

# 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 Ca 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.
- **ортопороды** (магматические). Напр., ортогнейс, ортоамфиболит.

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

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



R040064

1 cm



cm 1

2

3

4

5

6

7

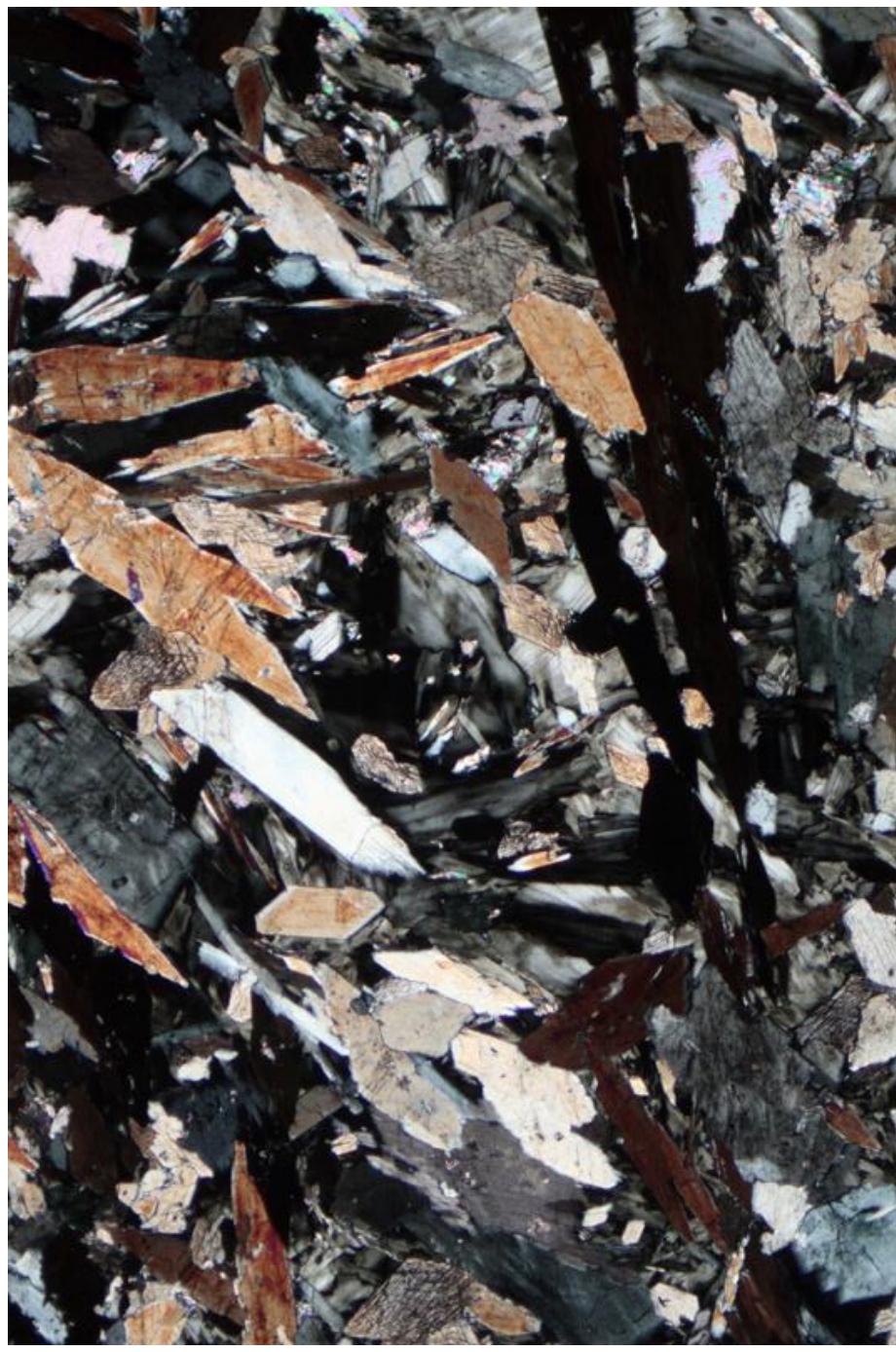
8

9

10

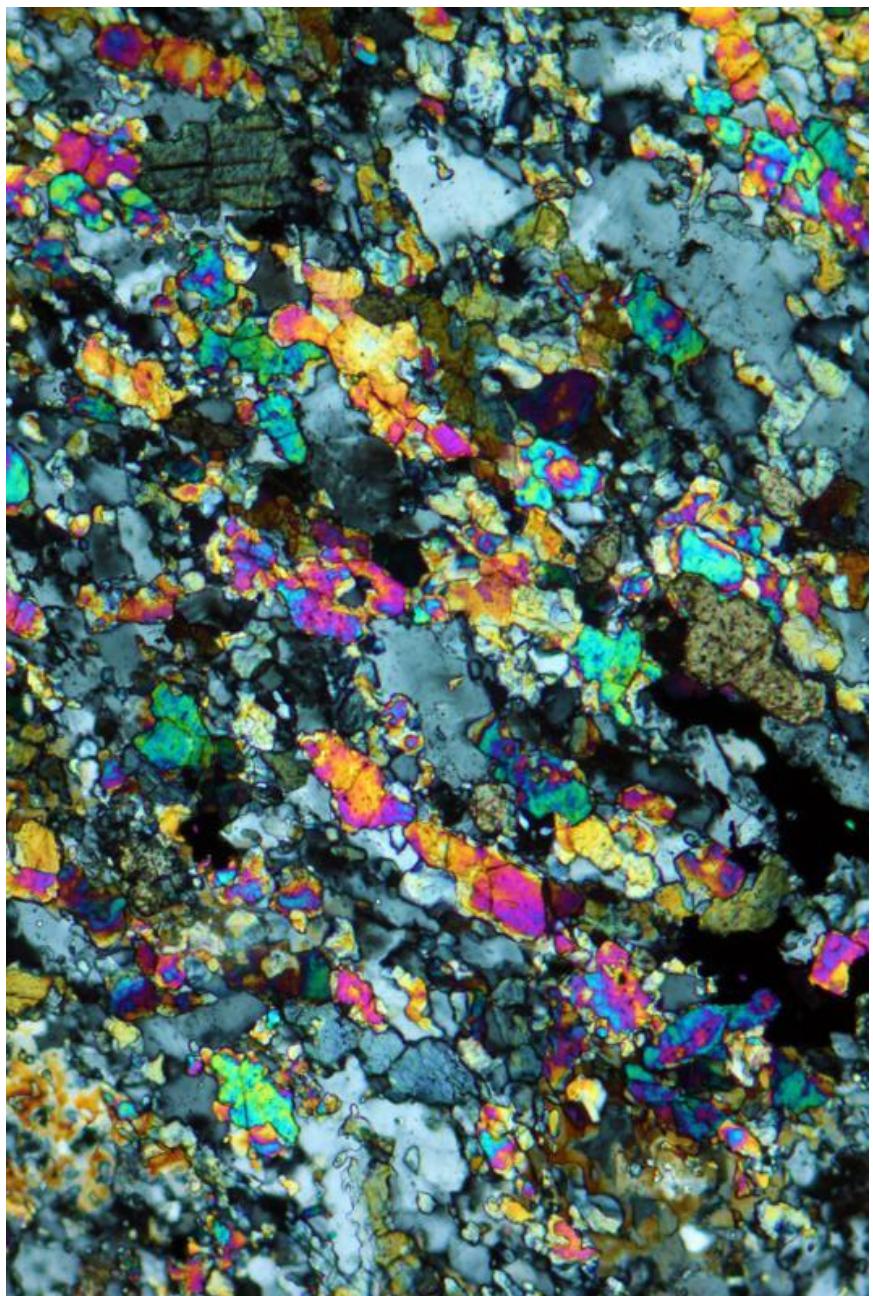
11

Актинолит

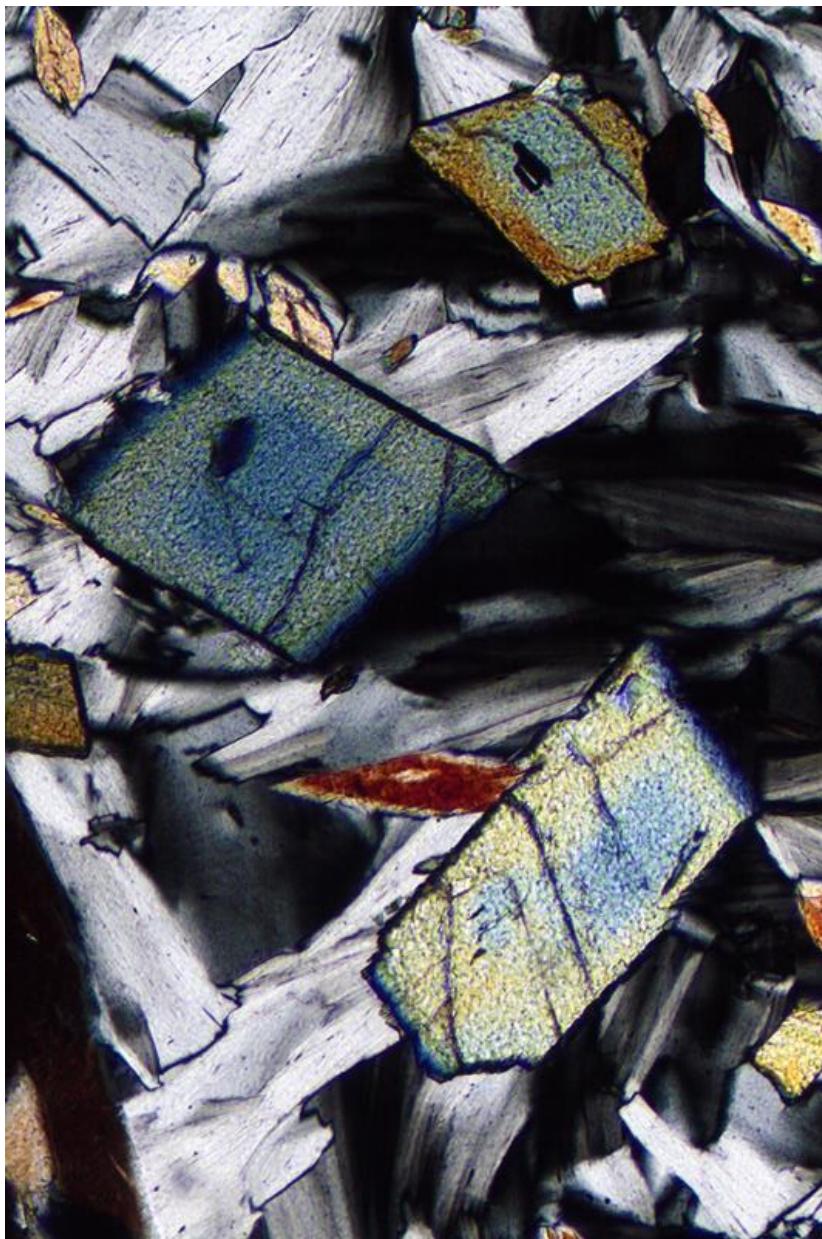


