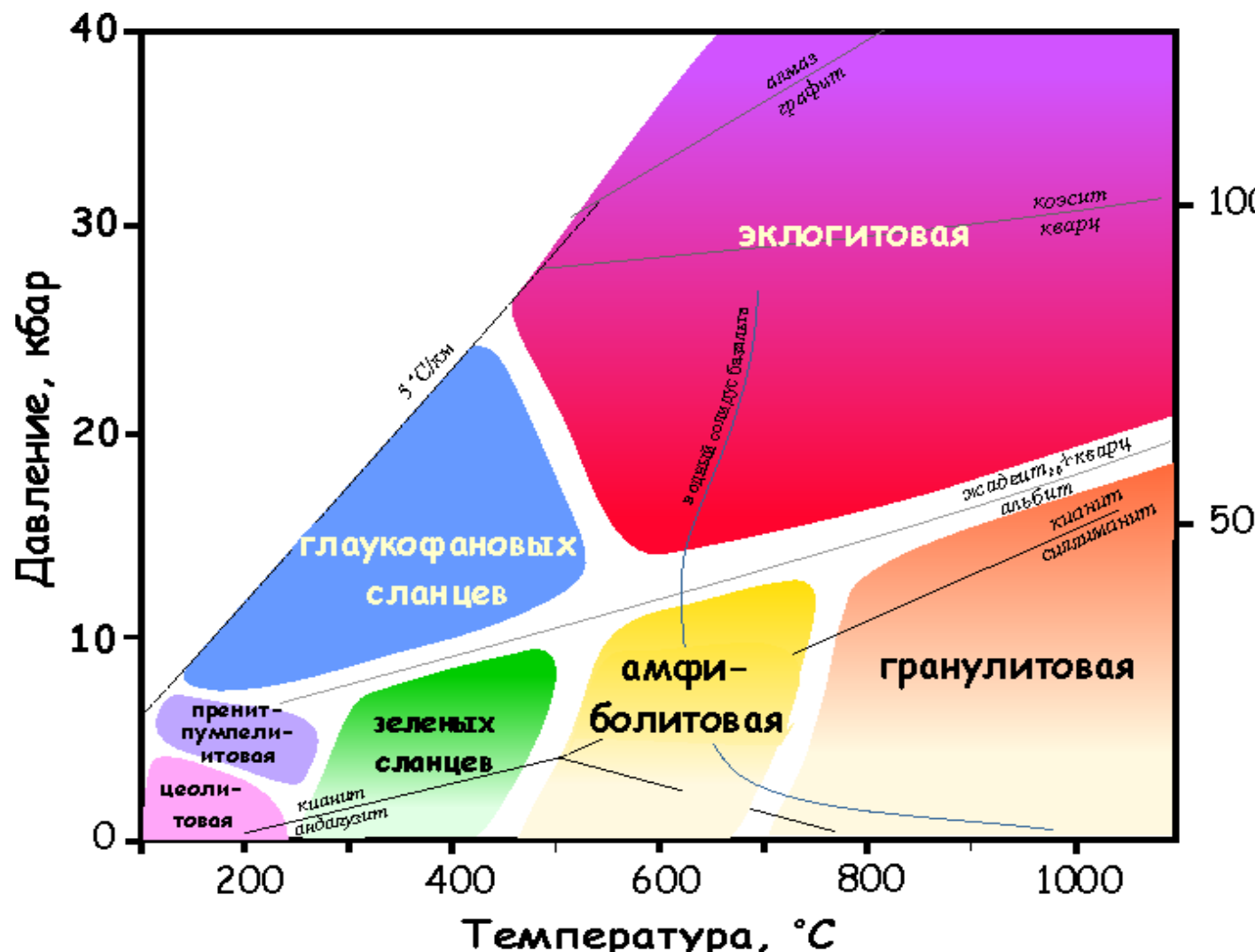
# Цеолитовая фация

Р-Т условия: 50-200С и 1-3 кб

Парагенезисы: **цеолиты** + Chl + Q + Ab + Cc + Q

Породы: сланцы, гранофельсы, мандельштейны

**Цеолиты** - водные алюмосиликаты кальция и натрия из подкласса каркасных силикатов.





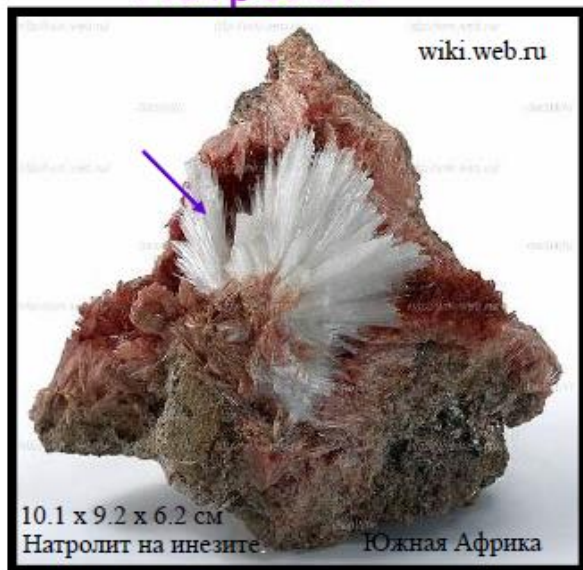


Пиллоу-лавы мыса Фиолент (Крым), метаморфизованные при условиях низкотемпературных фаций метаморфизма (цеолитовой и пренит-пумпелиитовой).



## НЕКОТОРЫЕ ЦЕОЛИТЫ

Натролит



Анальцим



Ломонтит

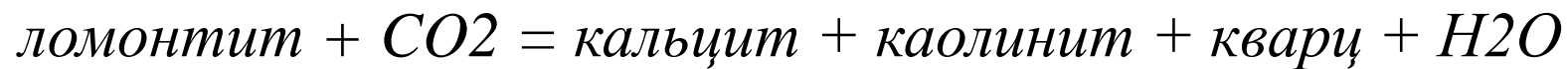
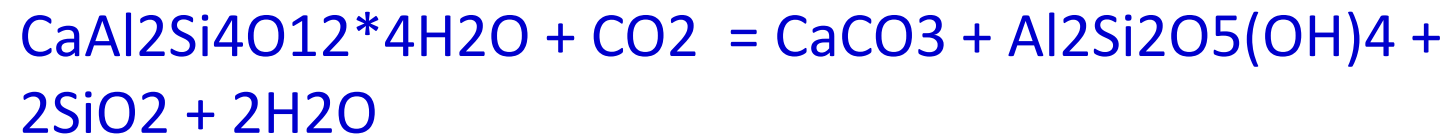


Гейландит



**Цеолиты** стабильны при относительно **низком** содержании **CO<sub>2</sub>** во флюиде. При  $X_{CO_2} > 0.01$  они разлагаются с образованием карбонатов и глинистых минералов.

Например,



## Цеолитовая фация

**Распространение:** преимущественно области вулканической деятельности.

Неизменённые базальты часто микро- и/или макропористые:  
-дегазация  $H_2O$  и  $CO_2$  при падении давления;  
-излияния на влажные породы или в водную среду.

Количество пор: от долей % до 70-90 % в пемзах,  
обычно – 2-10 % объёма пород.

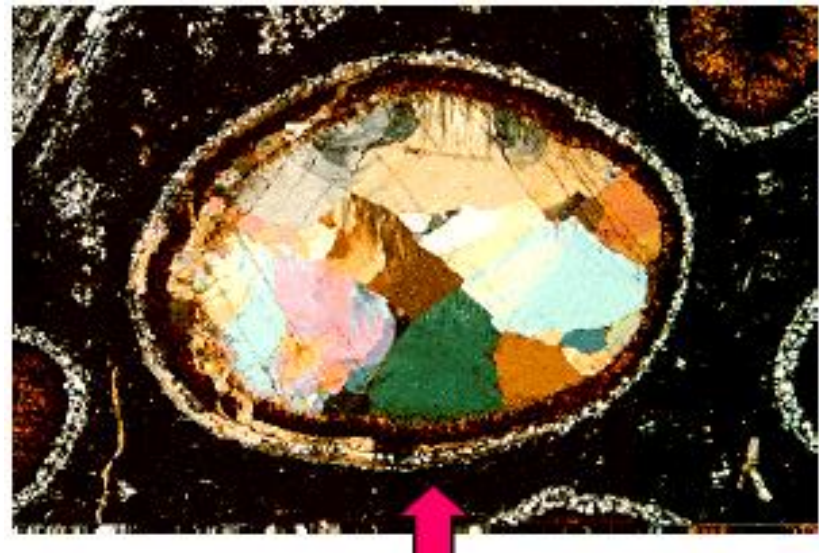
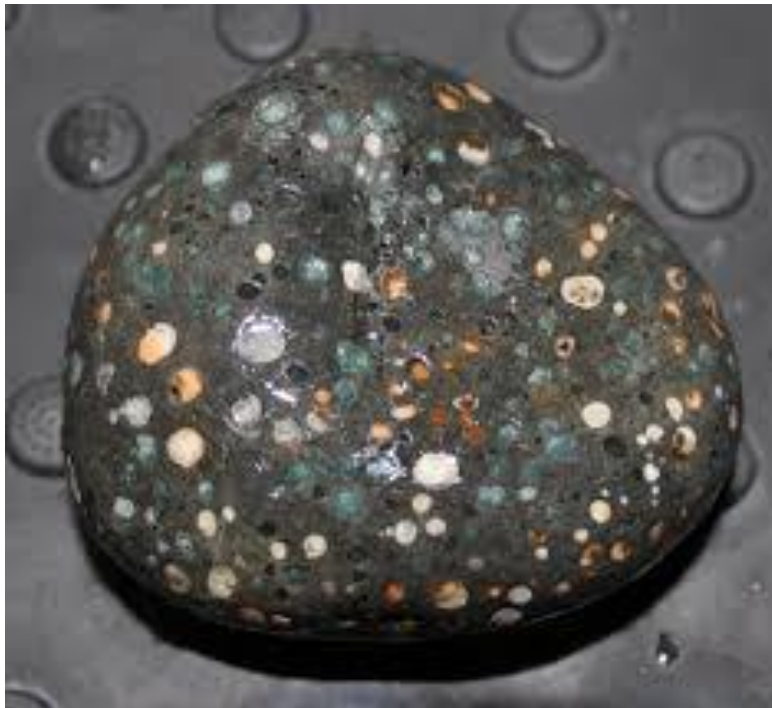
Размеры газовых пузырей от субмикронных до 1-3 м в поперечнике при длине до 5-8 м ("слоновьи ноги") в мощных покровах базальтов трапповой формации бассейна реки Параны (Ю.Америка), излившихся на влажные грунты



# Цеолитовая фация

Характерные образования этой фации – **мандельштейны**.

**Мандельштейны** (от нем. Mandel — миндаль и Stein — камень) – продукты метаморфизма пузыристых вулканитов, обычно базальтов. Образуются в результате заполнения пустот при гидротермальном метаморфизме. В порах находятся цеолиты, хлорит, кварц, селадонит, сфен, халцедон, карбонаты, альбит, калишпат, пумпеллиит и др.

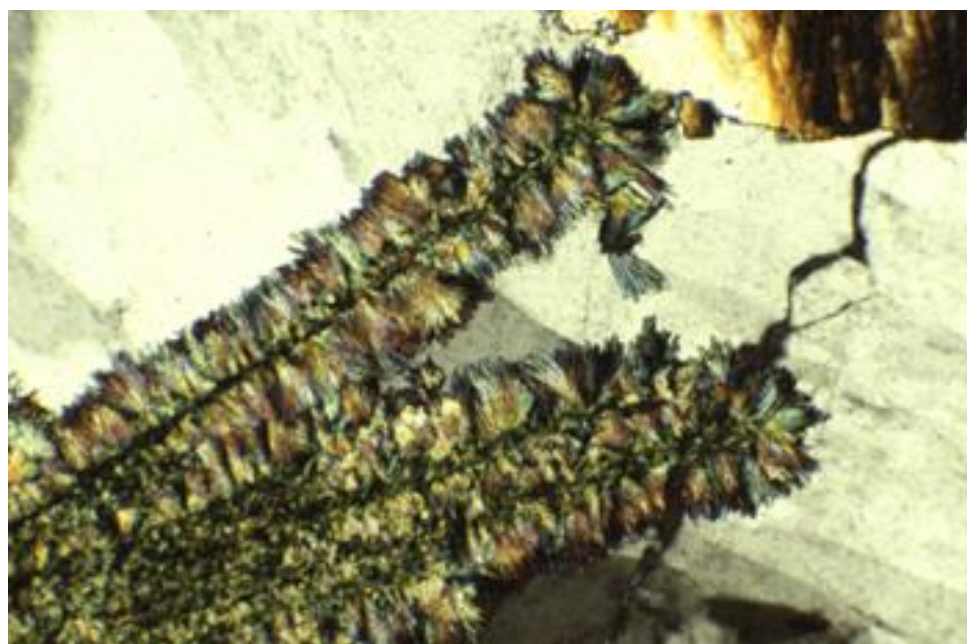


Концентрические слои кварца, селадонита и кальцита в миндалине в базальте.

# ПРЕНИТ-ПУМПЕЛЛИТОВАЯ ФАЦИЯ

Пренит -  $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

Пумпеллиит-  $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe, Mn, Al})(\text{Al, Fe, Ti})_2[(\text{OH, H}_2\text{O})_2|\text{SiO}_4|\text{Si}_2\text{O}_7]$ .



Прожилочек пумпеллиита с небольшим количеством пренита измененном долерите.



Базальтоиды, метаморфизованные в условиях пренит-пумпеллиитовой фации. Белые прожилки – смесь пренита и кальцита. Светлые пятна – пренит.