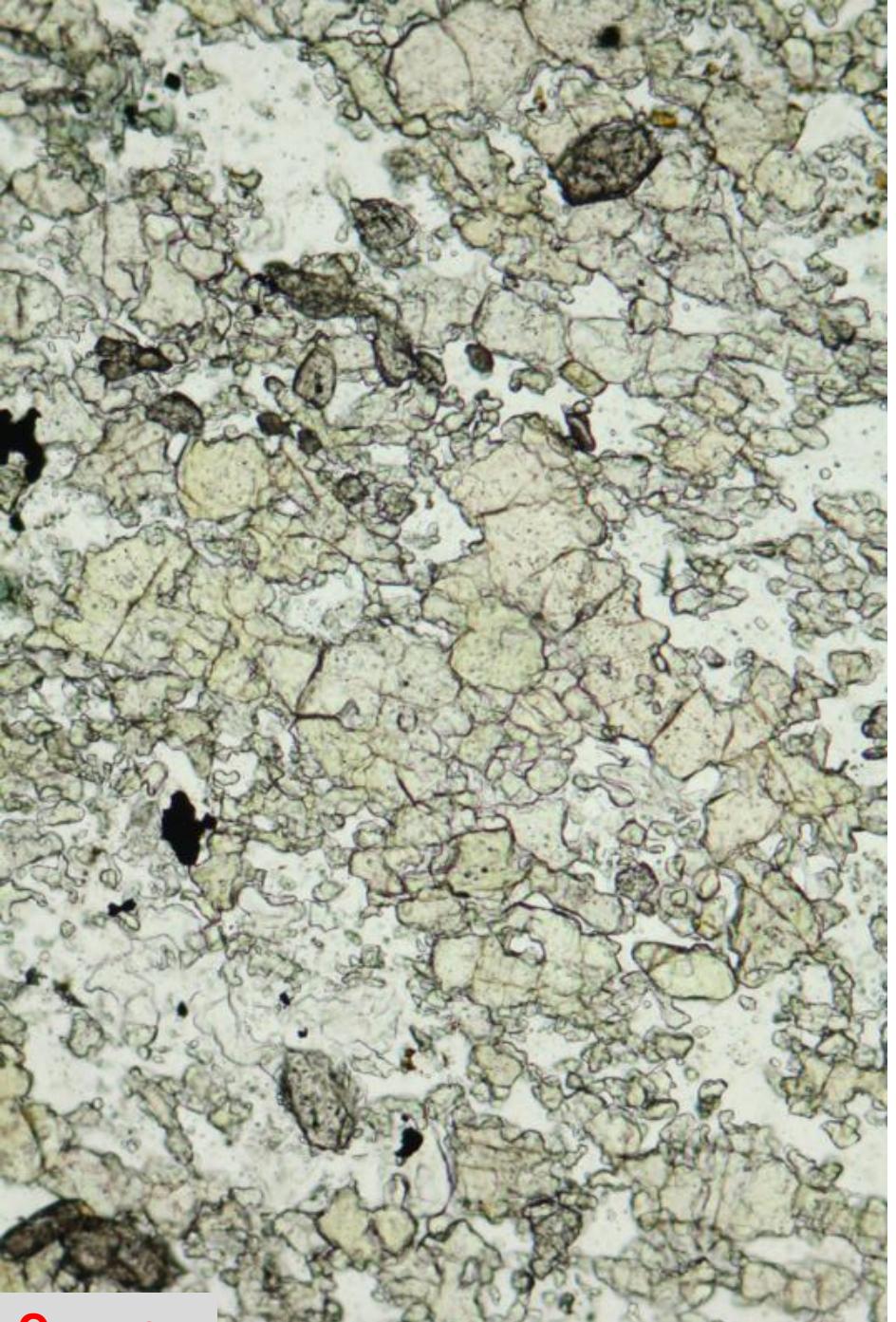
Актинолит

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

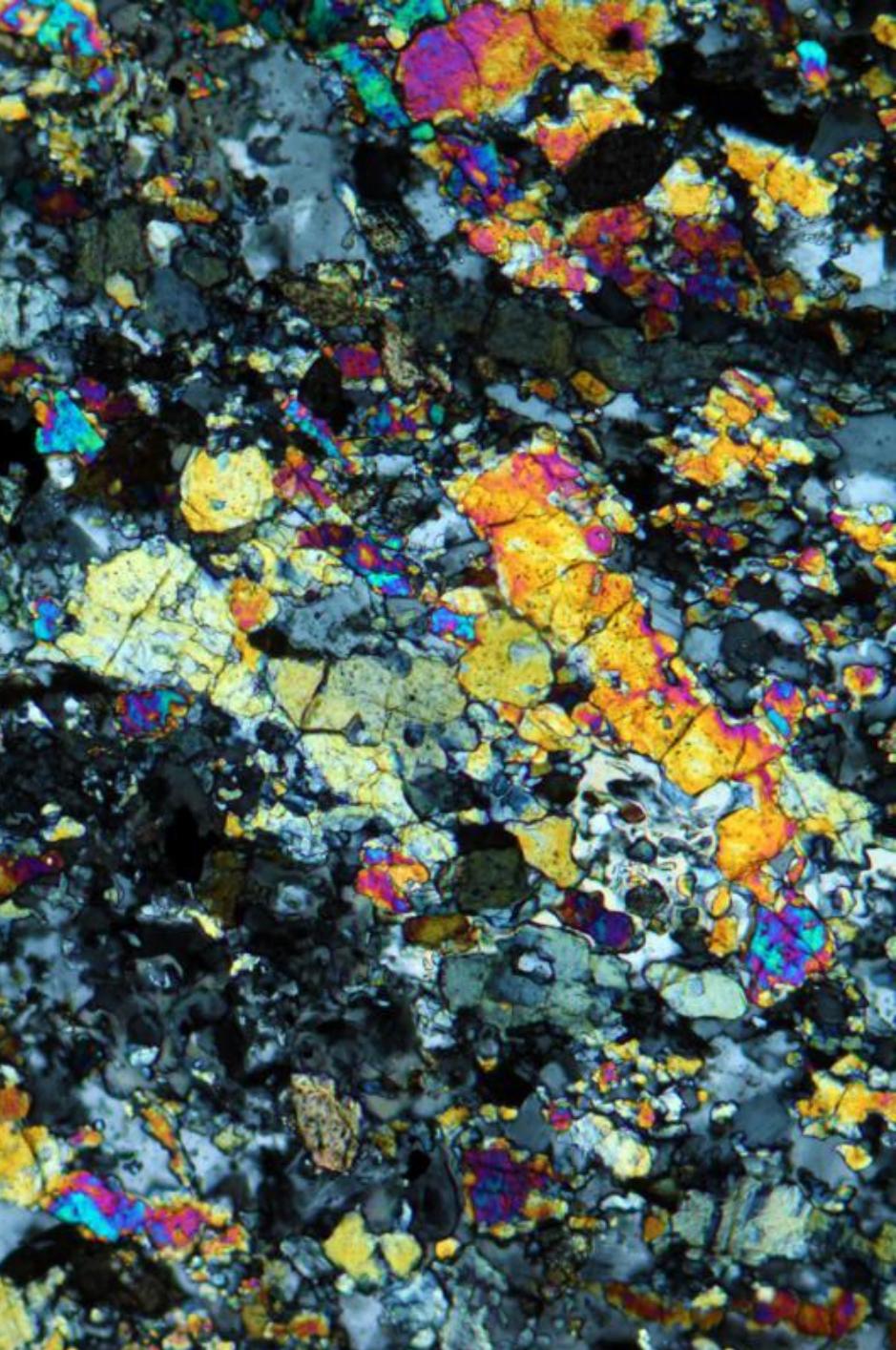


Цоизит -  $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$



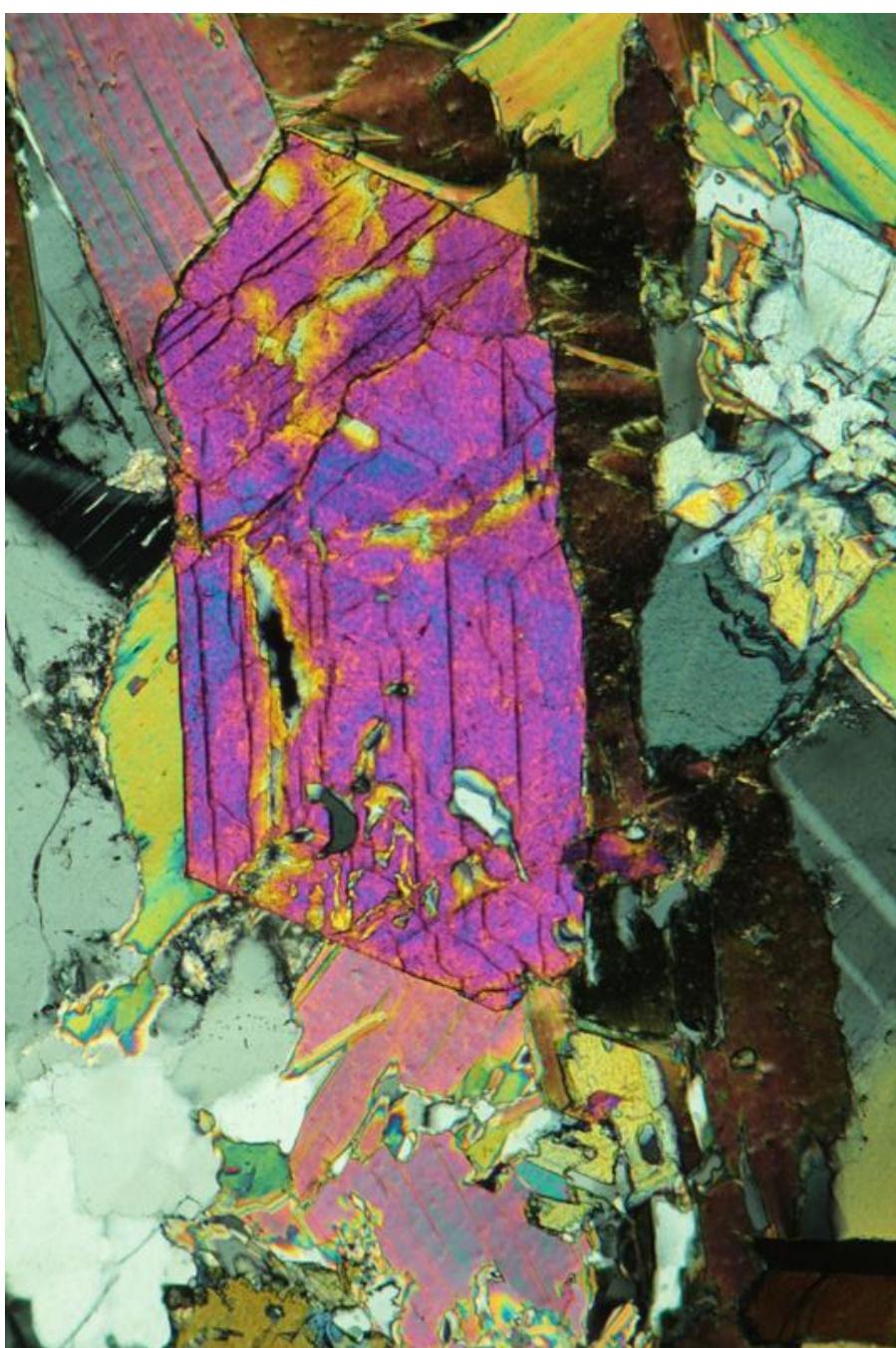


Эпидот

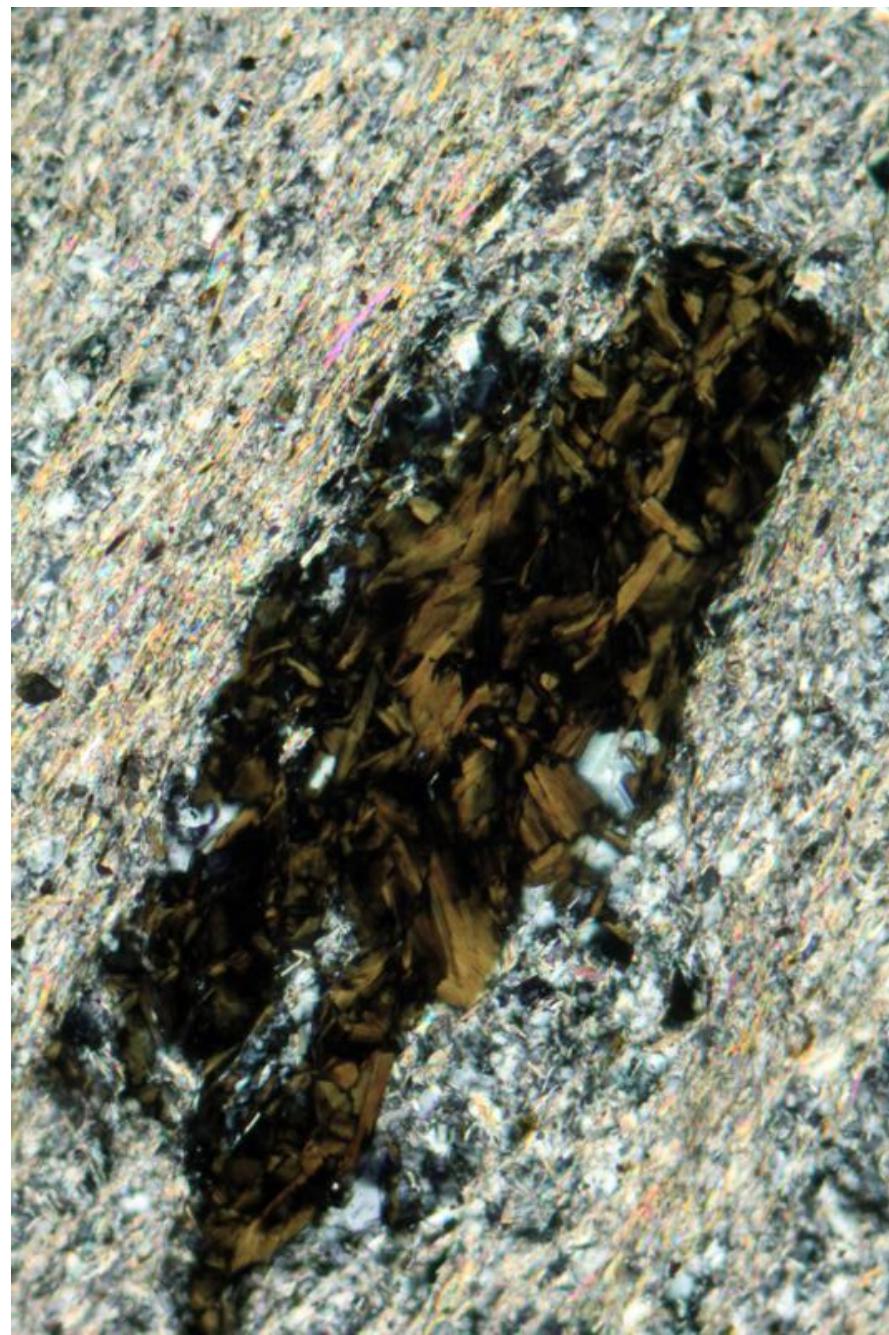




Эпидот



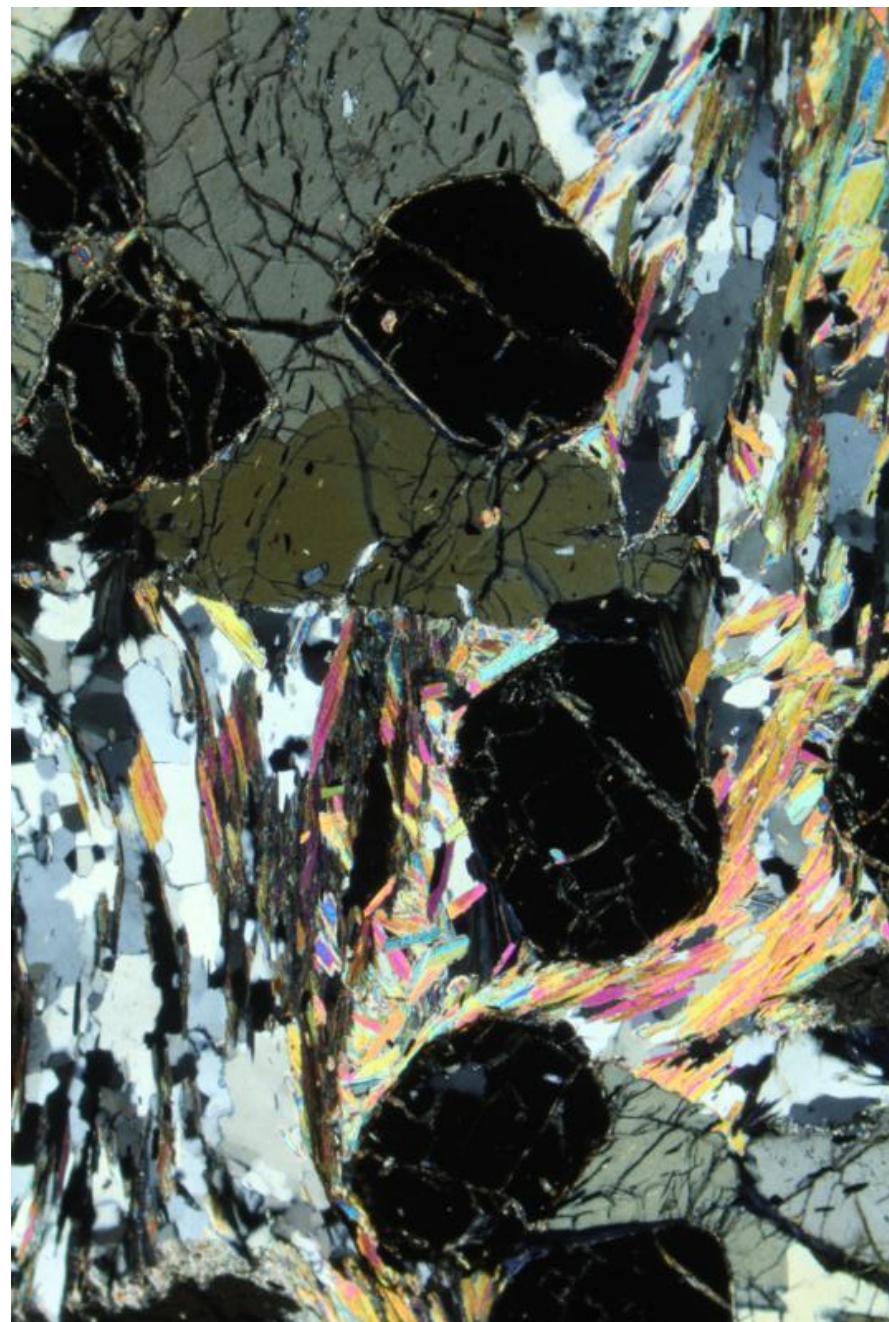
**Хлорит -  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}, \text{Al})_{12}