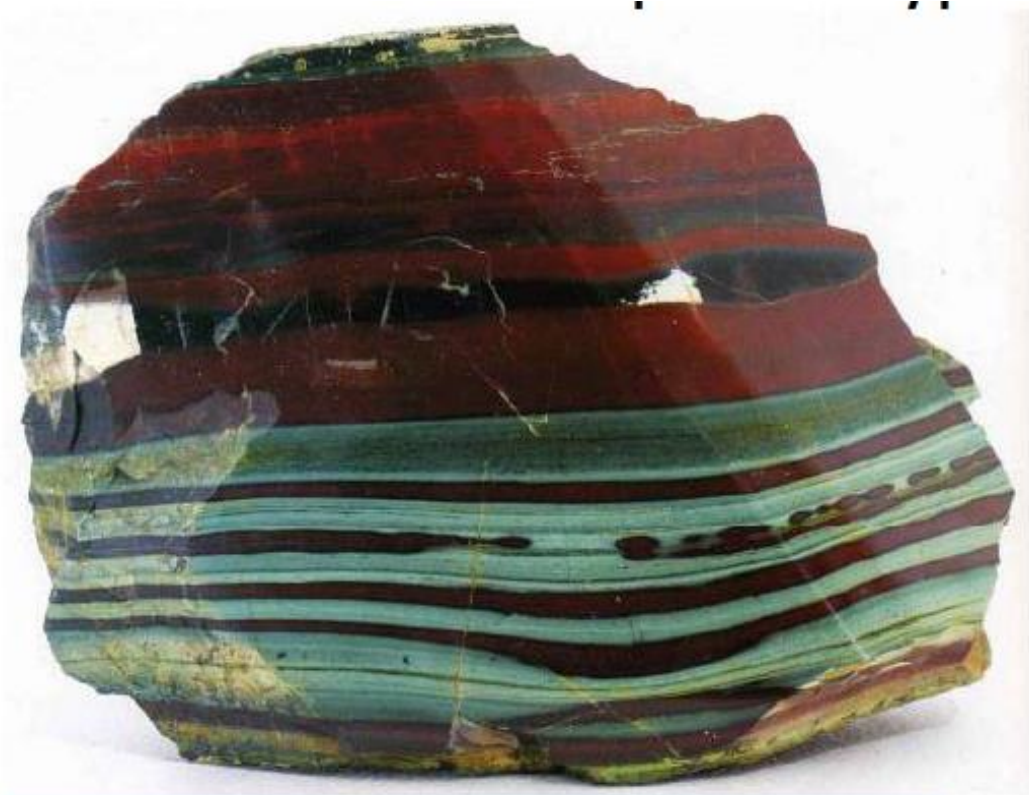


Пренит на датолите ( $\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$ ) из метабазальта. 4x4 см



geology.about.com/od/regional\_  
Пумпеллиит (хлорастролит), a variety of pumpellyite, is the state gem of Michigan.

Яшмы, образованные при условиях пренит-пумпеллиитовой фации метаморфизма

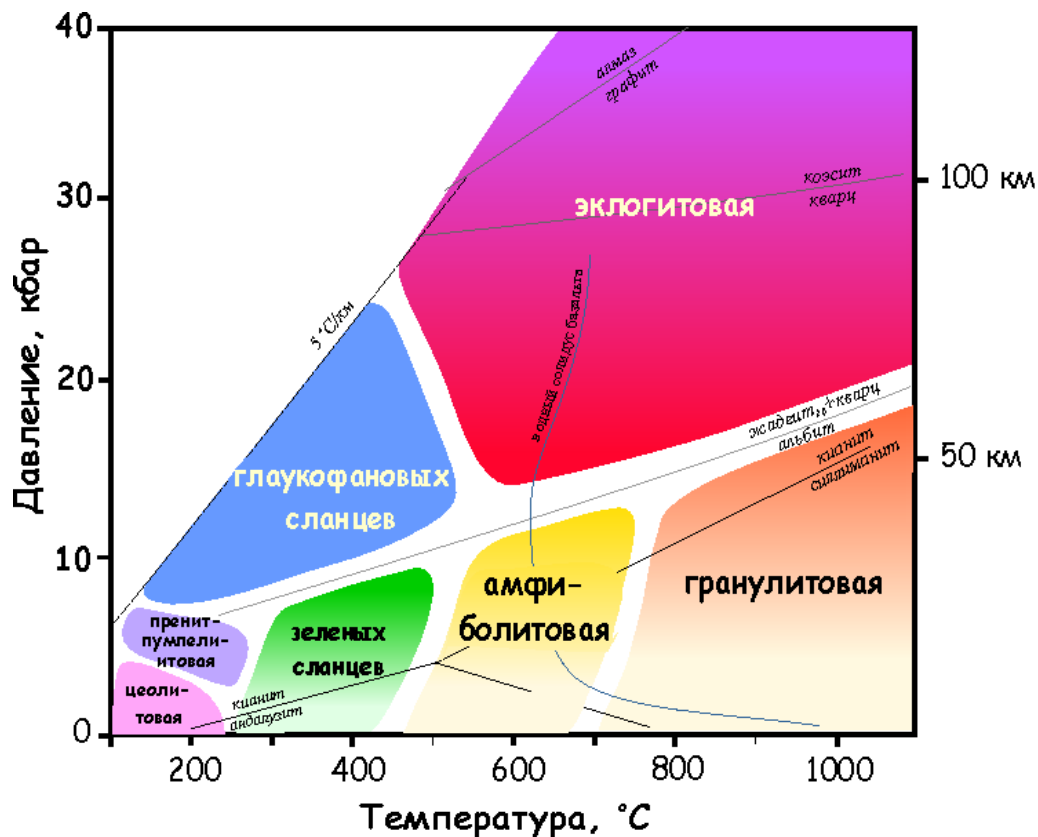


Причина зелёной и синеватой окраски  
наличие пумпеллиита,  
красной – наличие гематита,  
менее андрадита

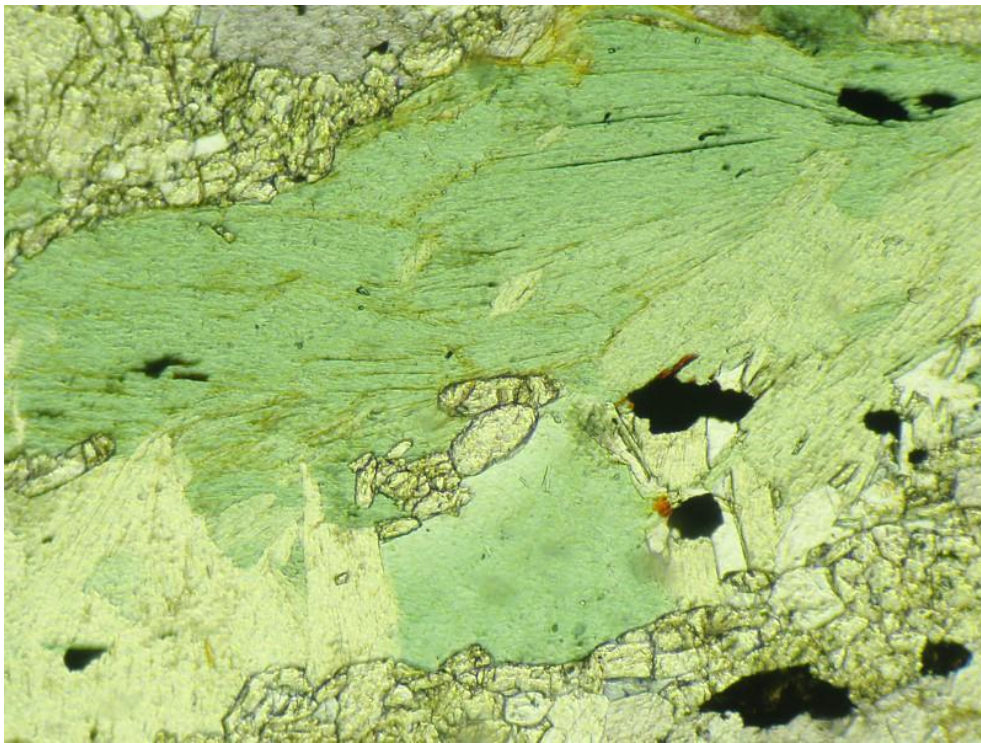


породы **Фации зеленых сланцев** широко распространены в метаморфических metabasite поясах и возникают при повышении температуры до 300°C.

Возможный состав: актинолит, эпидот, альбит, хлорит, кварц, кальцит и др.



Структура **гранонематобластовая**, реже **лепидогранонематобластовая** (при наличии хлорита) или **гранофибробластовая**, когда амфибол имеет форму игольчатых кристаллов и волокон. Текстура пород обычно **сланцеватая**, иногда **микрплойчатая**.

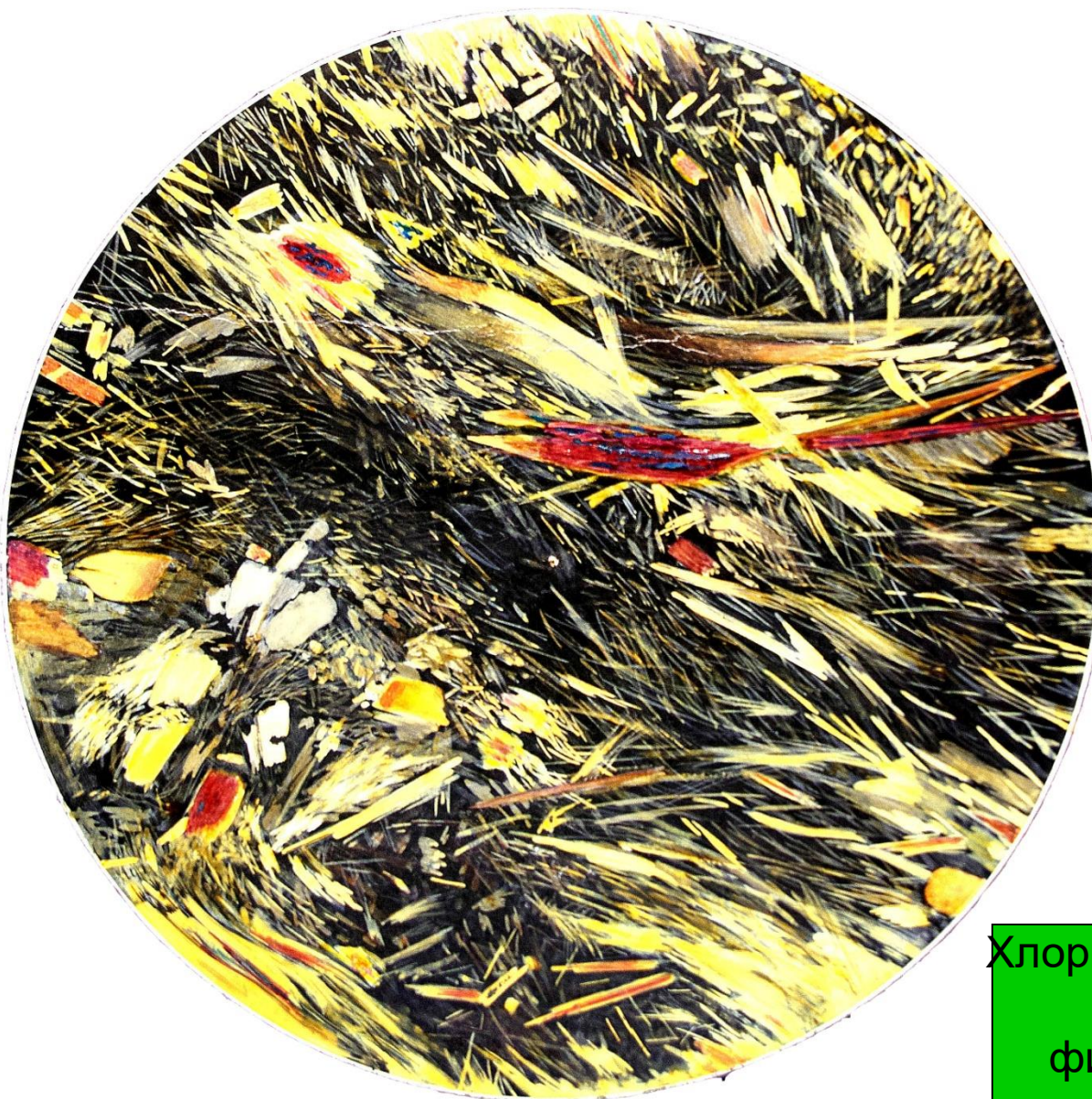


Хлорит-эпидотовый сланец  
с гранолепидобластовой  
структурой

Текстура зеленых  
сланцев часто ясно  
выраженная  
сланцеватая, иногда  
тонкослоистая

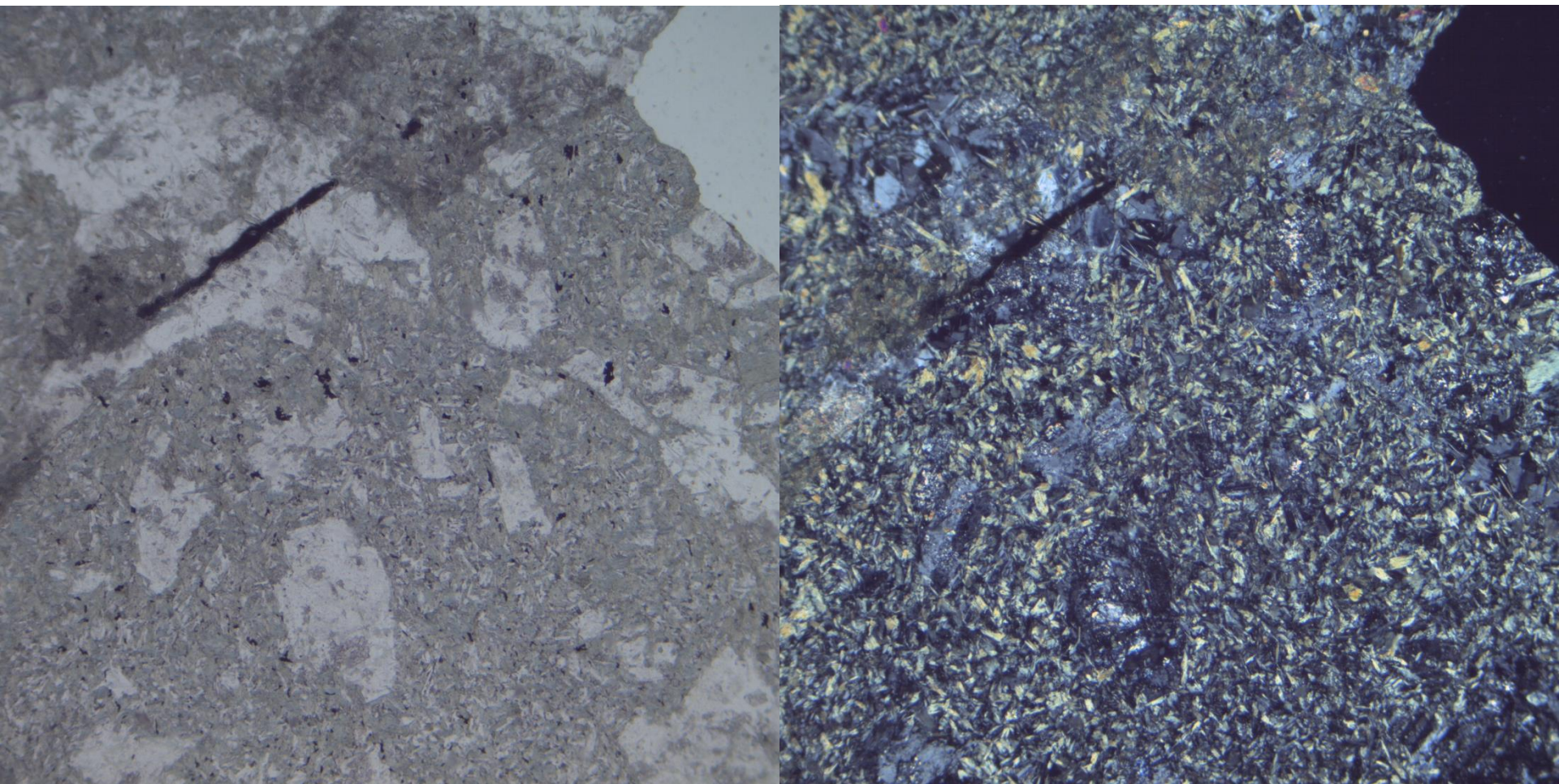






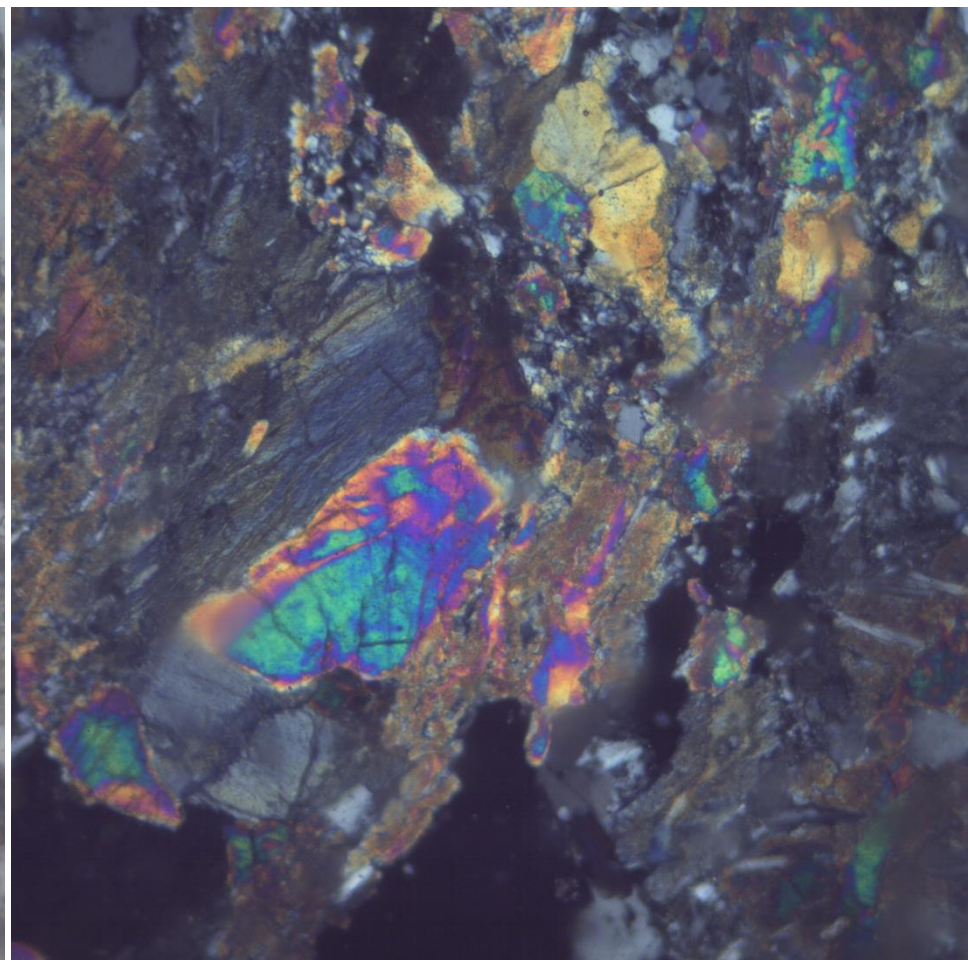
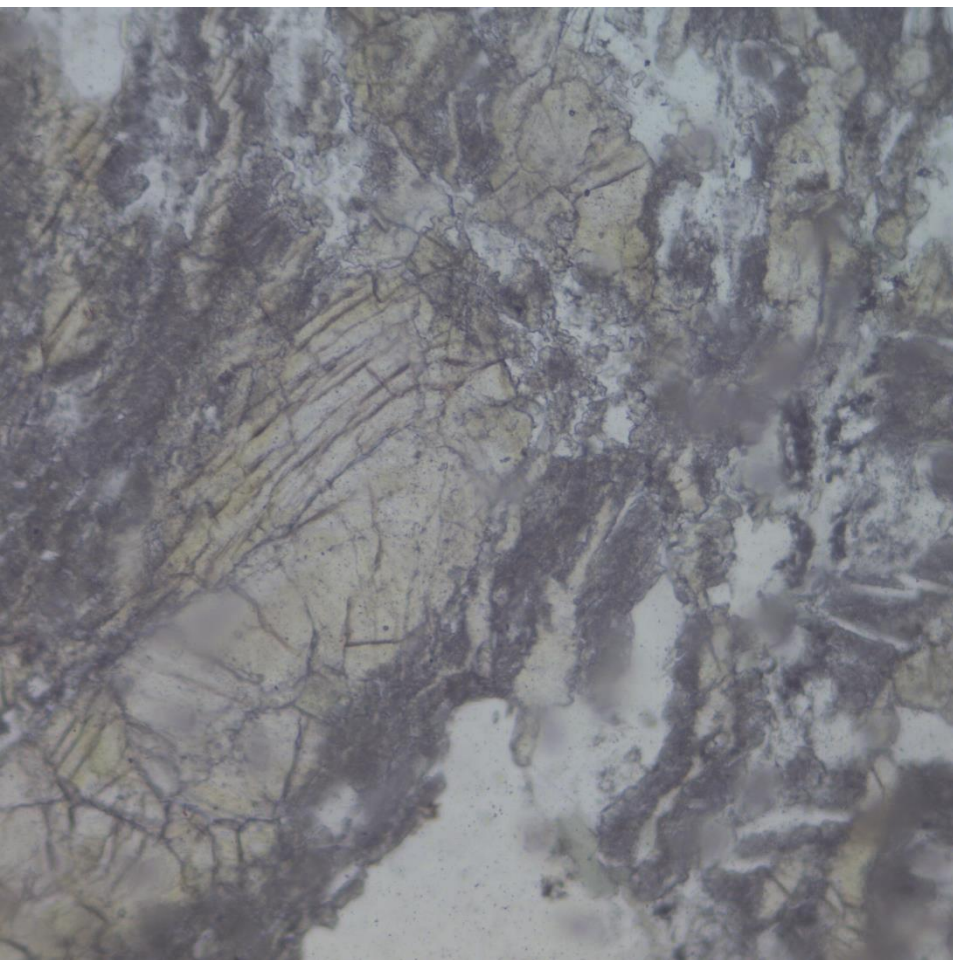
Хлорит-актинолитовый  
сланец с  
фибробластовой  
структурой





Зеленый сланец, состоящий из актинолита и эпидота с подчиненным количеством хлорита, образовавшихся при изменении базальта. Вкрапленники плагиоклаза соссюритизированы

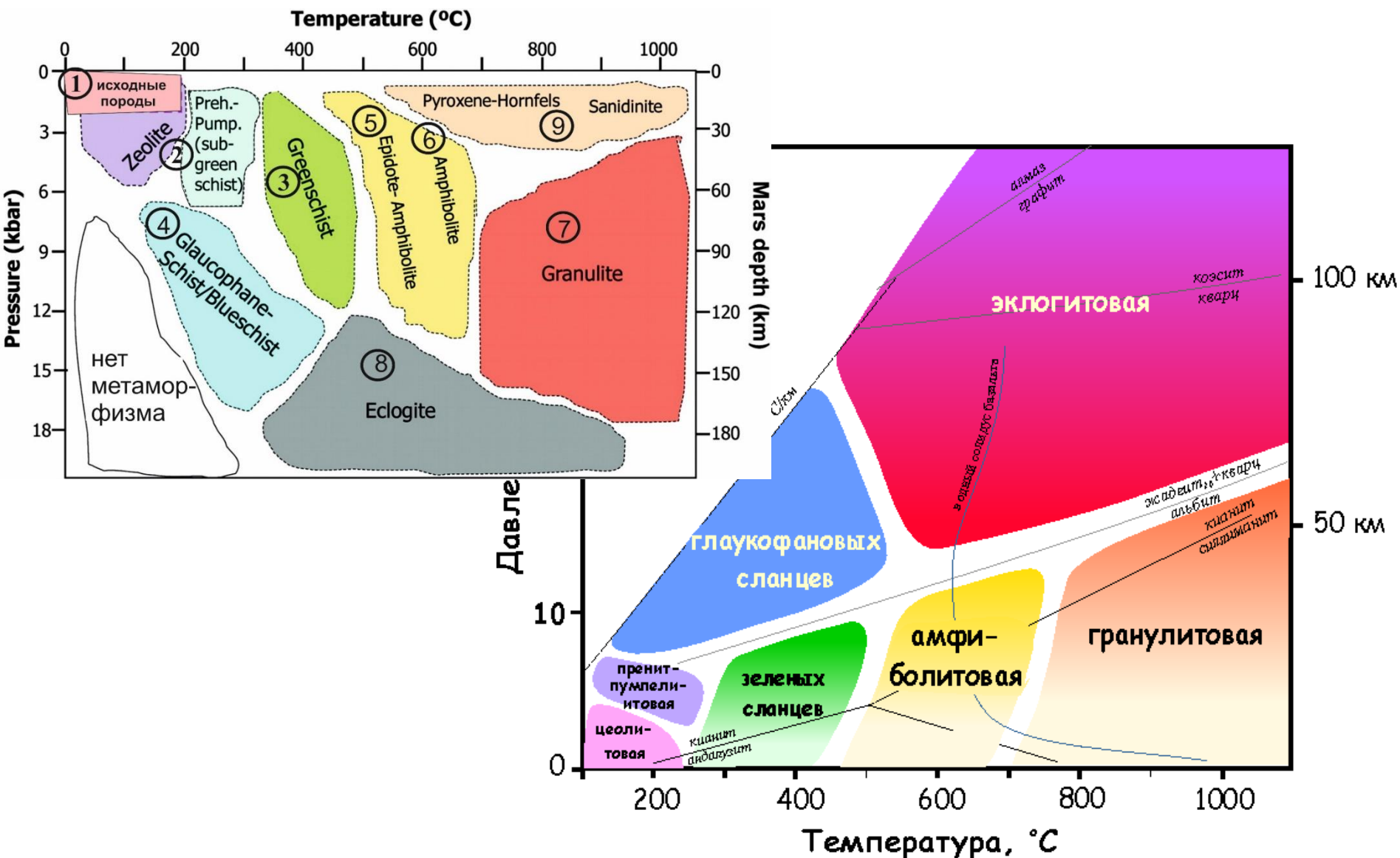




Крупные кристаллы эпидота в зеленом сланце

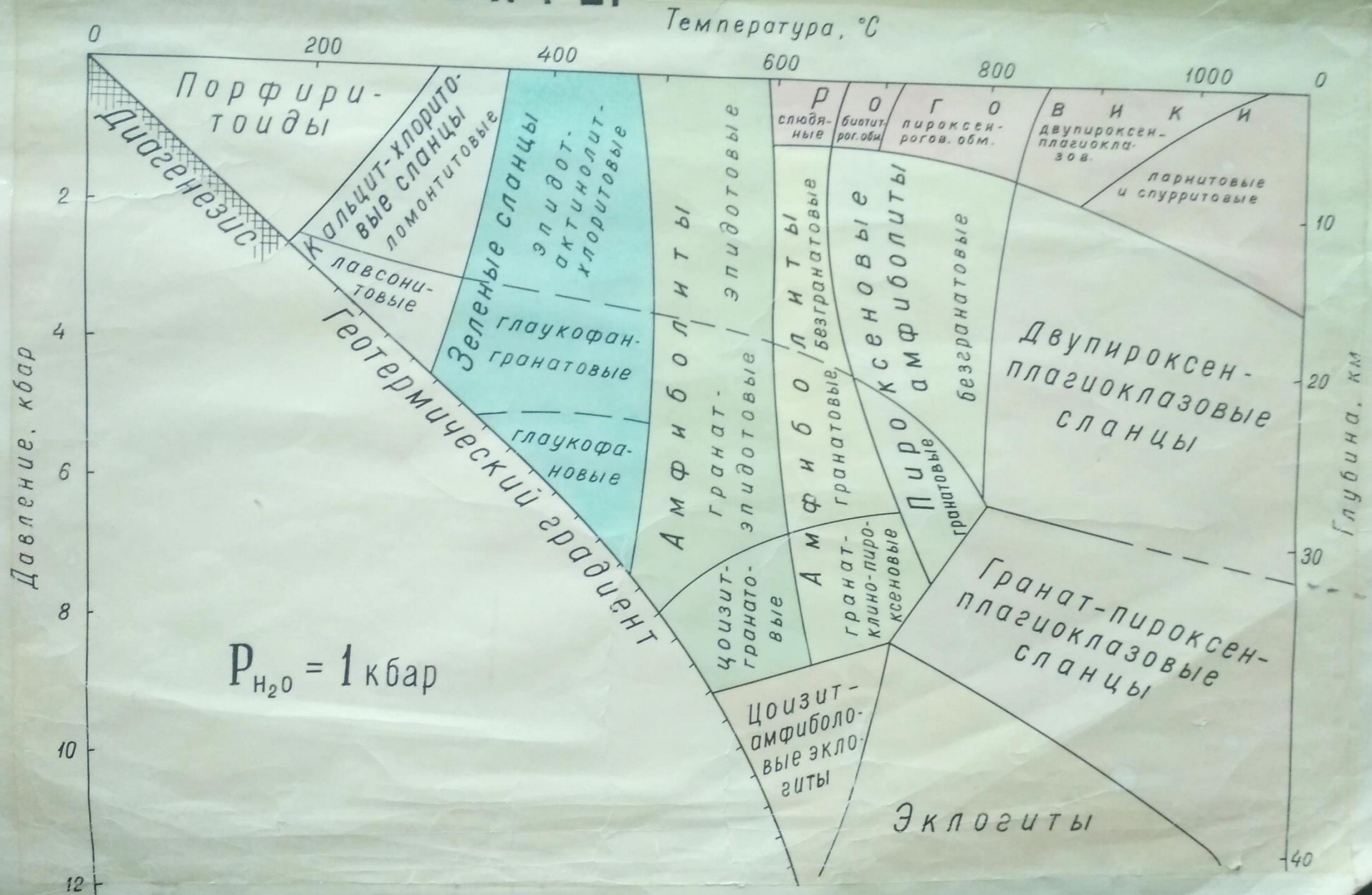
# АМФИБОЛИТОВАЯ фация

Различные схемы фаций для метабазитов:





# МЕТАБАЗИТЫ

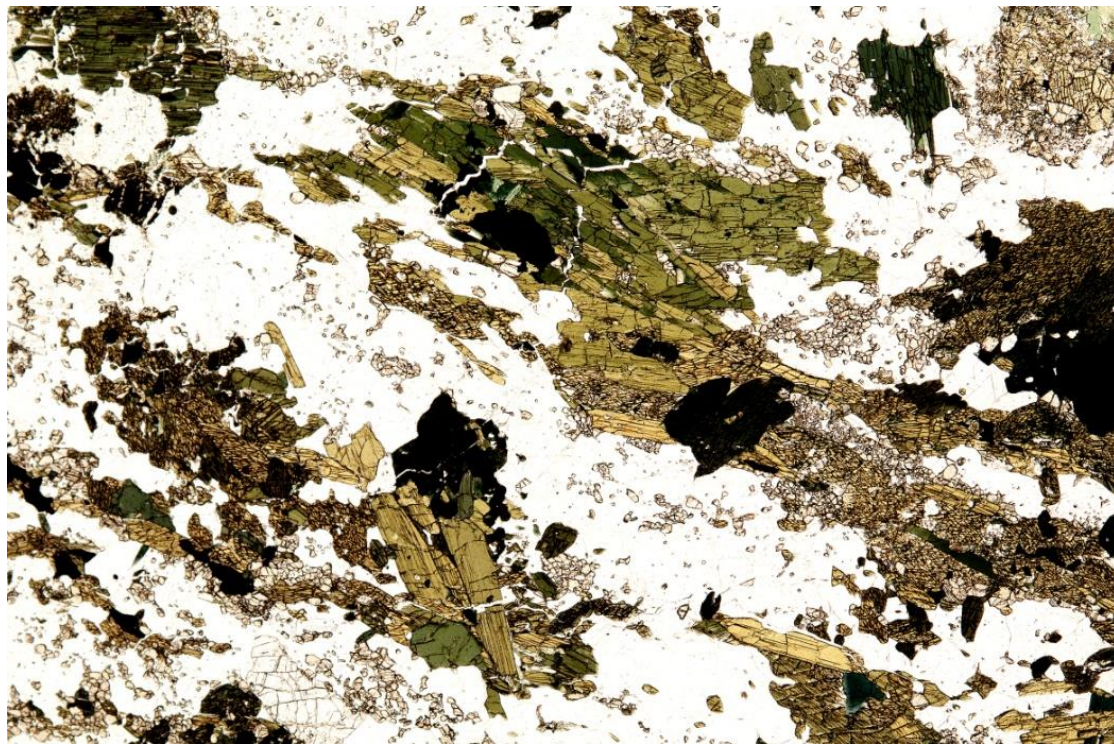


# Фация эпидотовых амфиболитов

Возможный состав:

эпидот + плагиоклаз (олигоклаз, №10-20) + роговая обманка (бледно-зеленая, голубовато-зеленая).

В параамфиболитах присутствуют биотит, мусковит, ставролит.



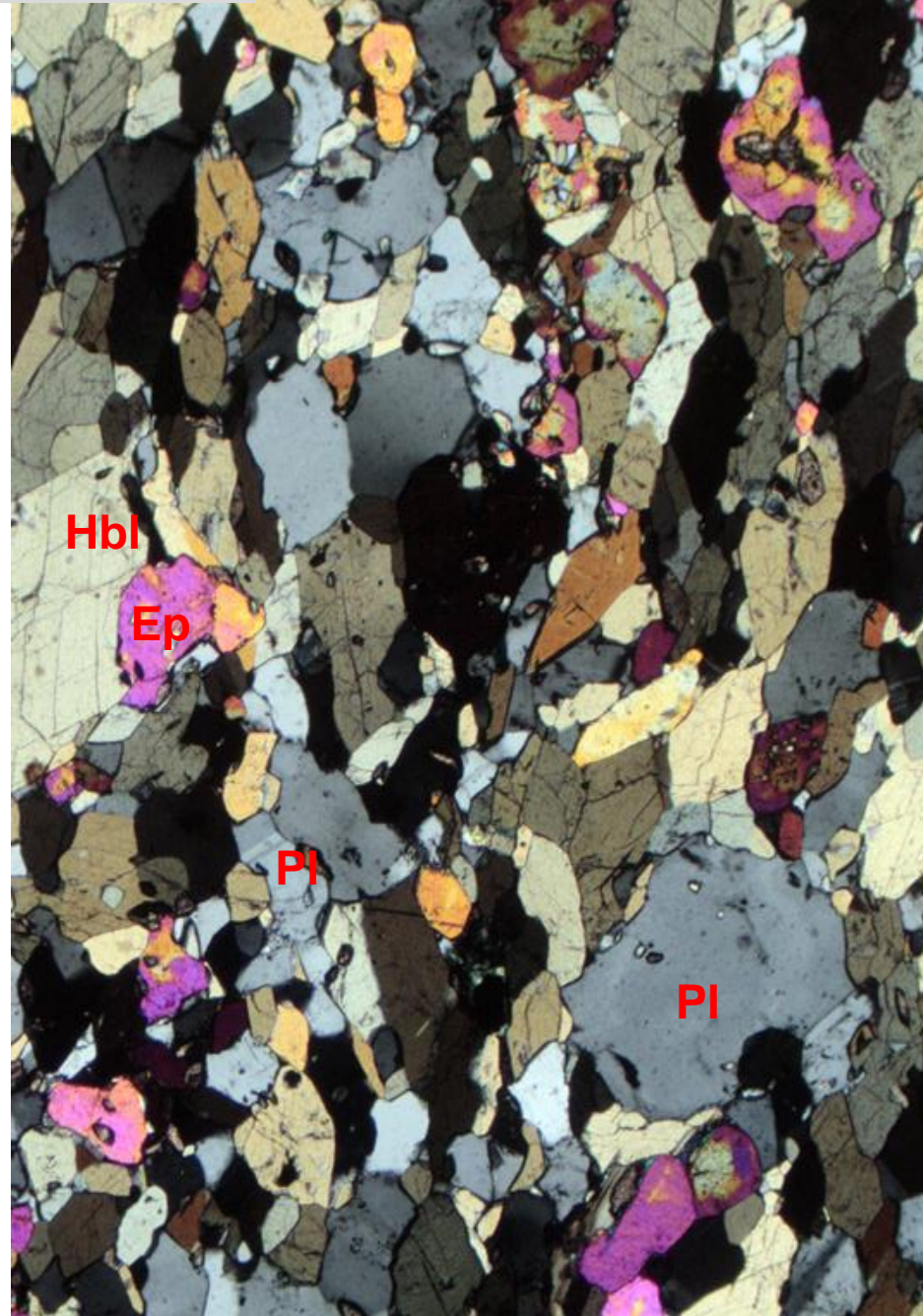
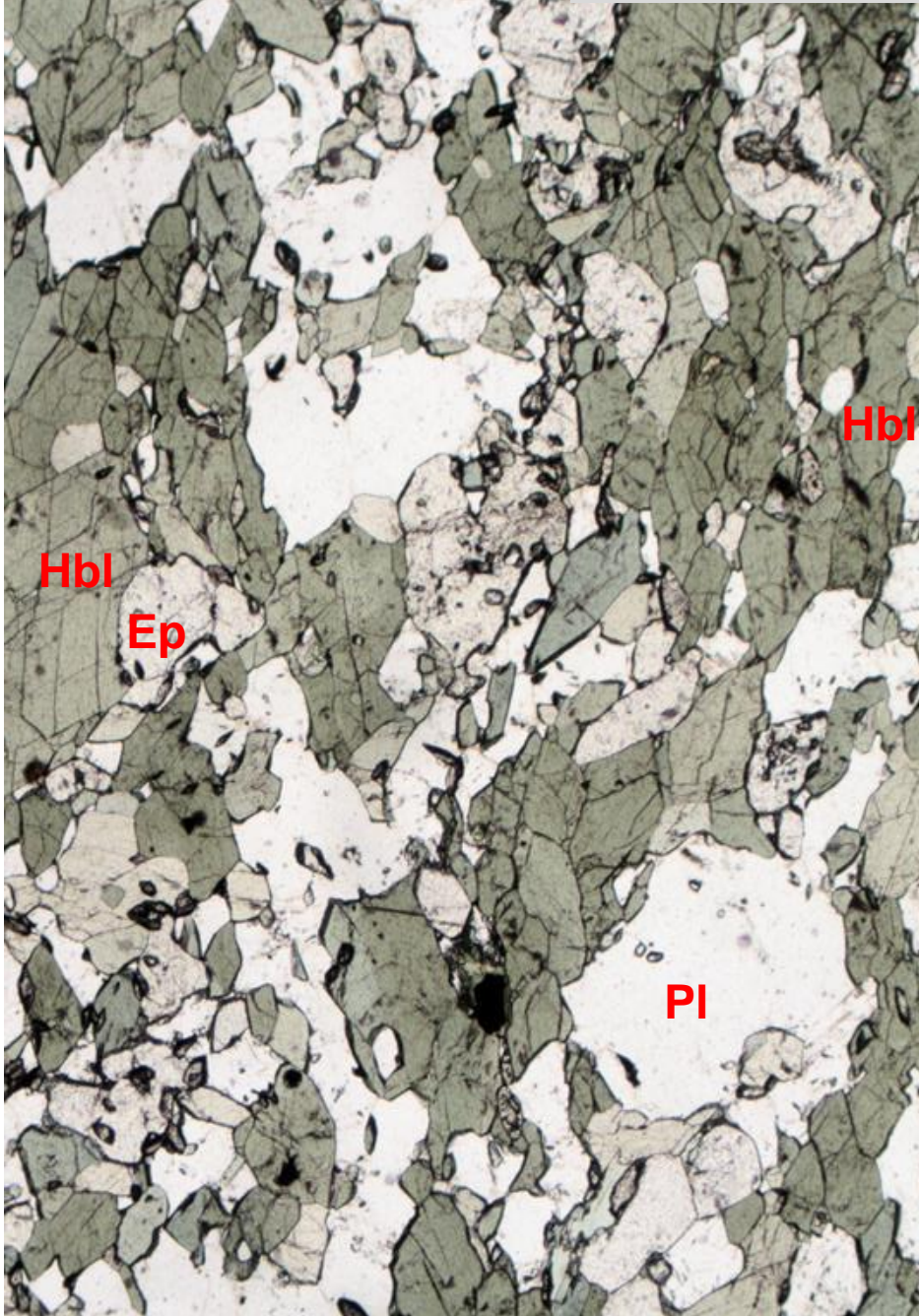
Амфиболит эпидотовый

При 450С:

- исчезает хлорит;
- актинолит переходит в роговую обманку;
- в плагиоклазе повышается содержание Са



# Эпидотовый амфиболит





# Фация амфиболитов

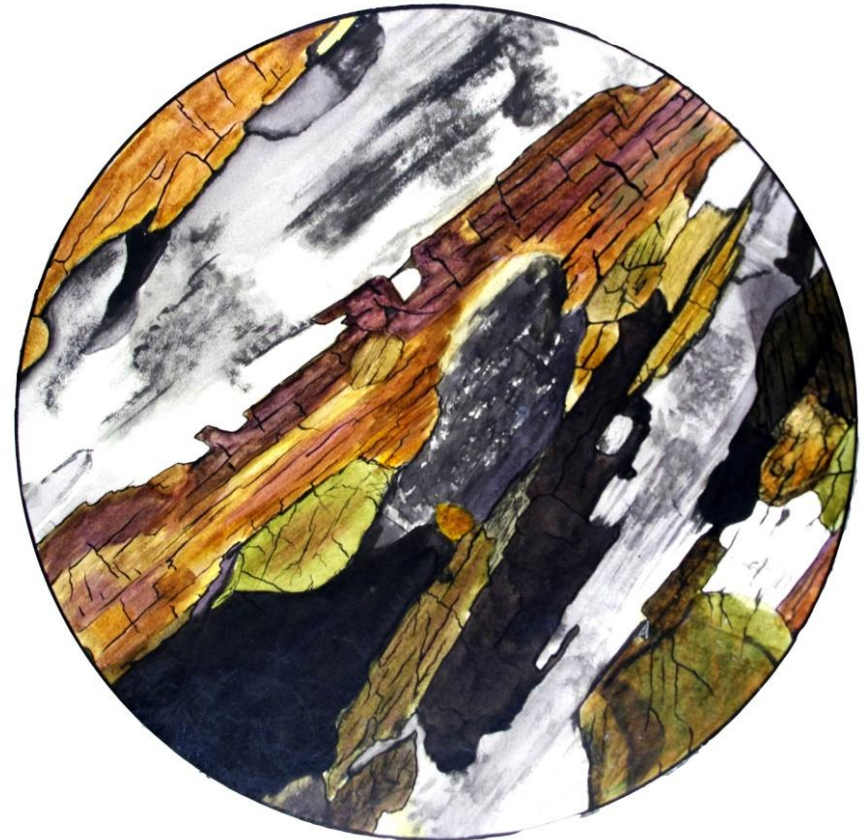
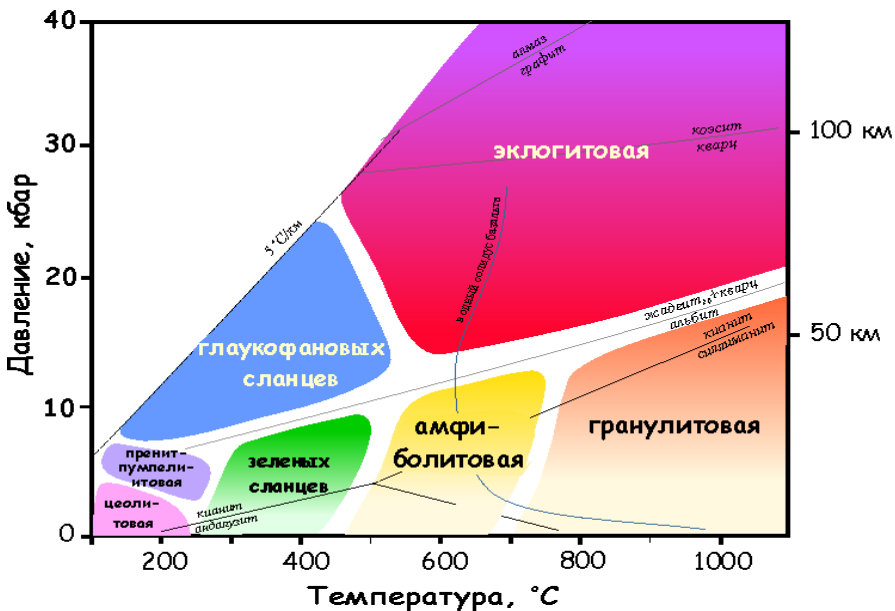
Примерно при 600С  
исчезает эпидот