[(\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{20}] (\text{OH})_{16}$**



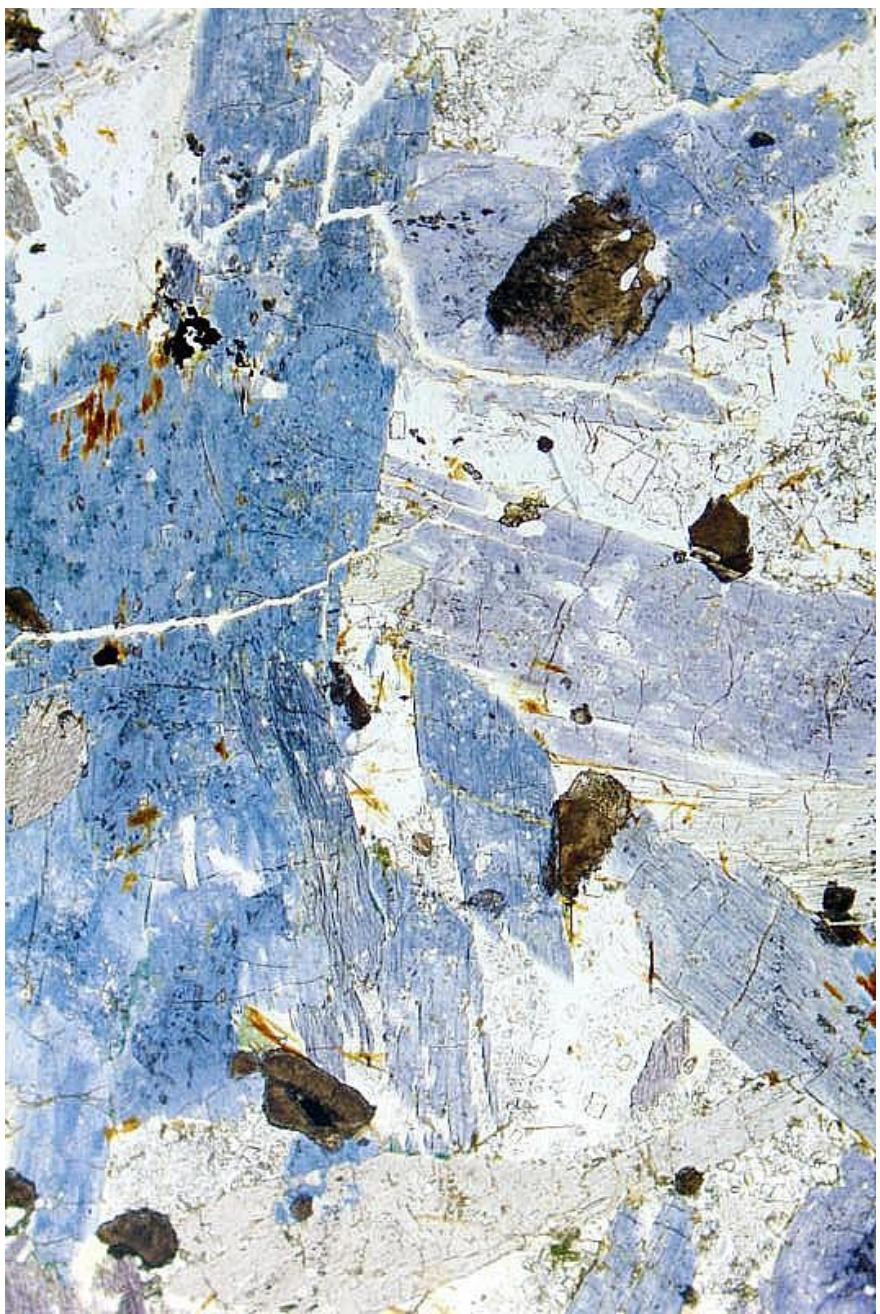
Гранаты -  $X_3Y_2(\text{SiO}_4)_3$

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

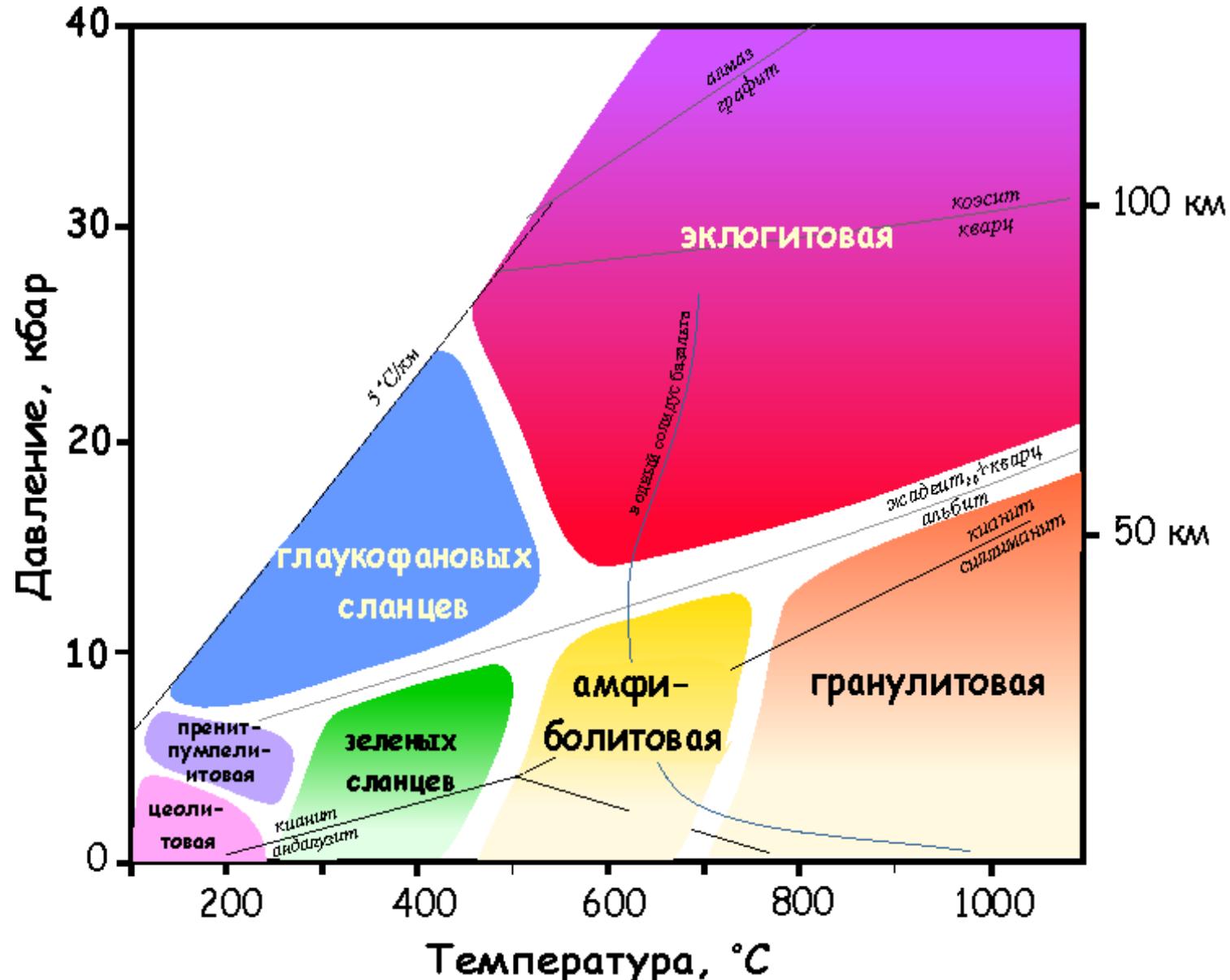
Y -  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$



# 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

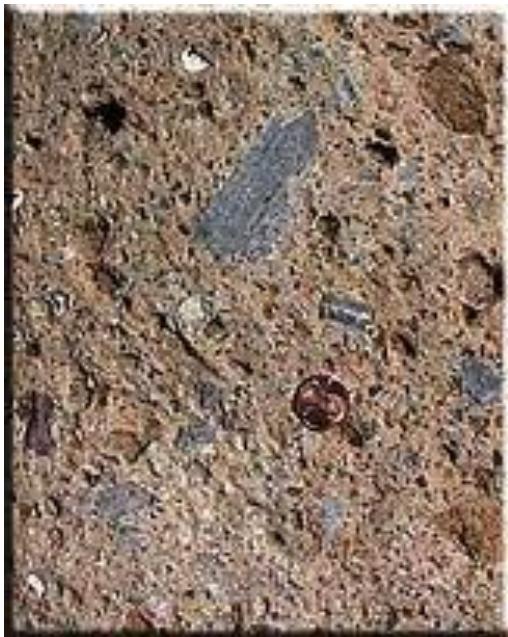
**Исходными породами метабазитов** могут быть:

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

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

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

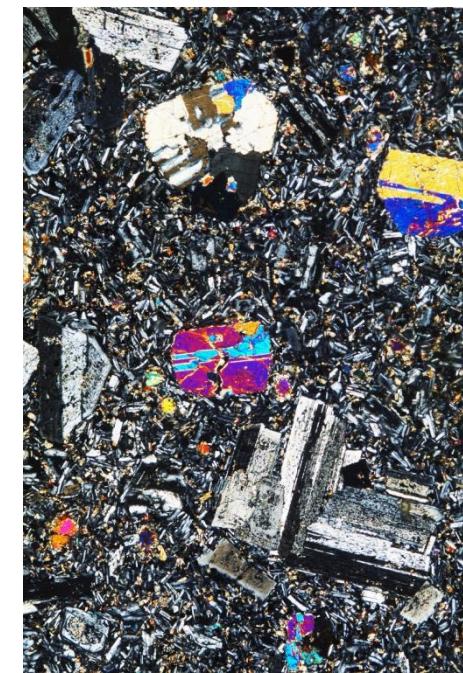
туффит



габбро

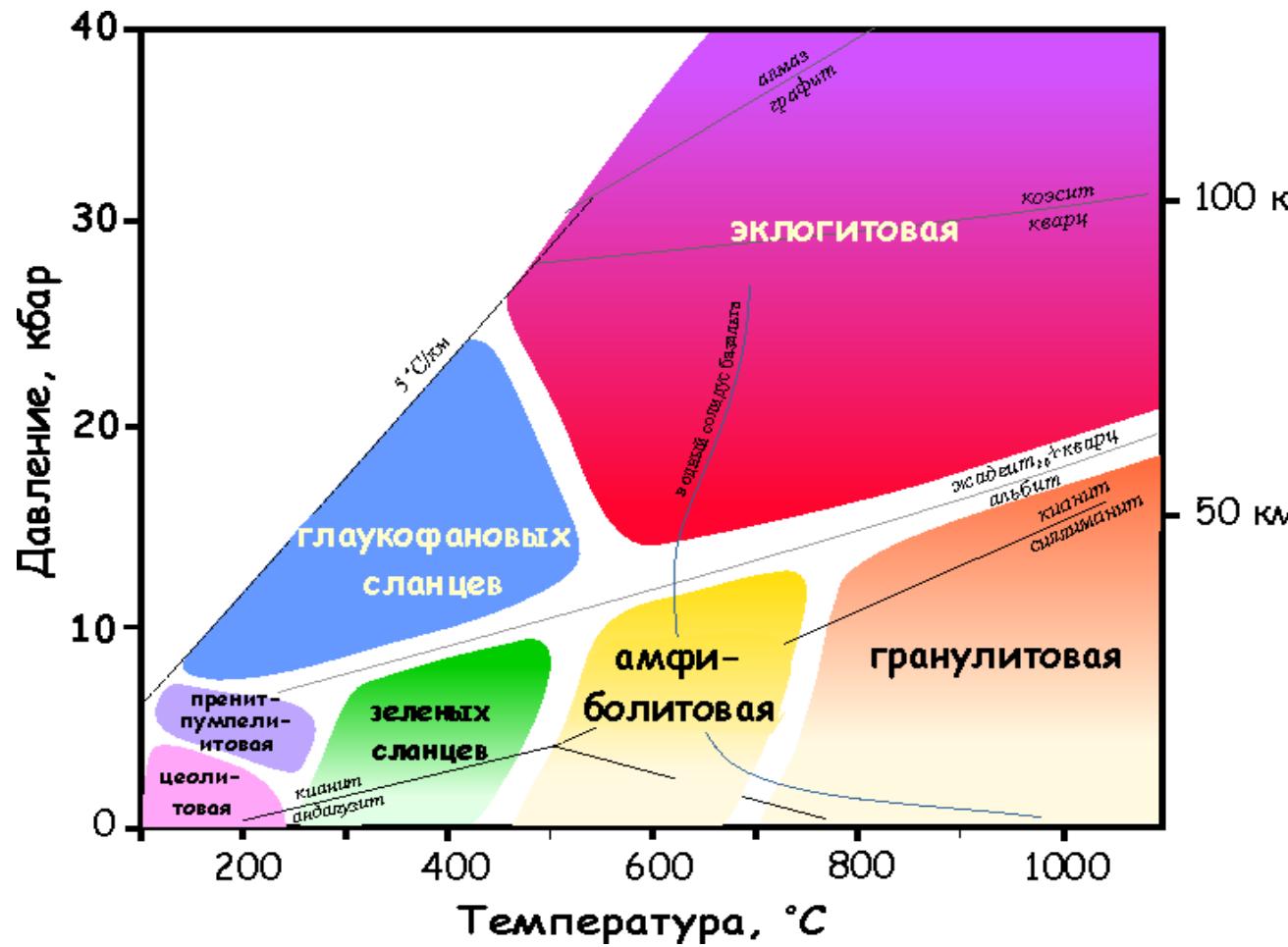


базалт



**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.

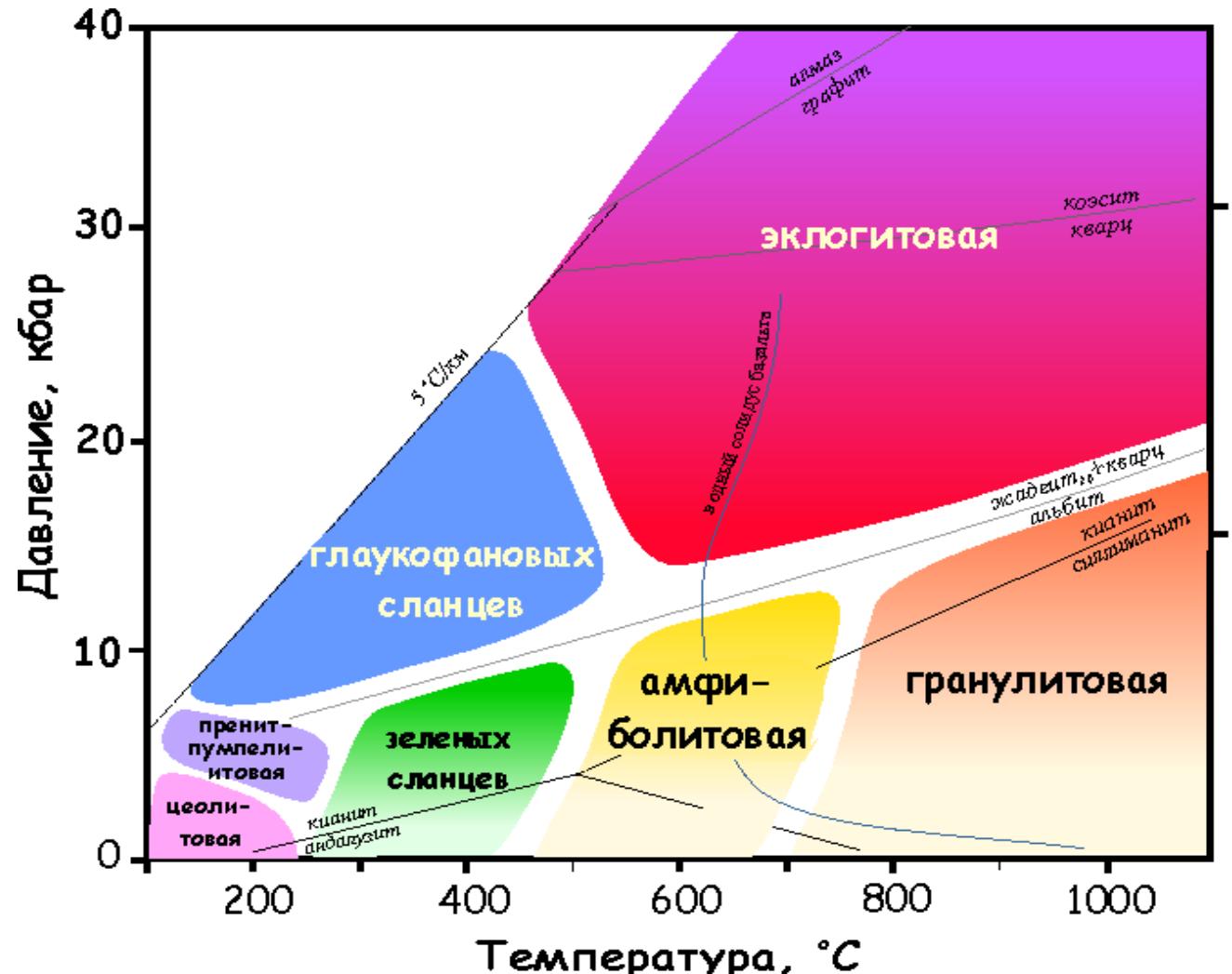
# Цеолитовая фация

P-T 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.

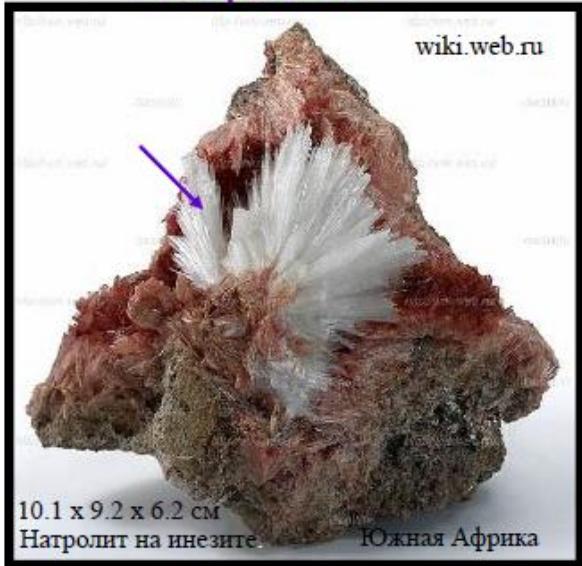




Пиллоу-лавы мыса Фиолент (Крым), метаморфизованные при условиях низкотемпературной фации метаморфизма (цеолитовой и пренит-пумпелиитовой).

# НЕКОТОРЫЕ ЦЕОЛИТЫ

Натролит



Анальцим



Ломонтит

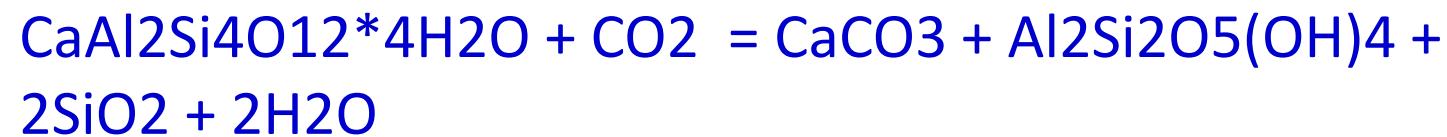


Гейландит



**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,



*ломонит + CO<sub>2</sub> = кальцит + каолинит + кварц + H<sub>2</sub>O*

## Цеолитовая фация

**Распространение:** преимущественно области вулканической деятельности.

Неизменённые базальты часто микро- и/или макропористые:  
-дегазация H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> 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.