Возможный состав:

буровато-зеленая роговая обманка, плагиоклаз  
(андезин),  
может присутствовать биотит.

Структуры: гранонематобластовая;  
гранобластовая; порфиробластовая.

Текстуры: массивная, линейная,  
гнейсовидная, полосчатая, пятнистая.



амфиболит



# Фа́ция клинопироксеновых амфиболитов

Примерно при 700С в амфиболитах появляется клинопироксен

Возможный состав:

буро-зеленая роговая обманка, плагиоклаз (андезин-лабрадор), клинопироксен.



При повышенных литостатических давлениях в амфиболитах появляется **гранат**.

Чем выше температура, тем более высокое давление для этого требуется.

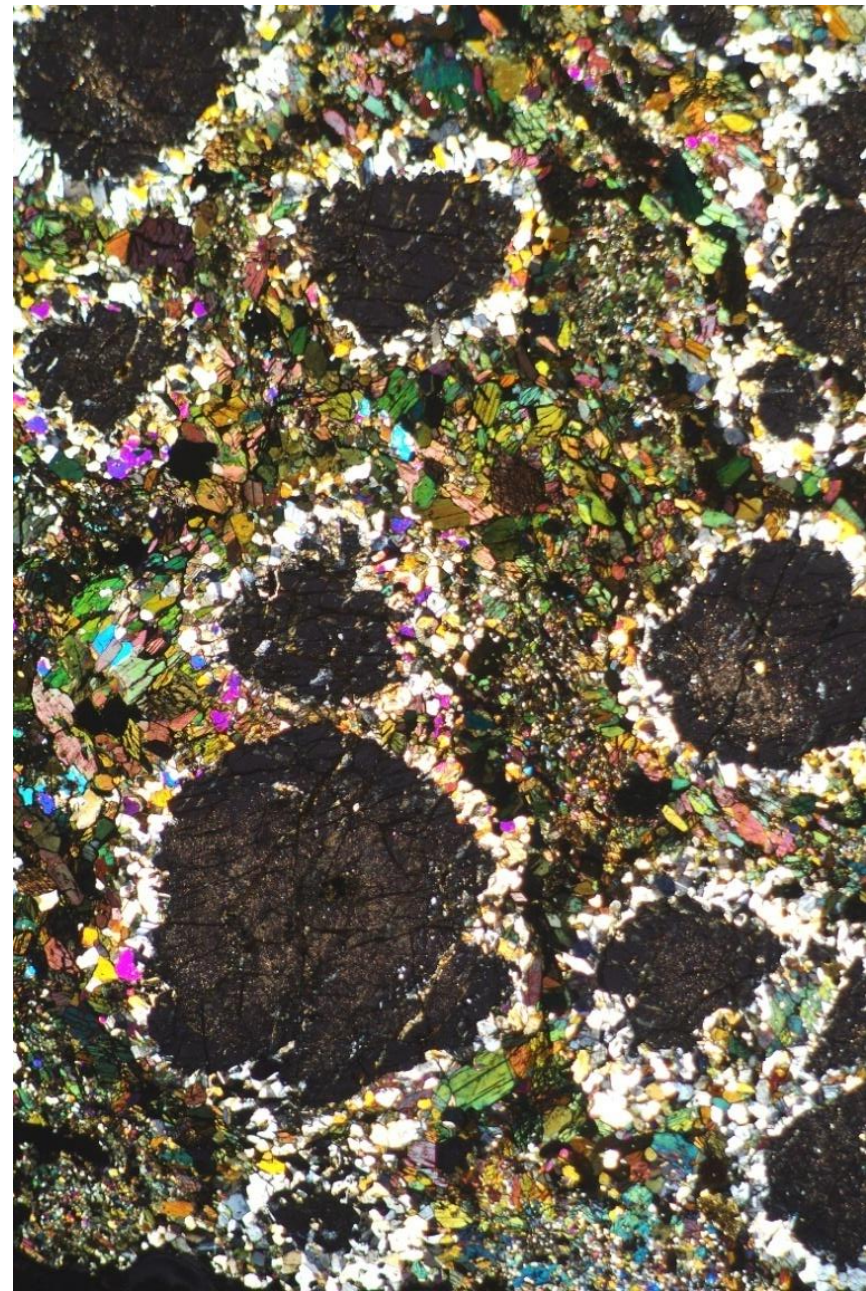






Гранат в гранатовом амфиболите, окруженный каймой амфибола.

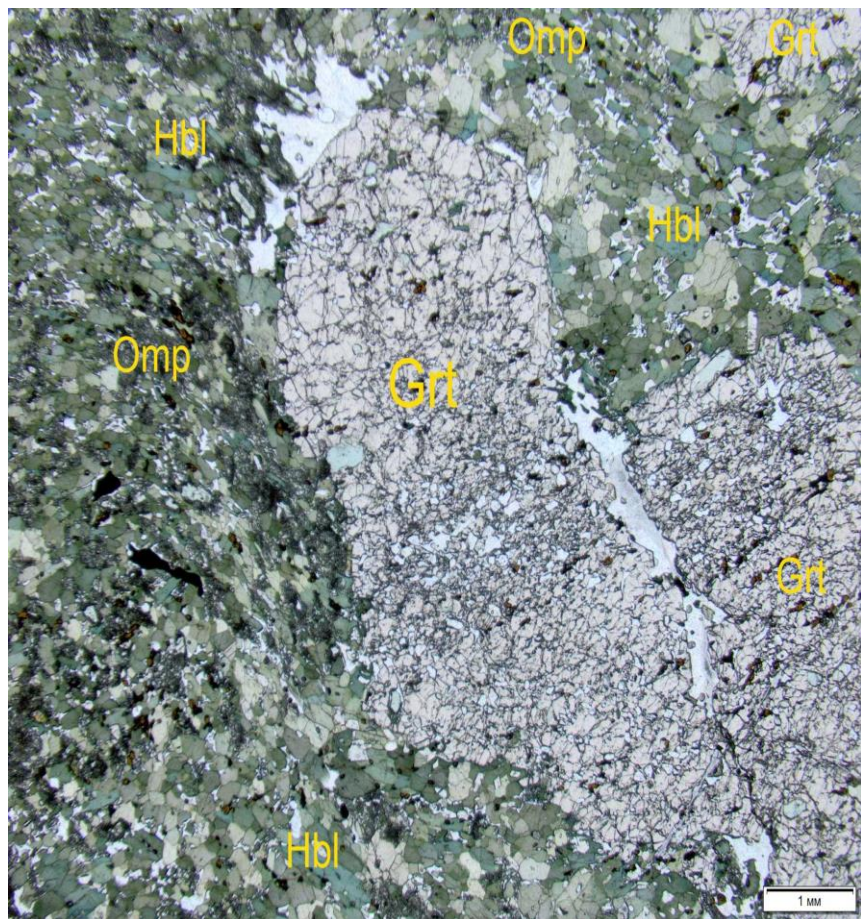




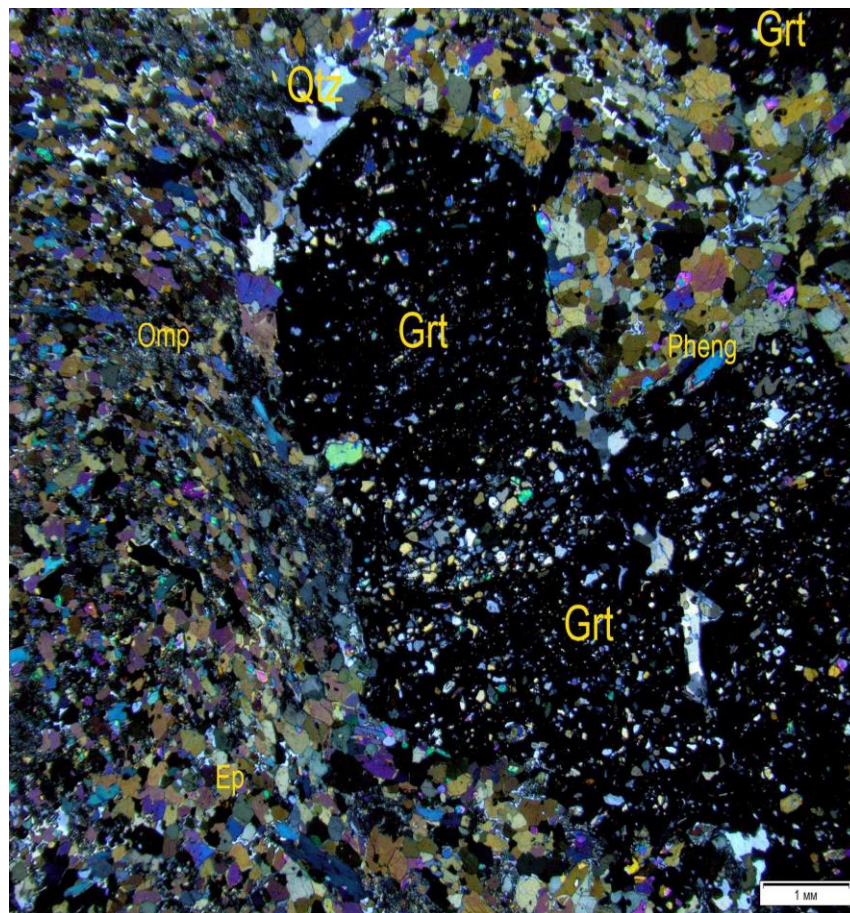
Гранатовый амфиболит



## Апоэклогитовый гранатовый амфиболит



Без анализатора



С анализатором

Фото из курсовой работы В.Селезневой, 212 гр.

# Фация гранулитов (двупироксен-плаггиоклазовых сланцев)

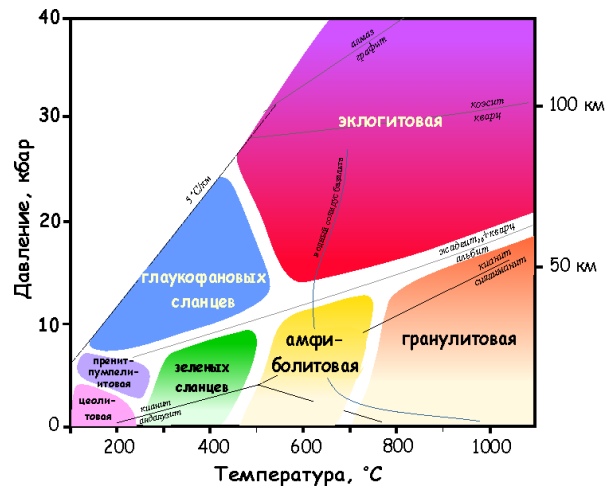
От температур 750-800С

Происходит реакция:

Кварц+Роговая обманка→Ортопироксен + Клинопироксен + Плаггиоклаз

Появление **ортопироксена** – индикатор гранулитовой фации метаморфизма.

Ортопироксен обычно представлен гиперстеном (т.е. имеет примерно равное содержание магния и железа, и в шлифах слабо плеохроирует от бледно-розоватого до бледно-зеленоватого.



Структуры гранулитов обычно гранобластовые,  
Текстуры – массивные.



## Фация гранулитов (двупироксен-плагиоклазовых сланцев)

Возможный состав:

клинопироксен, ортопироксен, плагиоклаз (лабрадор),  
может присутствовать бурая Ti-стая роговая обманка.