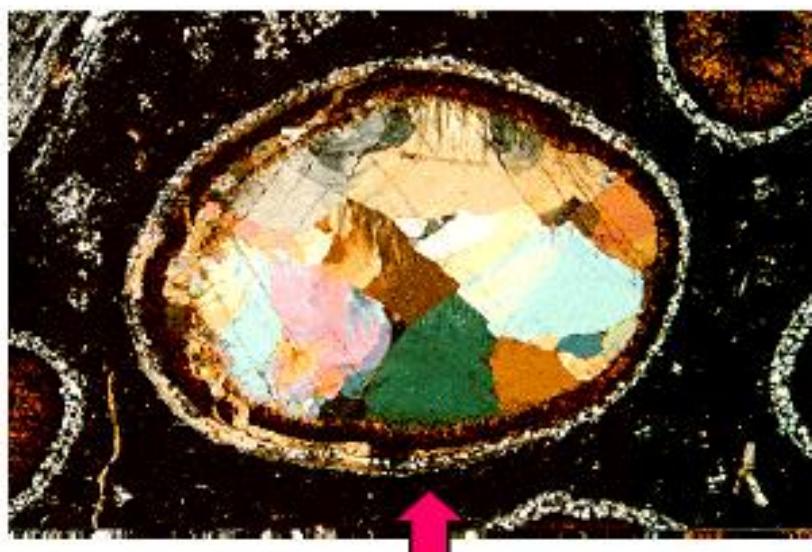
Размеры газовых пузырей от субмикронных до 1-3 м в  
поперечнике при длине до 5-8 м ("слоновьи ноги") в  
мощных покровах базальтов трапповой формации  
бассейна реки Параны (Ю.Америка), излившихся на влажные  
грунты

# 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.

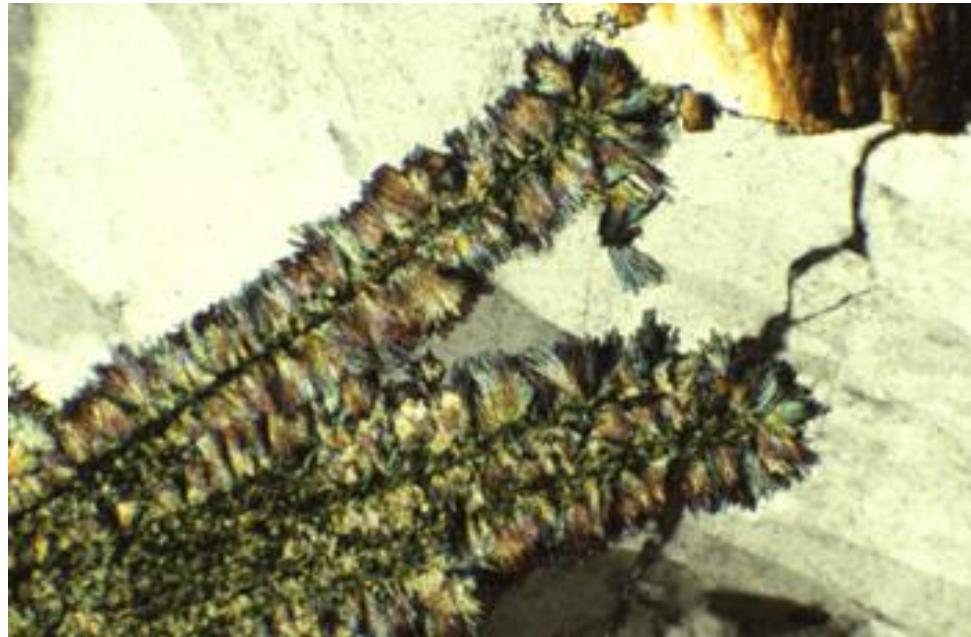


Концентрические слои кварца, селадонита и <sub>24</sub> кальцита в миндалине в базальте.

# ПРЕНИТ-ПУМПЕЛЛИИТОВАЯ ФАЦИЯ

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

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



Прожилок пумпеллиита с небольшим количеством пренита измененном долерите.



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



[www.williampinch.com/chinese-gallery](http://www.williampinch.com/chinese-gallery)

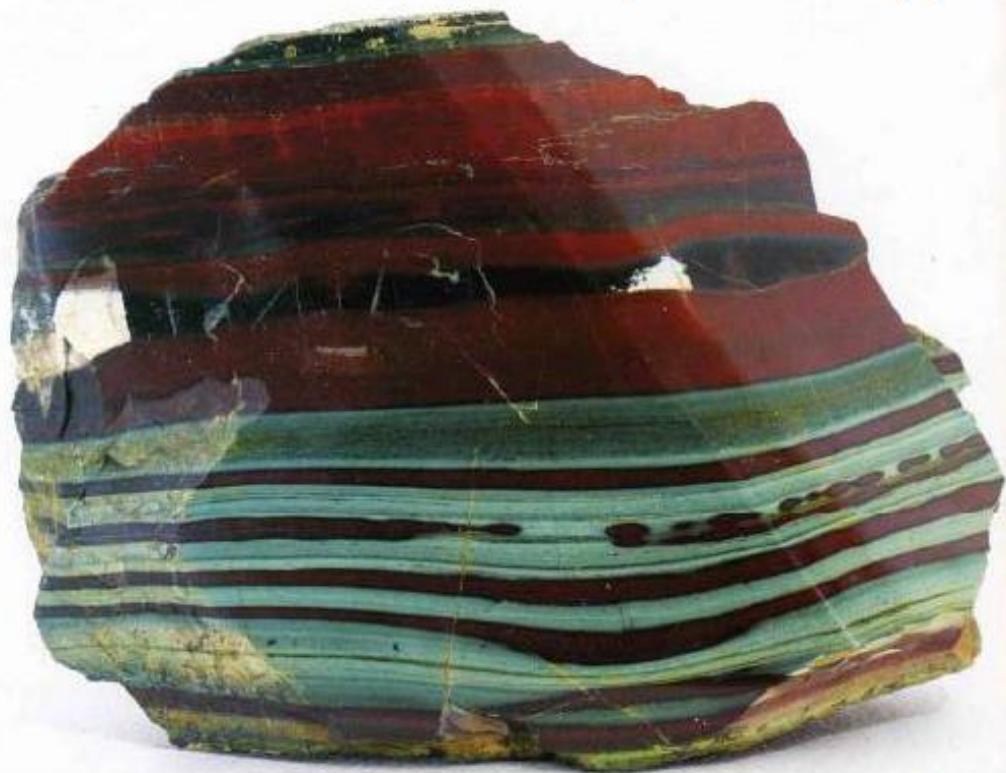
Пренит на датолите ( $\text{CaB}_5\text{SiO}_4(\text{OH})$ ) из  
метабазальта. 4x4 см



[geology.about.com/od/regional\\_](http://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

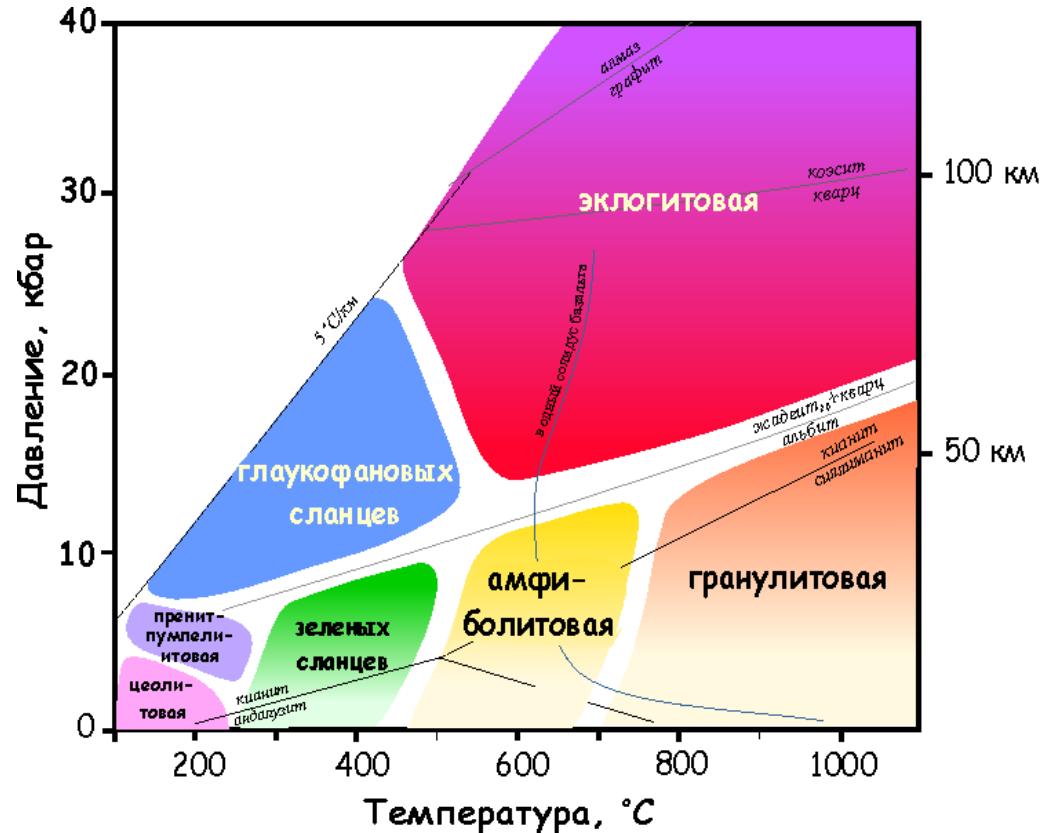


Причина зелёной и синеватой окраски  
наличие пумпеллиита,  
красной – наличие гематита,  
менее андрадита

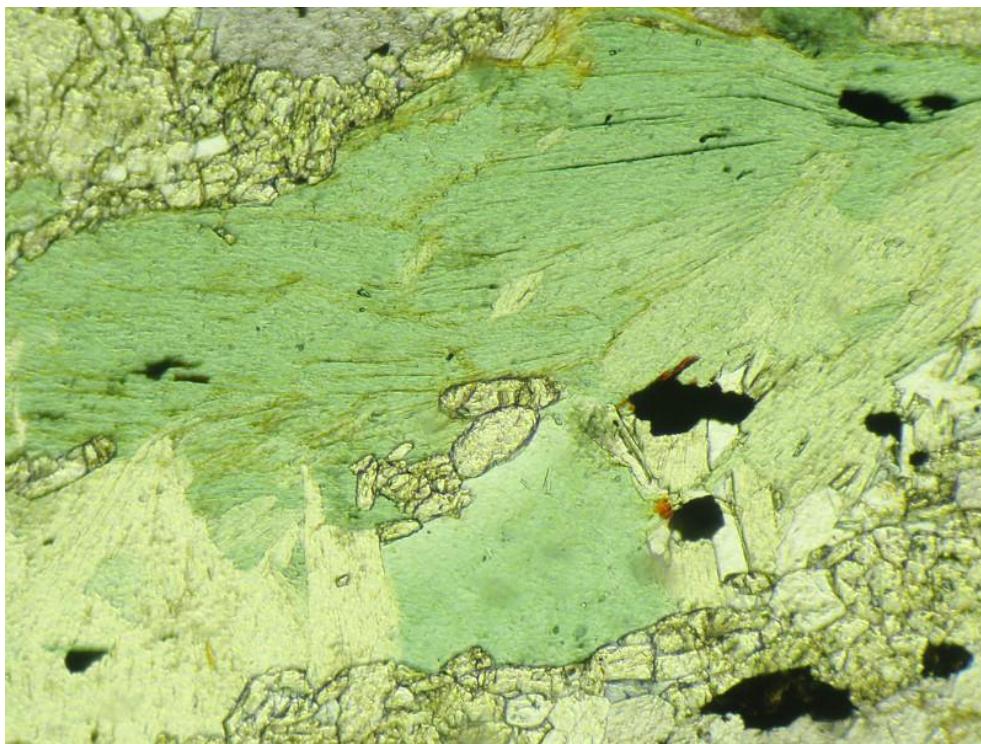


породы **Фации зеленых сланцев** широко распространены в метаморфических метабазитовых поясах и возникают при повышении температуры до 300°C.

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



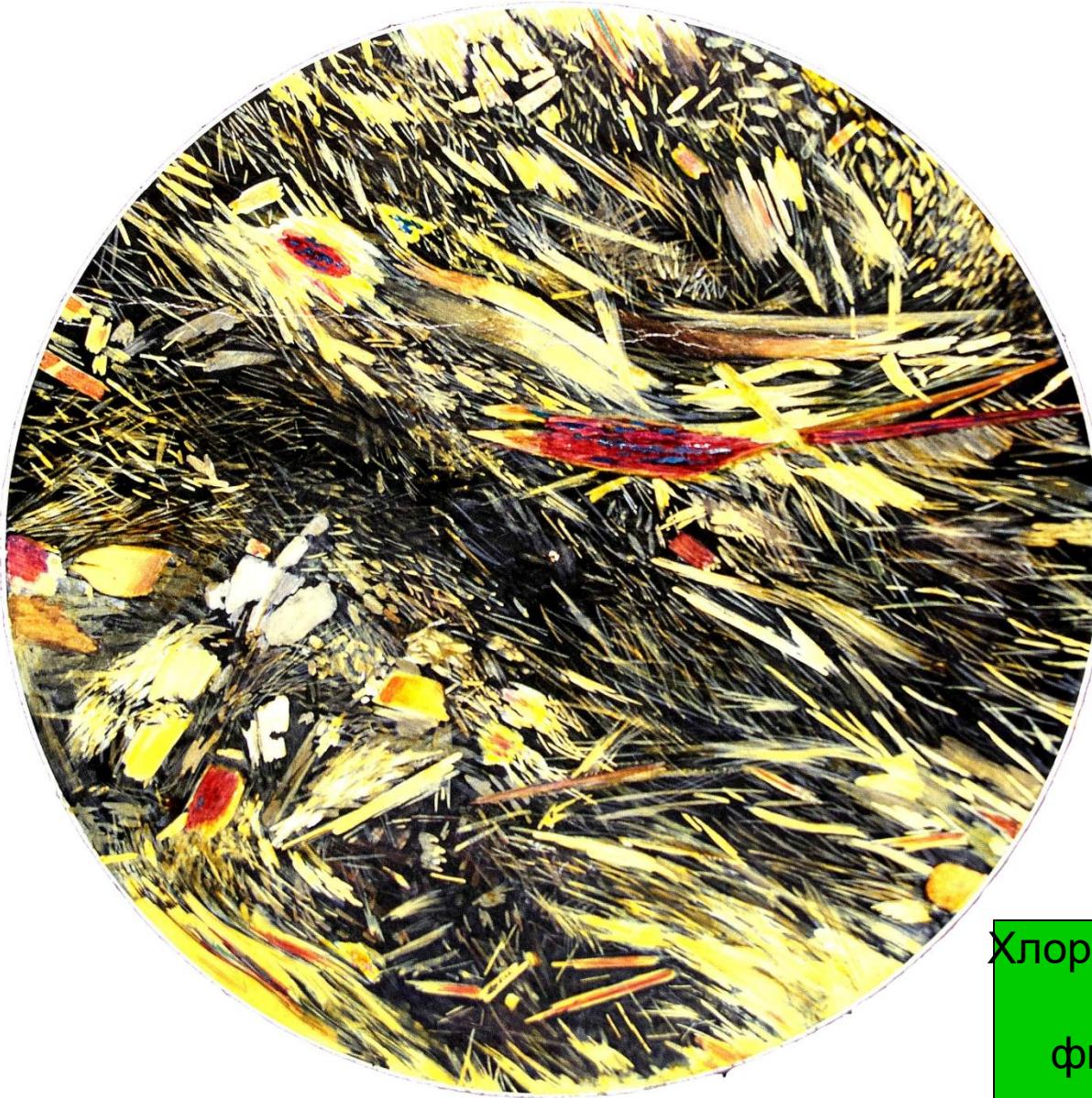
Структура **гранонематобластовая**, реже **лепидогранонематобластовая** (при наличии хлорита) или **гранофибробластовая**, когда амфибол имеет форму игольчатых кристаллов и волокон. Текстура пород обычно **сланцеватая**, иногда **микроплойчатая**.



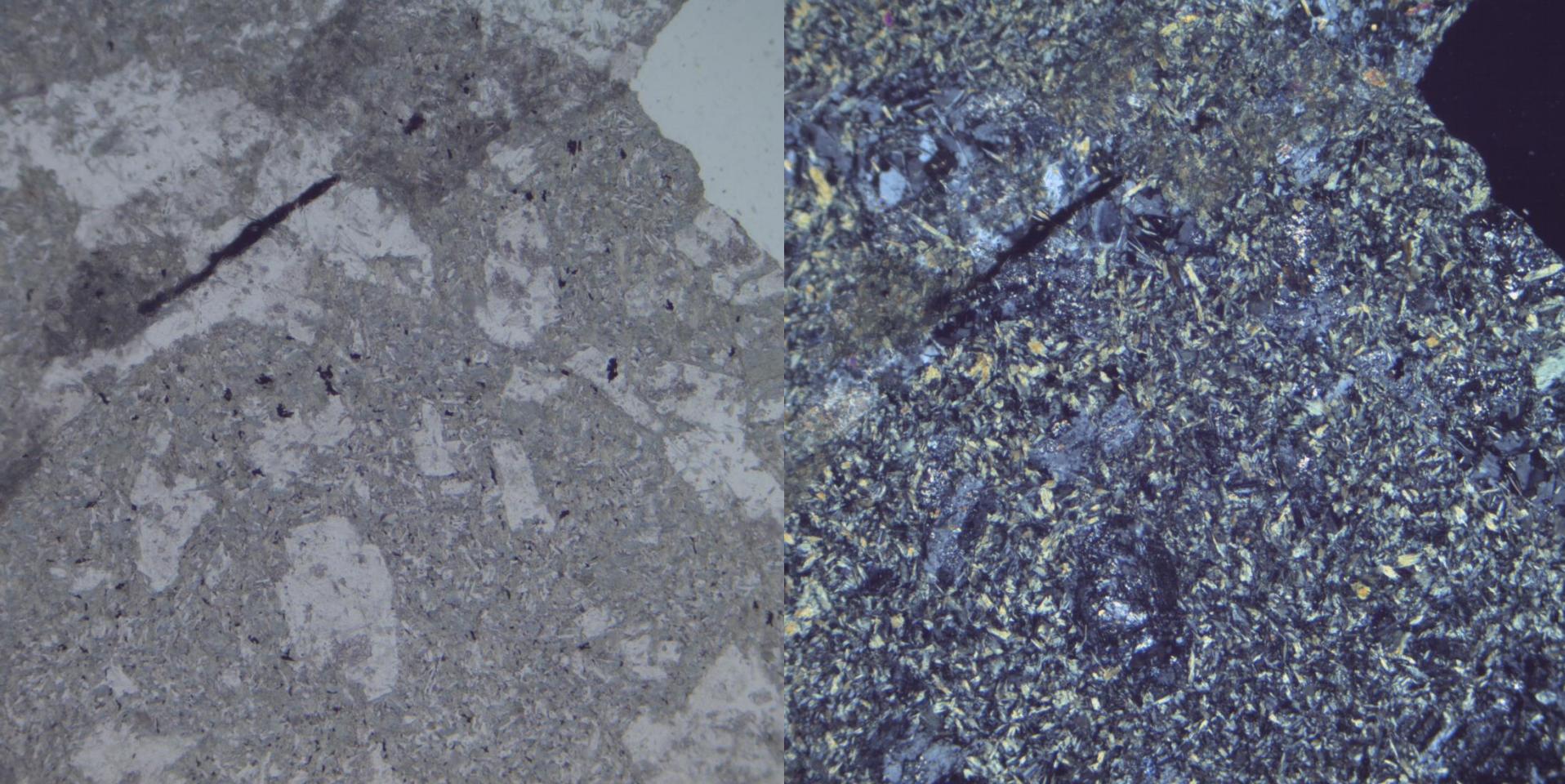
Хлорит-эпидотовый сланец  
с гранолепидобластовой  
структурой

Текстура зеленых  
сланцев часто ясно  
выраженная  
сланцеватая, иногда  
тонкослоистая

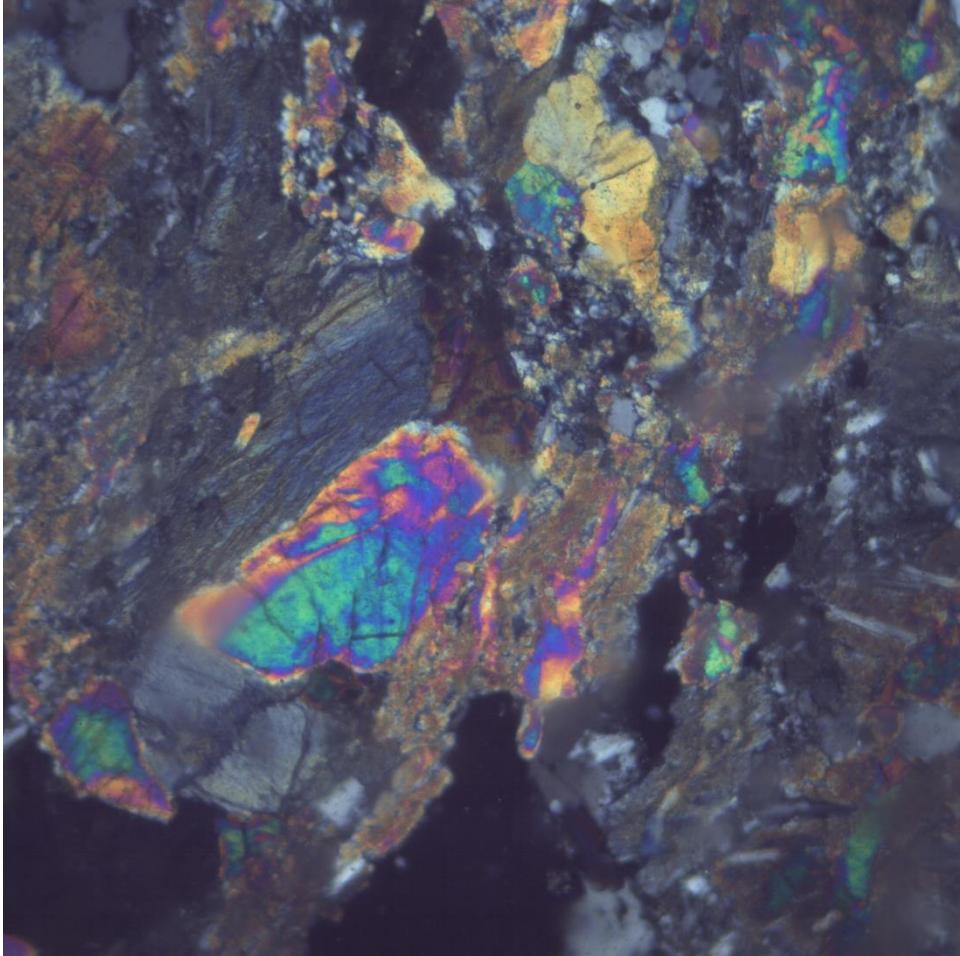
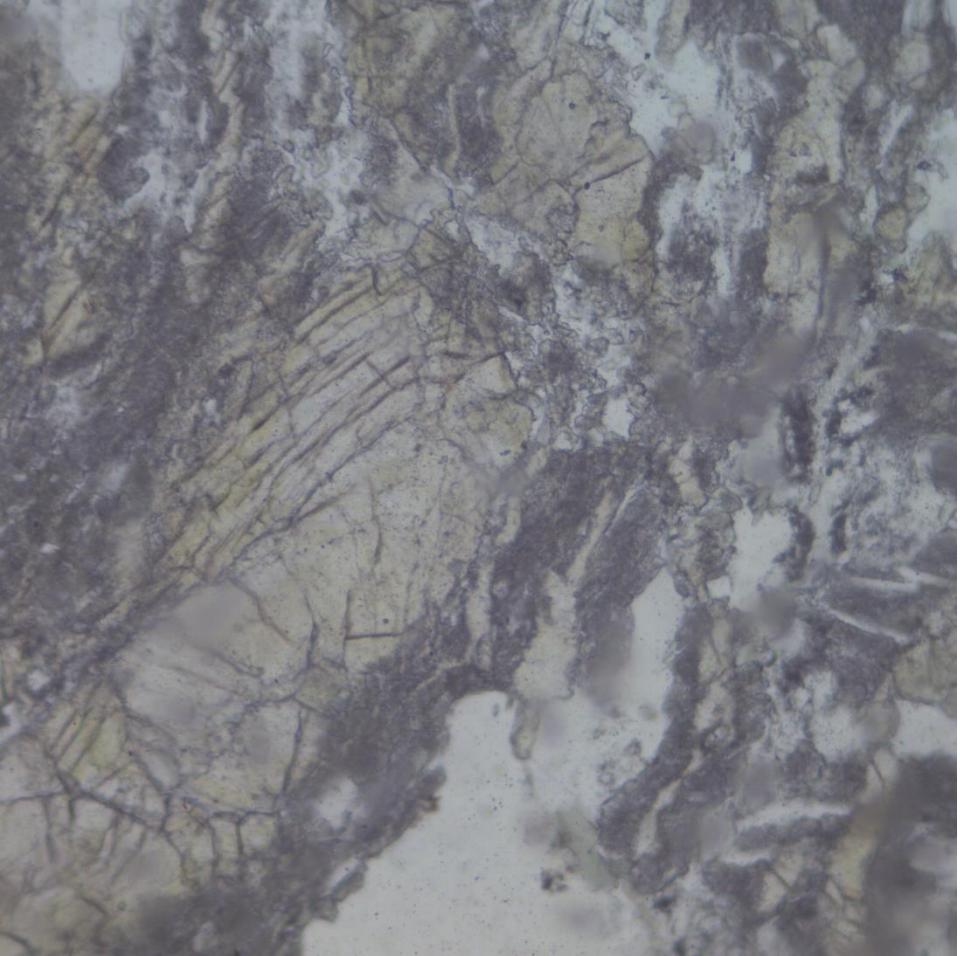