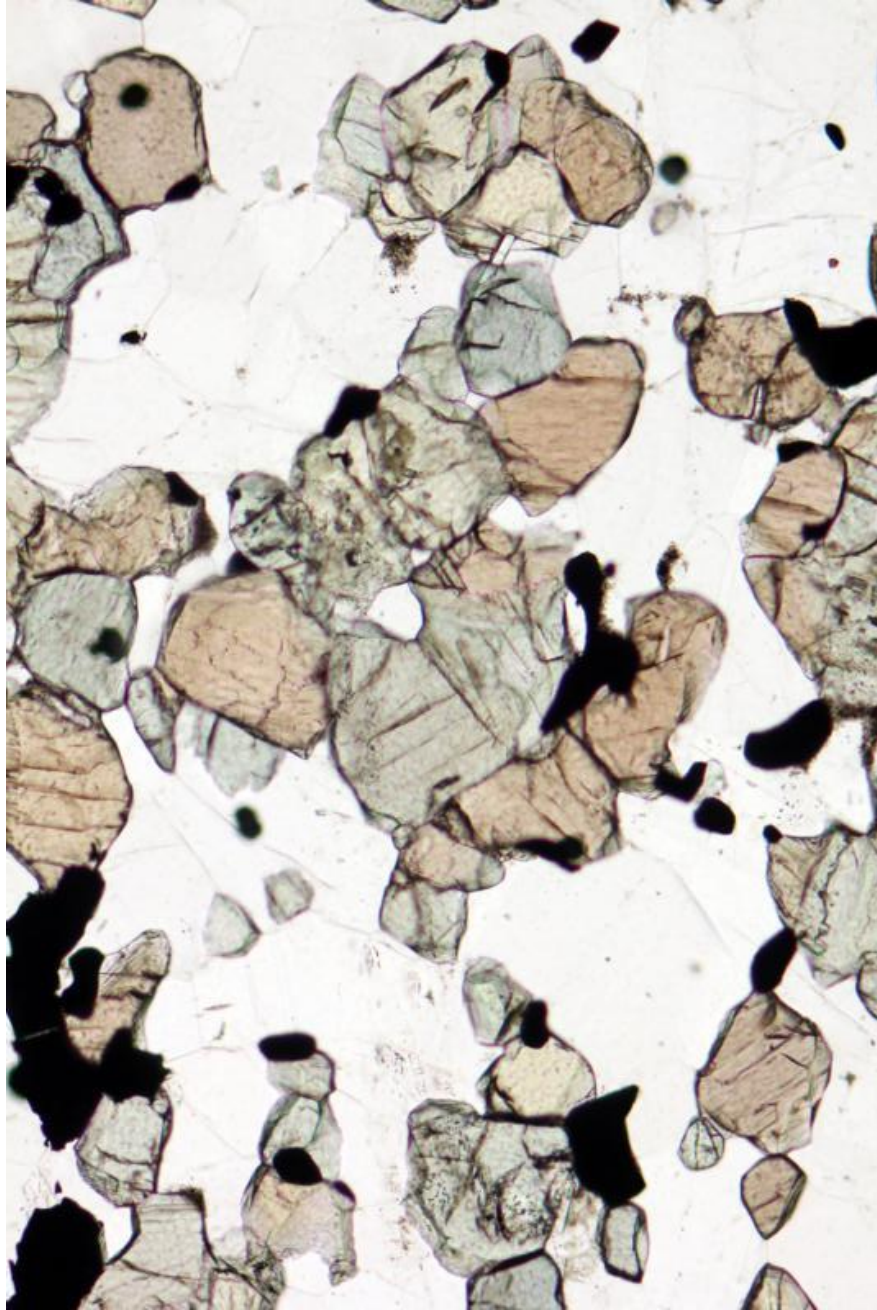




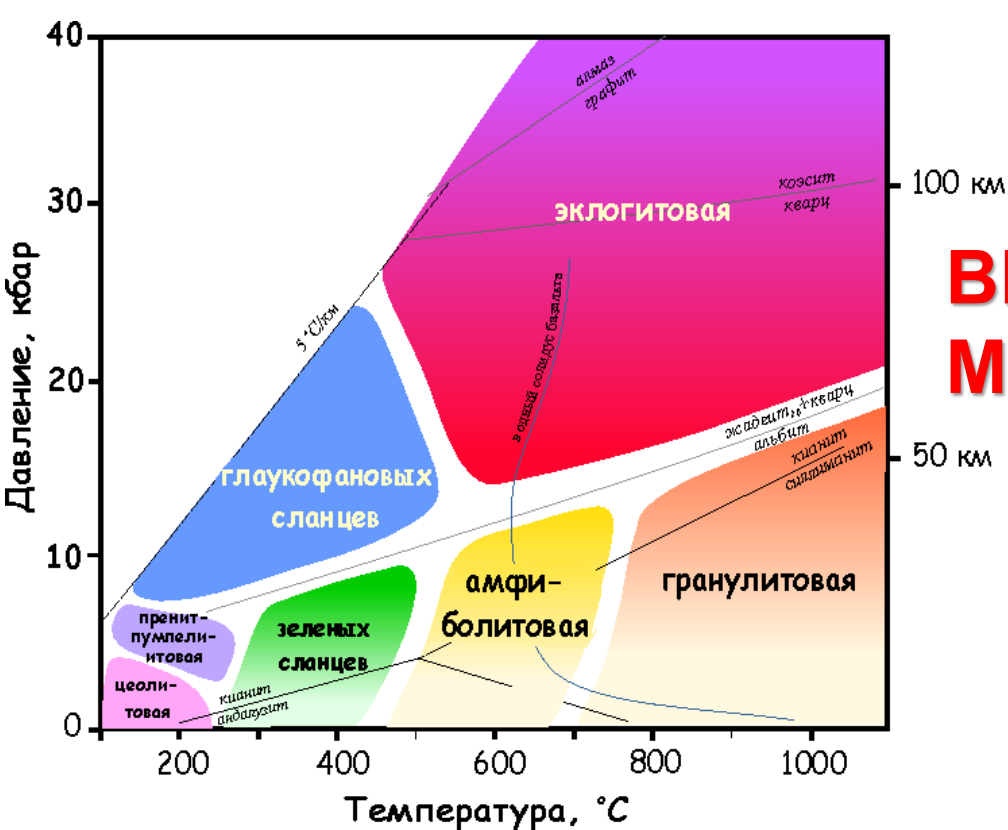


Клинопироксен (зеленый), ортопироксен (розовый) и плагиоклаз в двупироксен-плагиоклазовом гранофельсе (гранулите).<sup>45</sup>

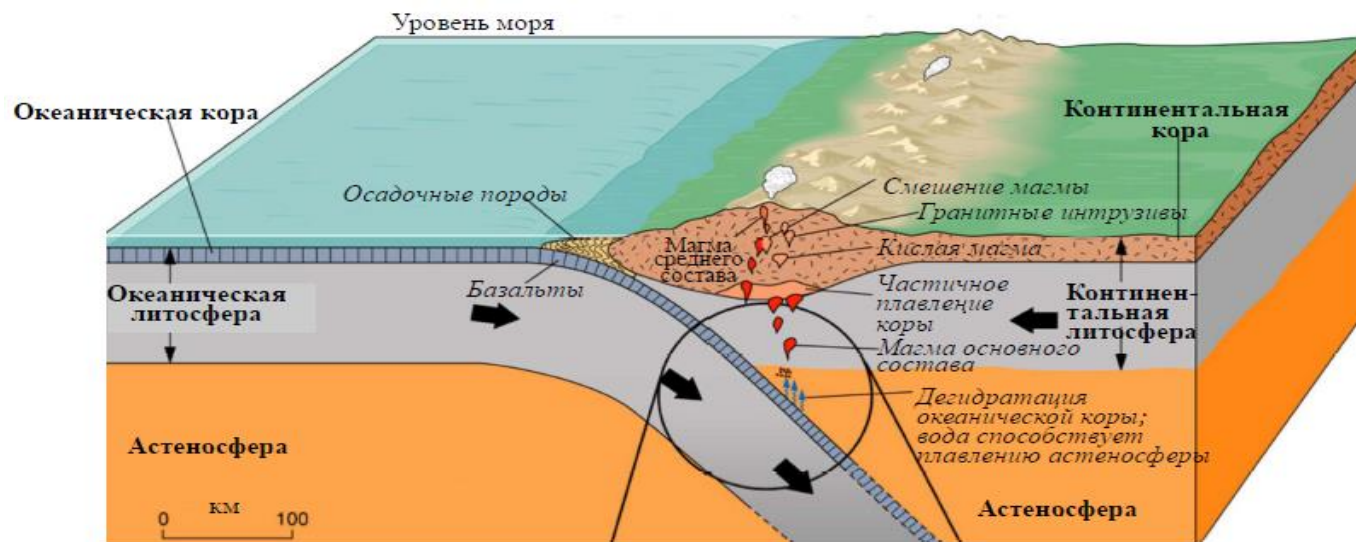




Клинопироксен (зеленый), ортопироксен (розовый) и плагиоклаз в двупироксен-плагиоклазовом гранофельсе (гранулите).<sup>46</sup>

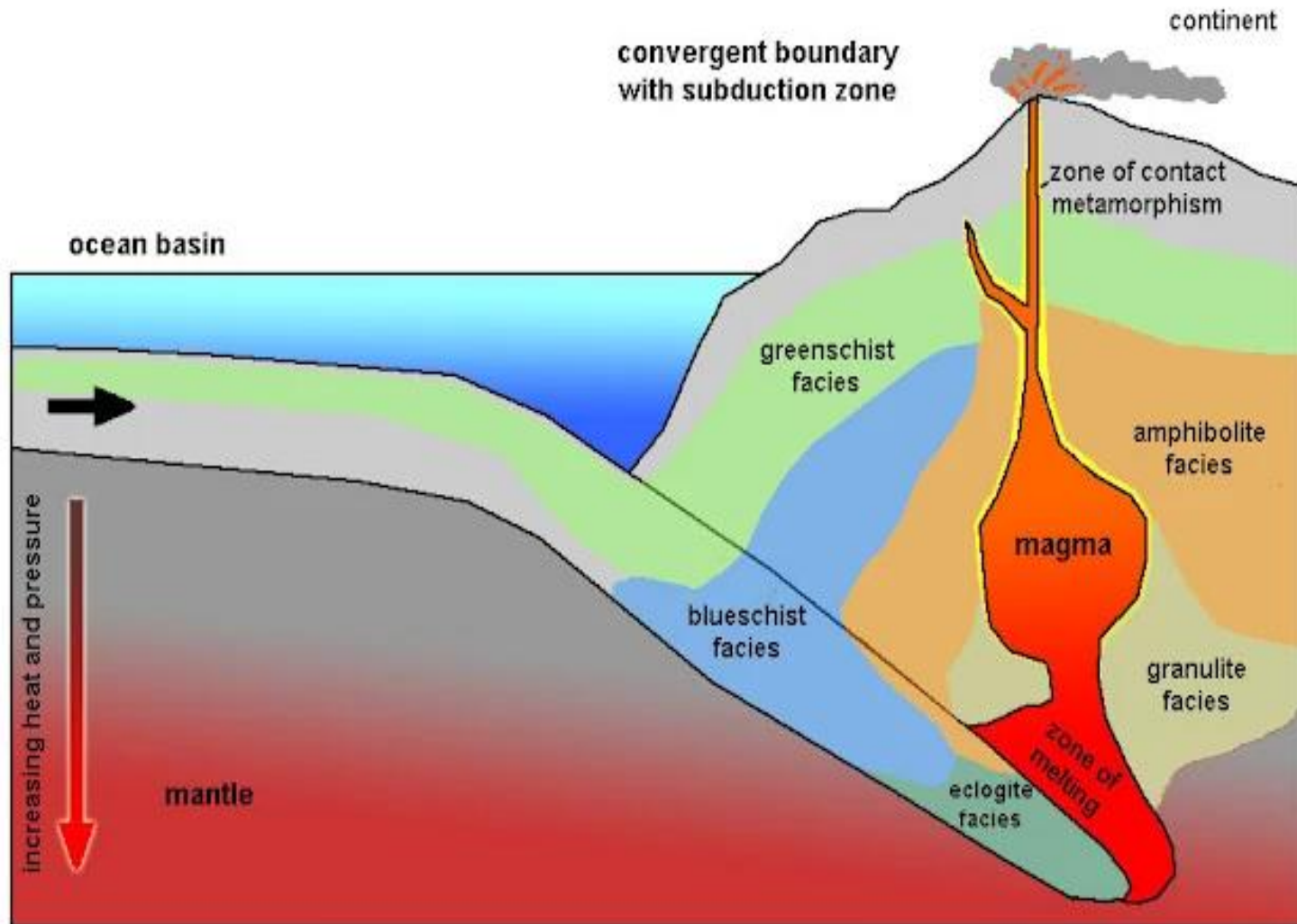


## ВЫСОКОБАРНЫЙ ТРЕНД Метаморфизма метабазит





# Распределение пород различных фаций метаморфизма в зонах субдукции



# Фация голубых (глаукофановых) сланцев

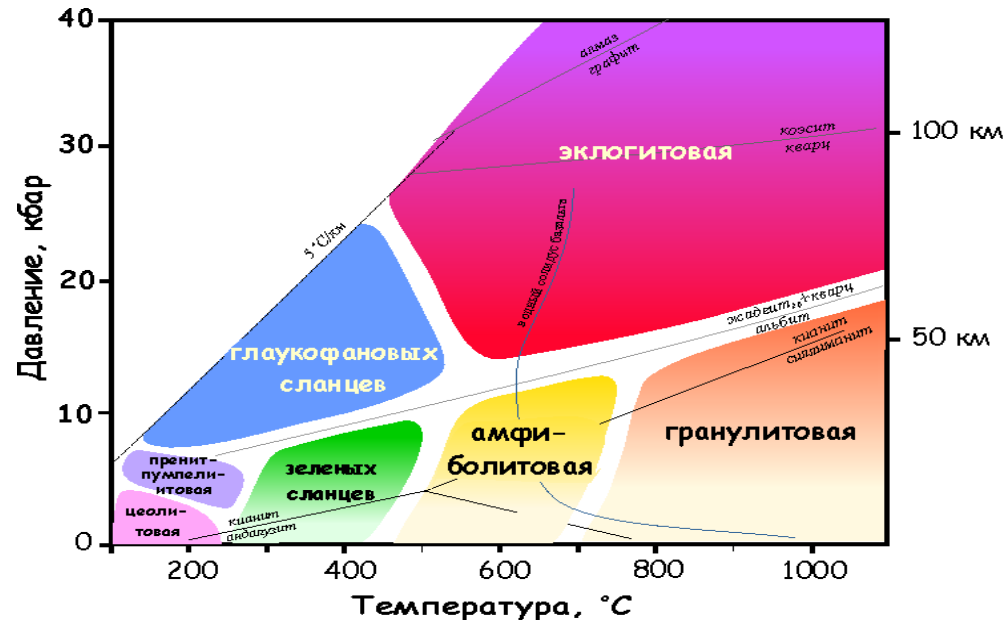
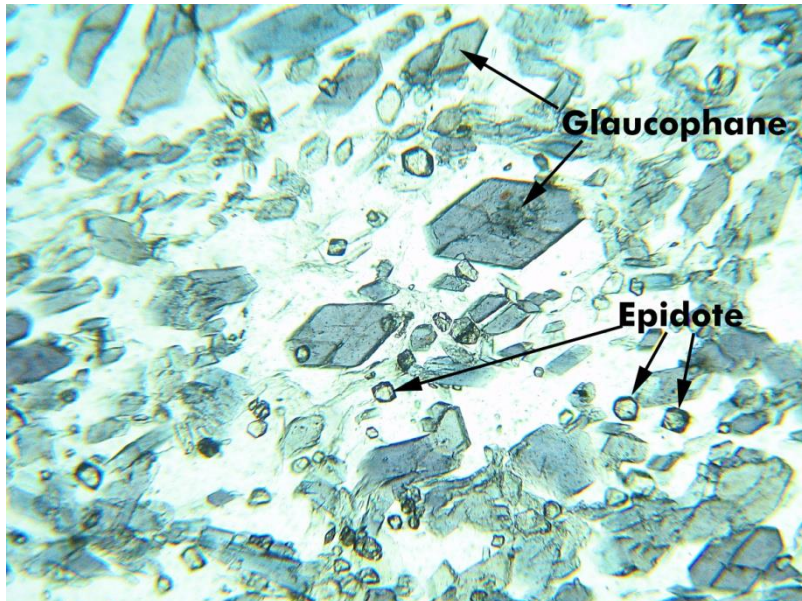
Т -300-400С

Голубые сланцы образуются при повышенных давлениях при воздействии на вулканы основного состава натриевых глубинных флюидов. Прослеживается их связь с разломами глубокого заложения.

Возможный состав:  
Глаукофан, Хлорит, Актинолит,  
Эпидот, Гранат (альмандин,  
Карбанат, Альбит, Кварц

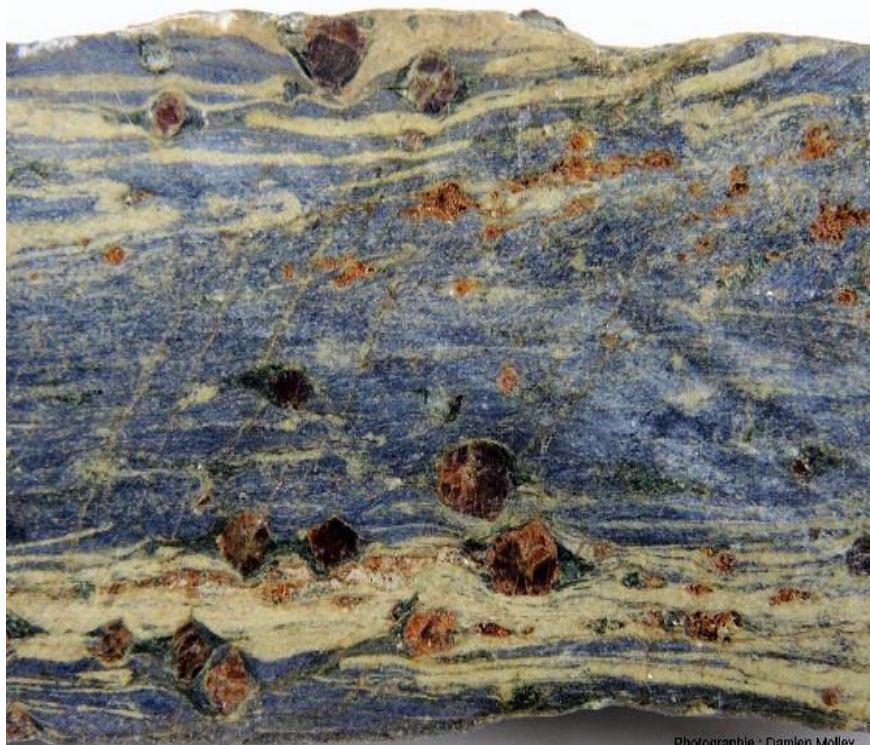
Глаукофан – амфибол  
 $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$

Результат аллохимического мет-ма –  
привнос Na.

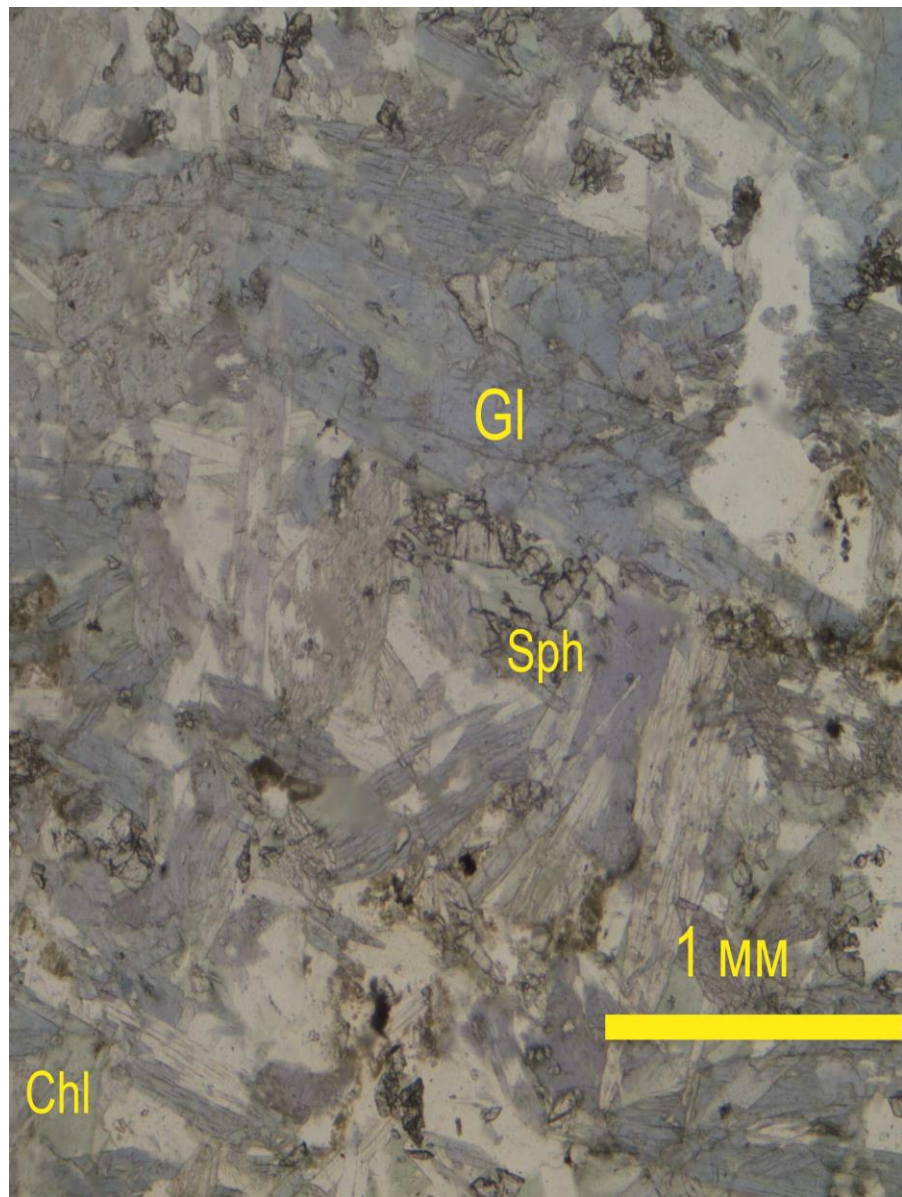




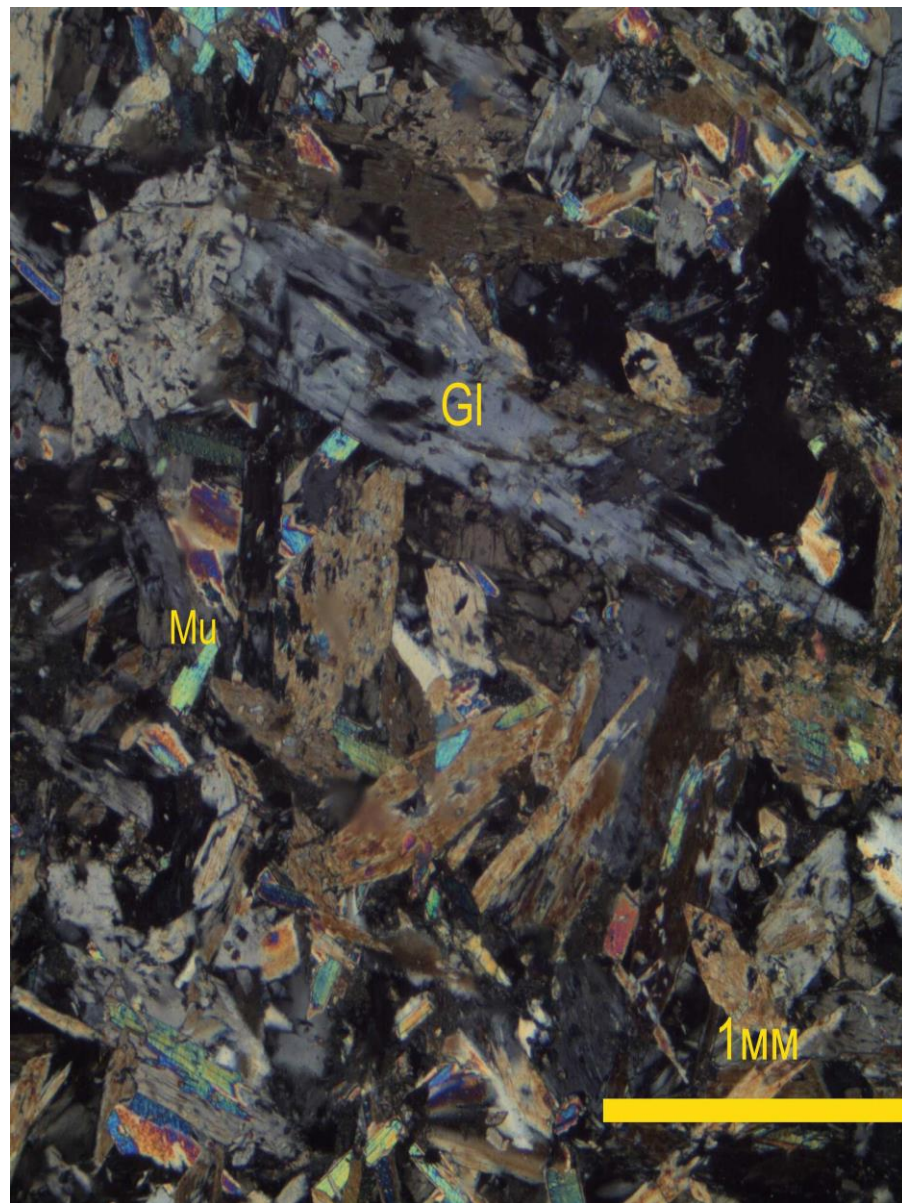
# Глаукофановые сланцы с гранатом и без







Без анализатора



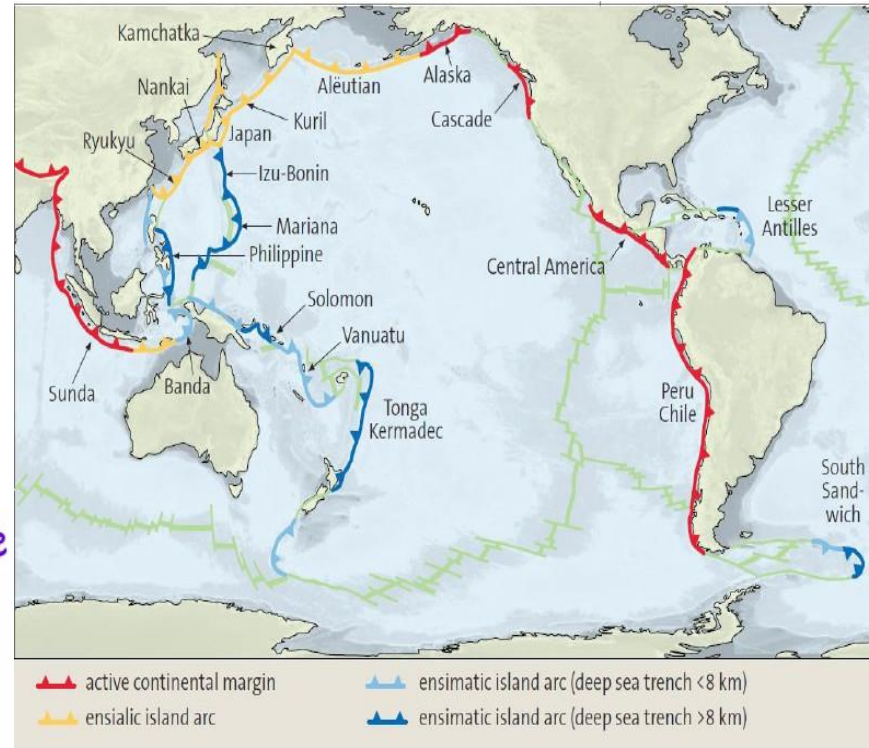
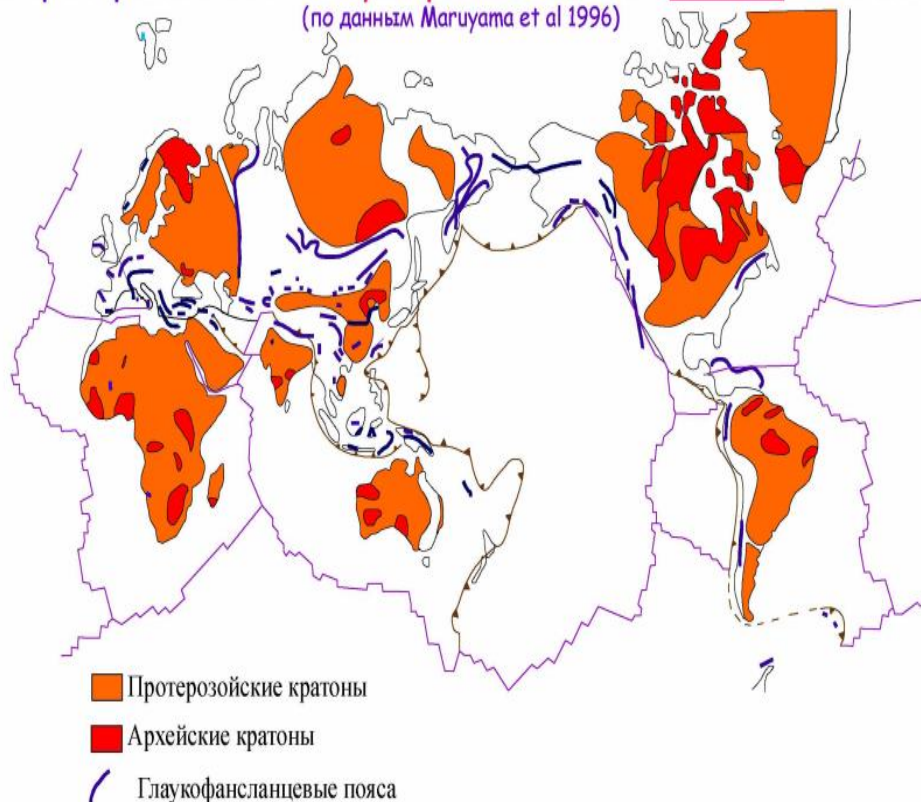
С анализатором