Хлорит-актинолитовый  
сланец с  
фибробластовой  
структурой



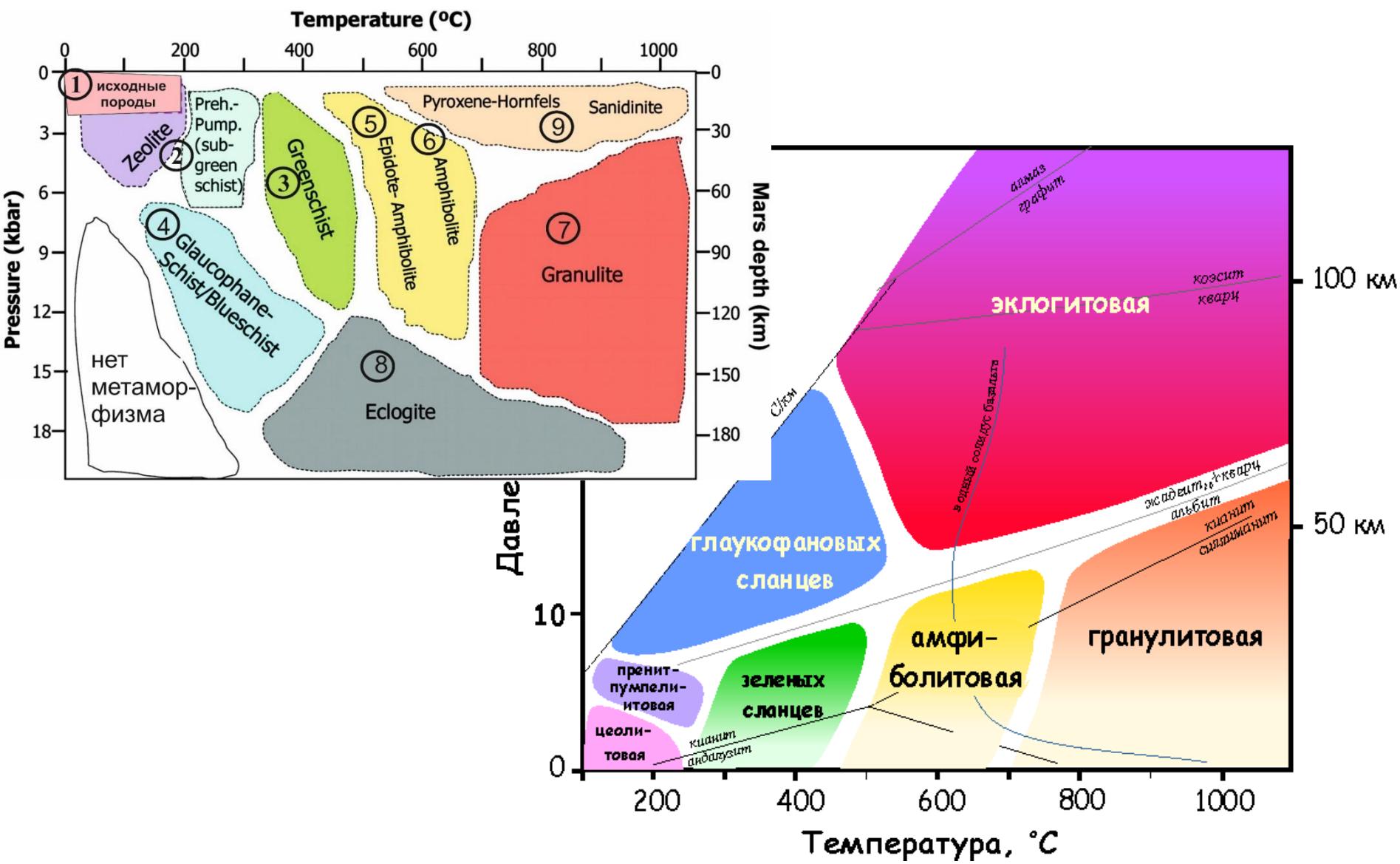
Зеленый сланец, состоящий из актинолита и эпидота с подчиненным количеством хлорита, образовавшихся при изменении базальта. Вкрапленники плагиоклаза соссюритизированы



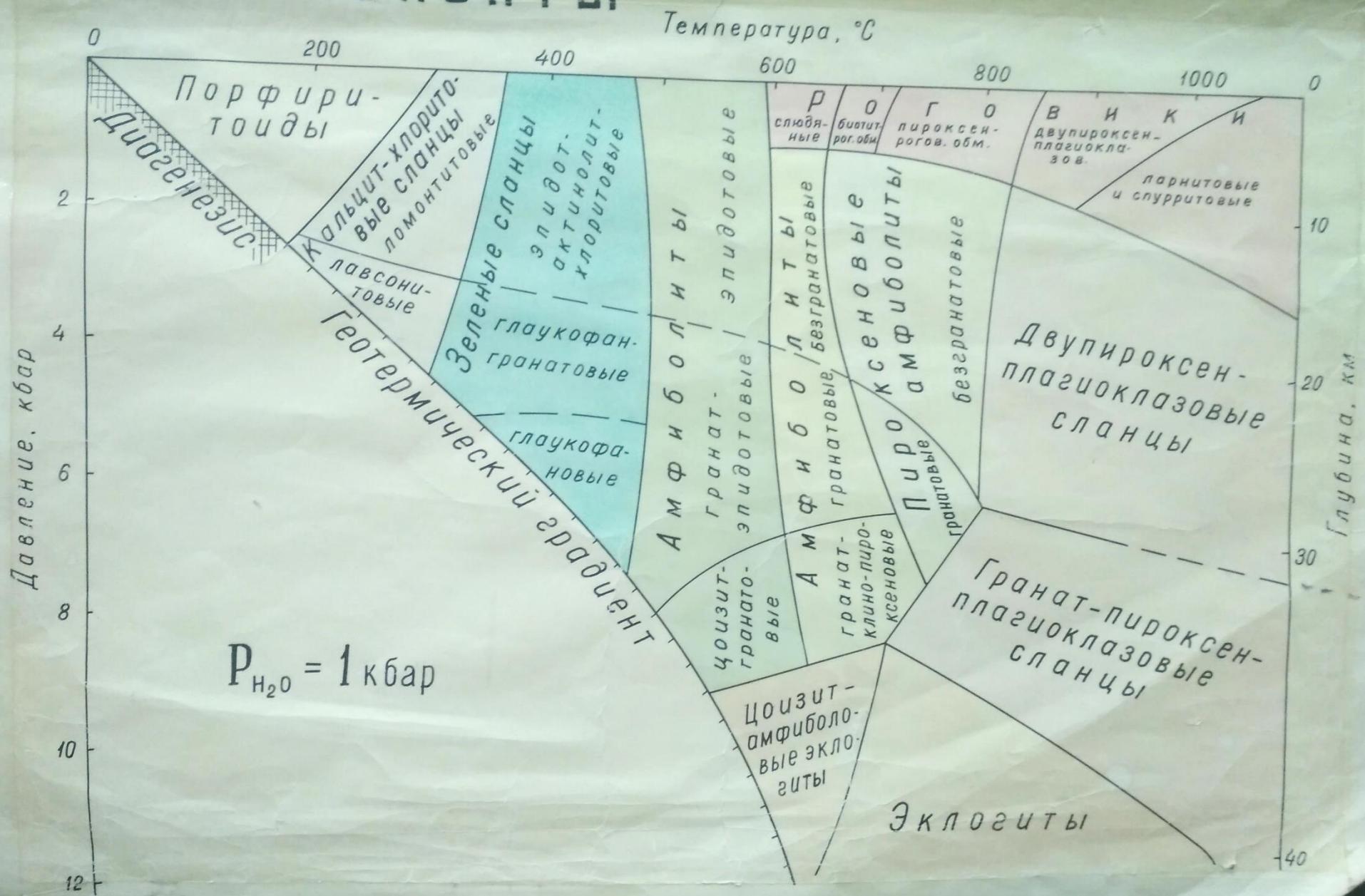
Крупные кристаллы эпидота в зеленом сланце

# АМФИБОЛИТОВАЯ фация

Различные схемы фаций для метабазитов:



# МЕТАБАЗИТЫ

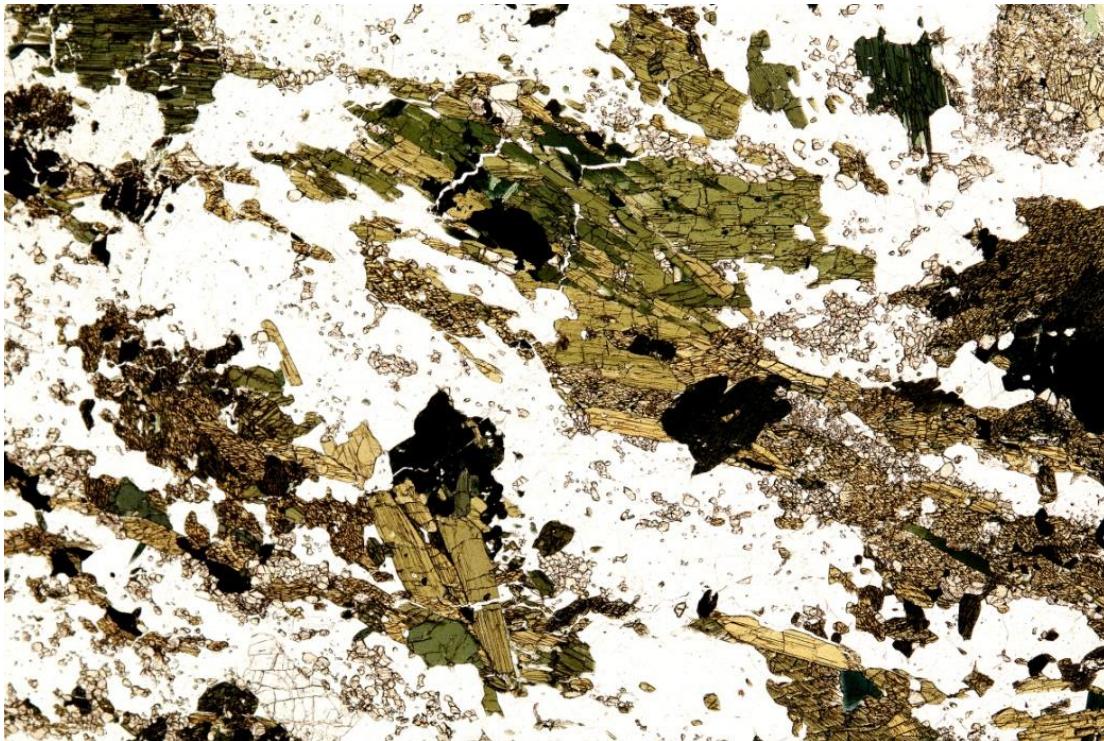


# Фация эпидотовых амфиболитов

Возможный состав:

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

В параамфиболитах присутствуют биотит, мусковит, ставролит.