**Глаукофановый сланец**



# Соотношение глаукофаносланцевых поясов и зон субдукции

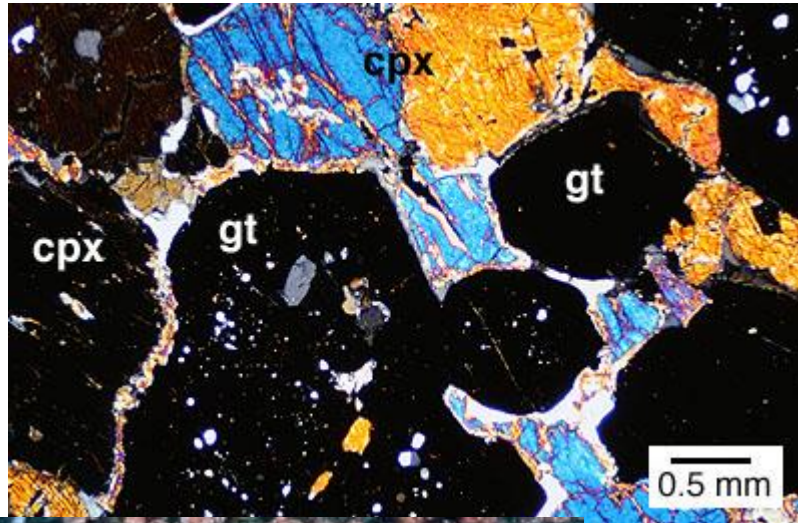
Распространенность глаукофаносланцевых поясов на Земле  
(по данным Maruyama et al 1996)



# Эклогиты

при давлениях более  
12-14 кбар исчезает плагиоклаз

состоят из клинопироксена с высоким содержанием жадеитового минала (омфацита) и гранатаgrossуляр-пироп-альмандинового состава, могут присутствовать кварца и рутил и др. минералы.



Разделяют *коровые* и *мантийные* эклогиты.

Коровые эклогиты находятся в составе складчатых поясов и образуются в зонах субдукции.

Мантийные эклогиты образуются в результате метаморфизма океанической коры, погружающейся в мантию.



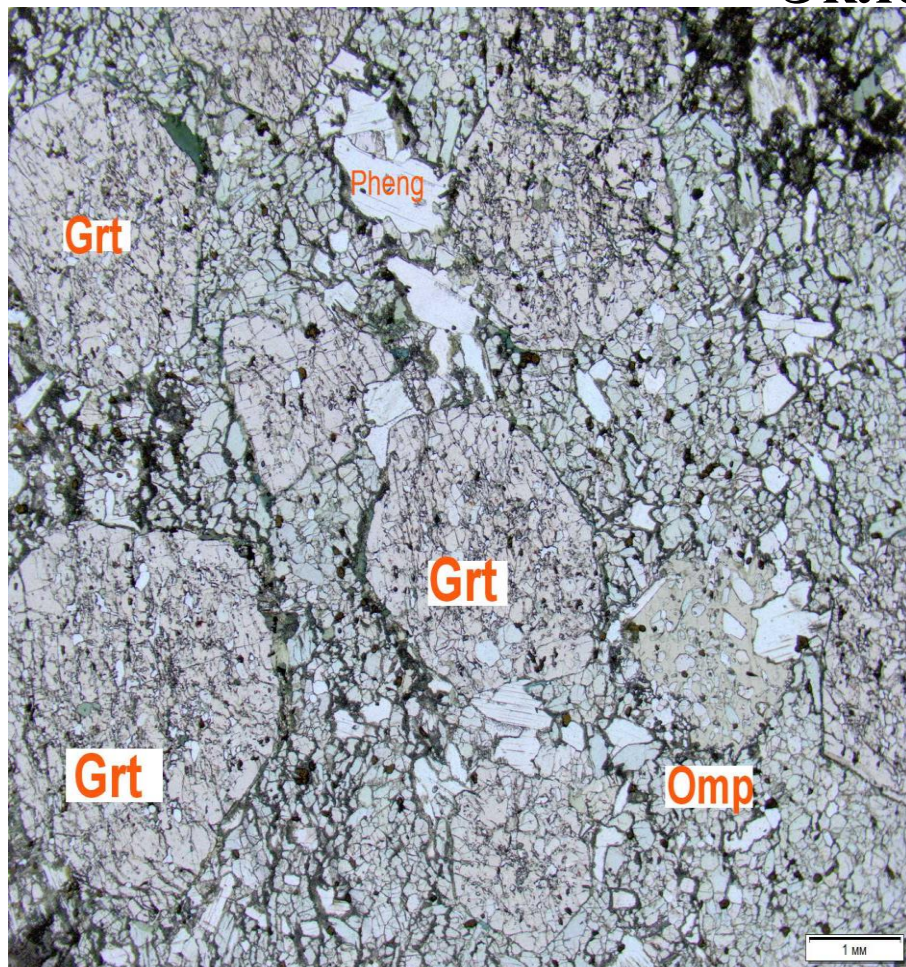
$\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  – жадеит

$\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$  –  
пироксен ряда диопсид-  
геденбергит

Омфацит -  
 $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6$

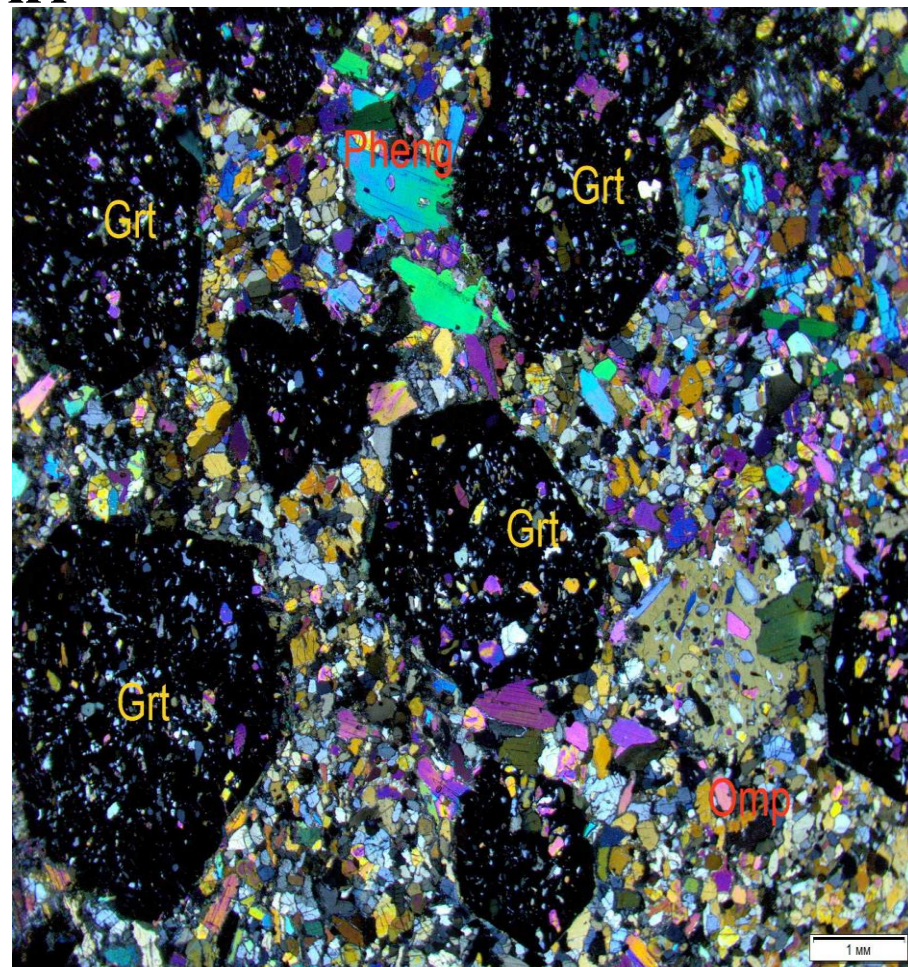


# Эклогит



Без  
анализатора

Порфиробласты граната размером 1,5-3,5 мм на фоне матрикса, состоящего из омфацита, фенгита, роговой обманки и кварца.

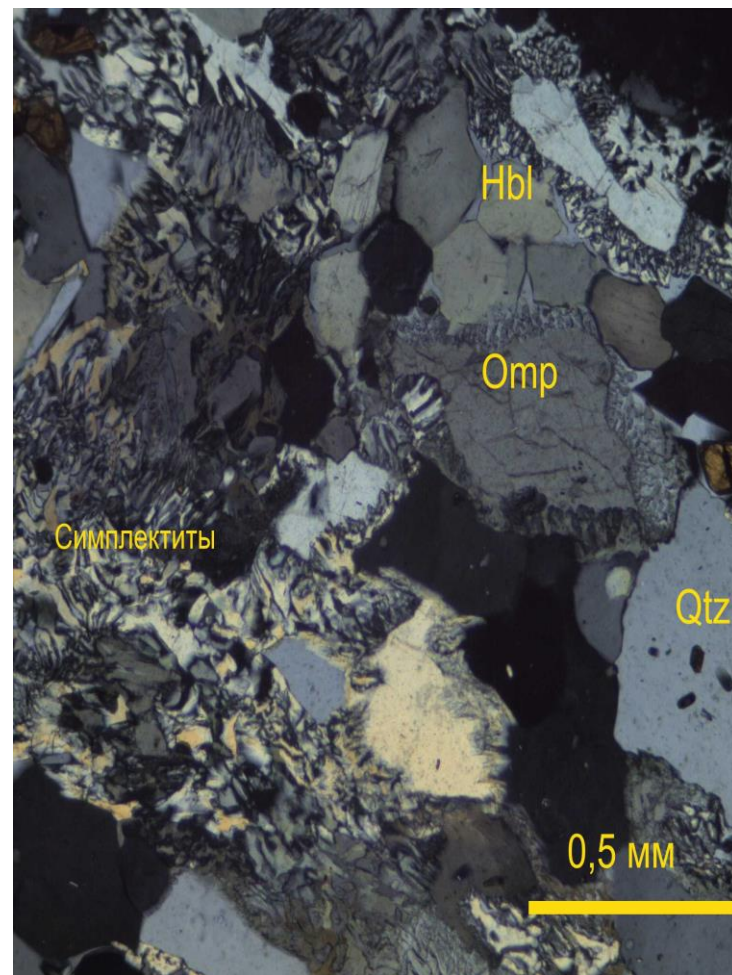
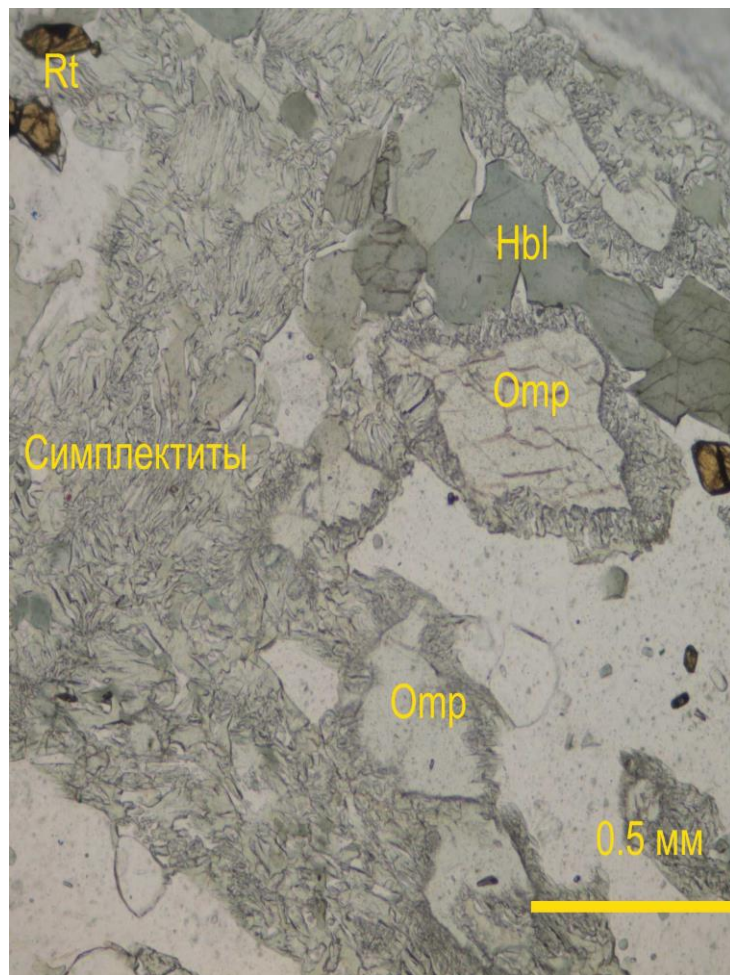


С анализатором

Фото из курсовой работы В.Селезневой, 212 гр.



# Симплектиты разложения омфацита в эклогите, возникающие при снижении давления



Без анализатора

Omp



Cpx + Pl



Hbl + Pl

С анализатором



# Спасибо за внимание!



**Хлоритовый сланец, фото с анализатором**