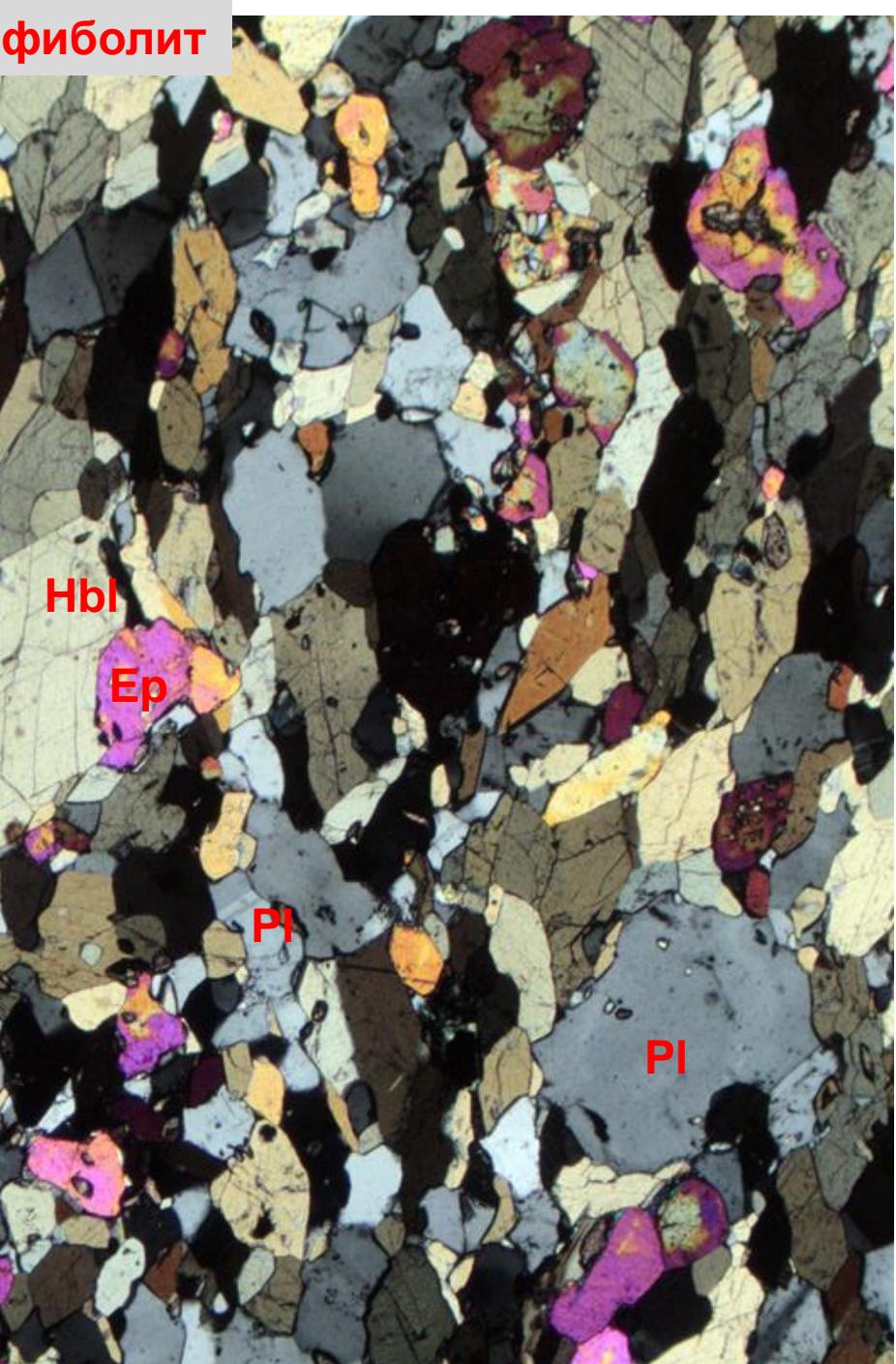
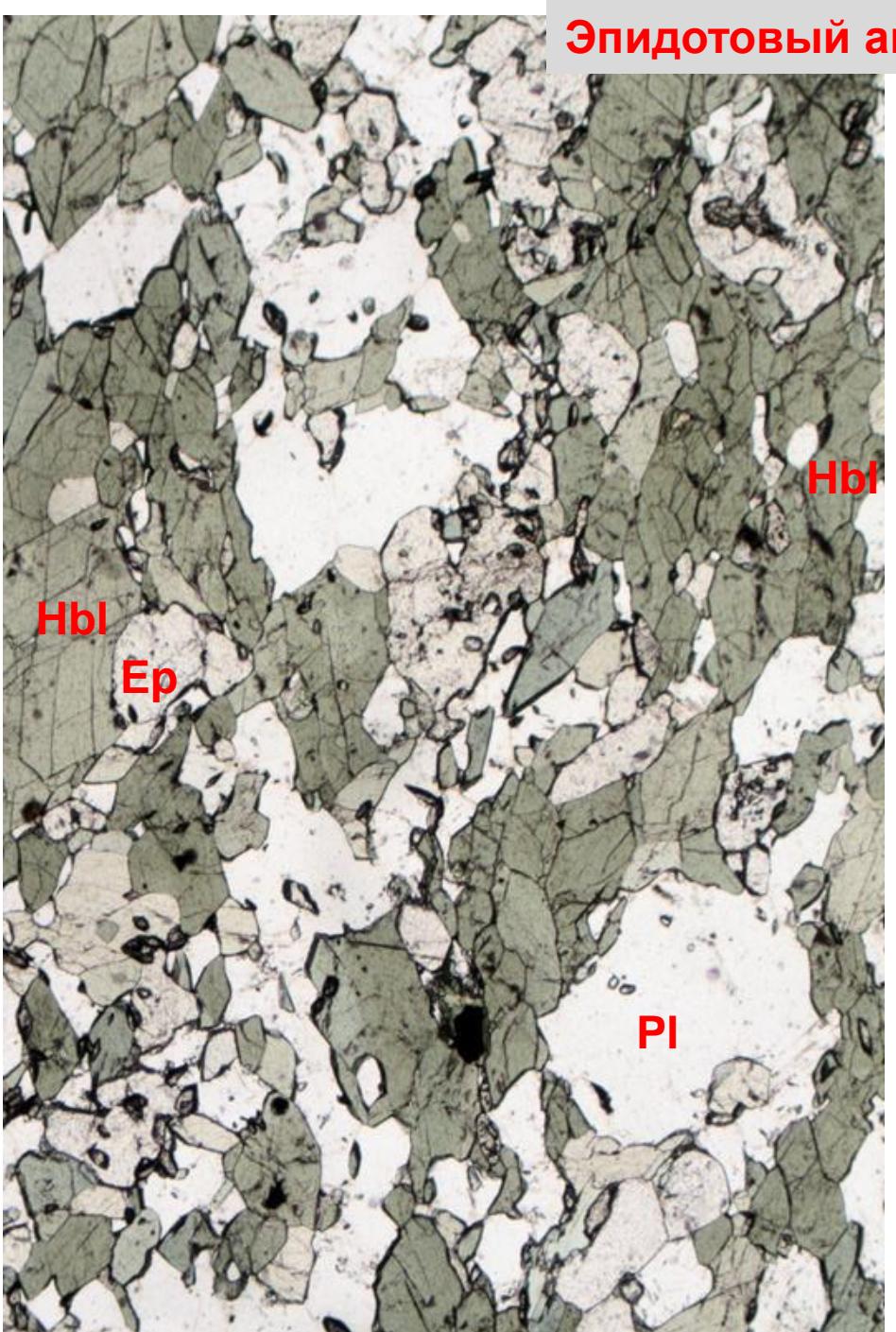


Амфиболит эпидотовый

При 450С:

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

## Эпидотовый амфиболит



# Фация амфиболитов

Примерно при 600С  
исчезает эпидот

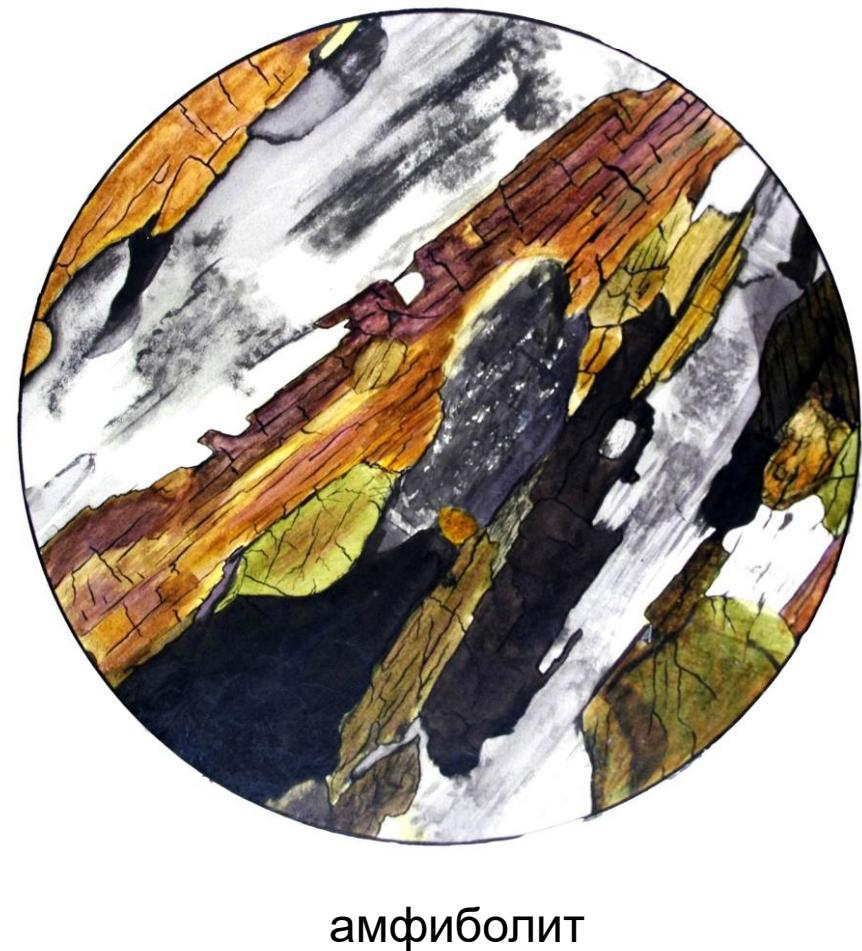
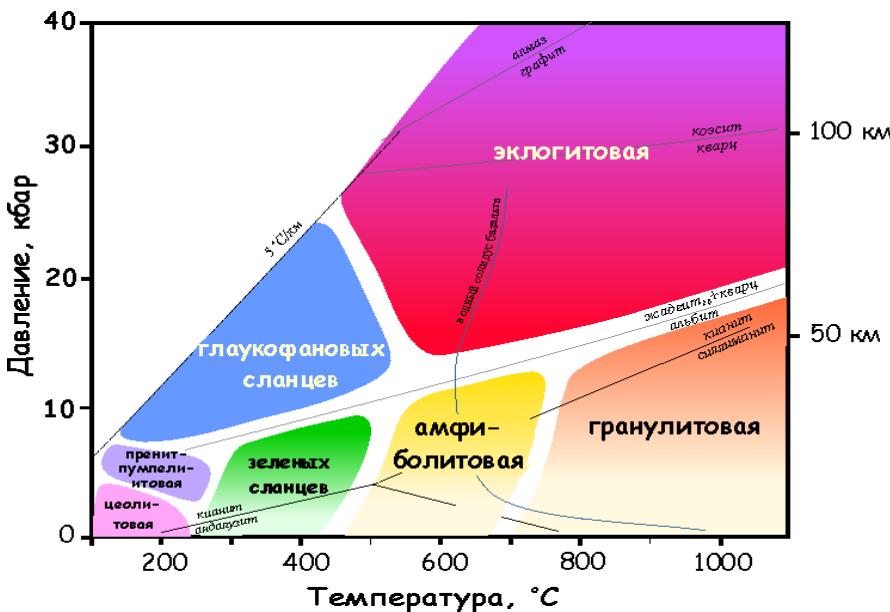
Возможный состав:

буровато-зеленая роговая обманка, плагиоклаз  
(андезин),

может присутствовать биотит.

Структуры: гранонематобластовая;  
гранобластовая; порфиробластовая.

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



# Фация клинопироксеновых амфиболитов

Примерно при 700С в амфиболитах появляется клинопироксен

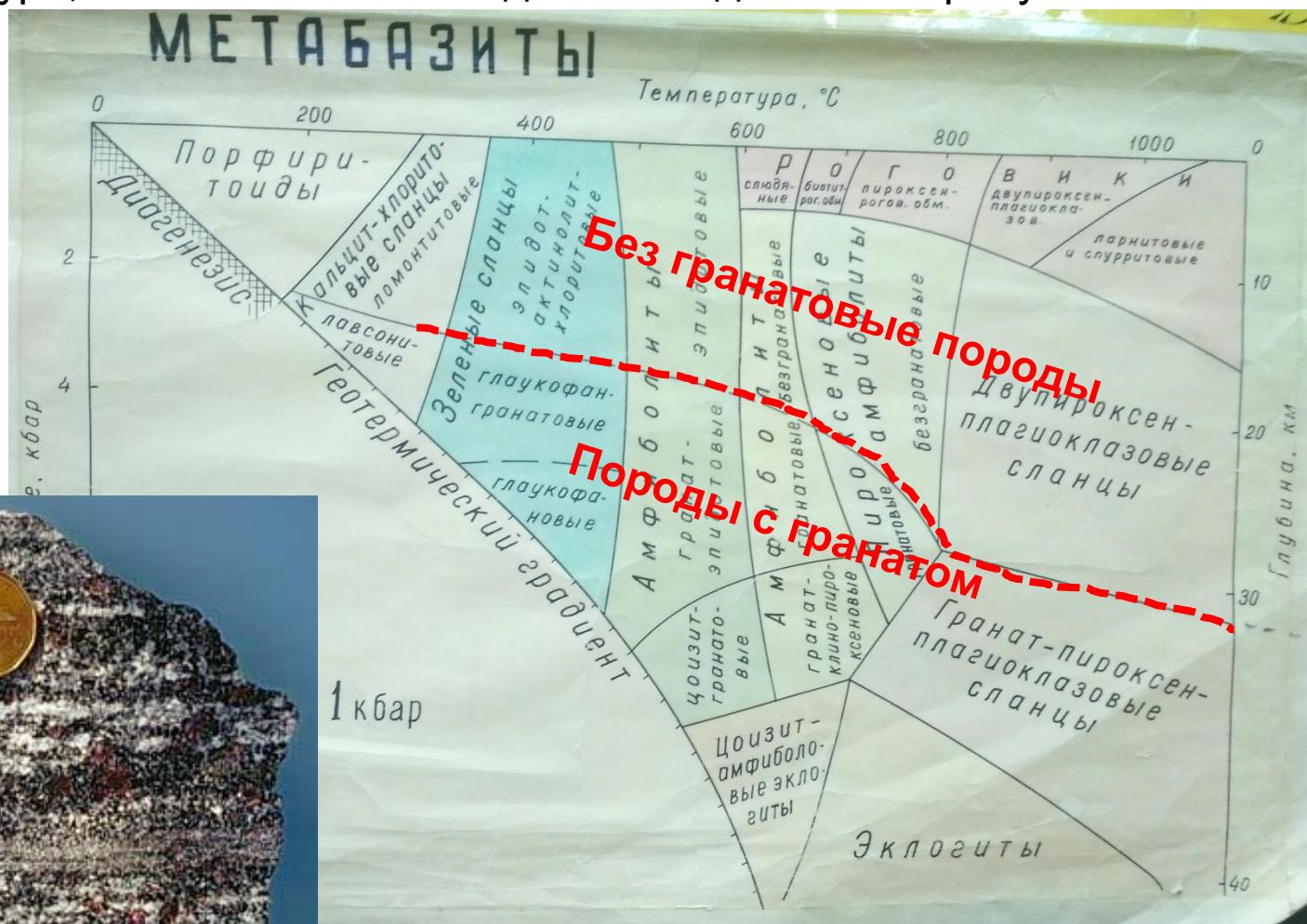
Возможный состав:

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



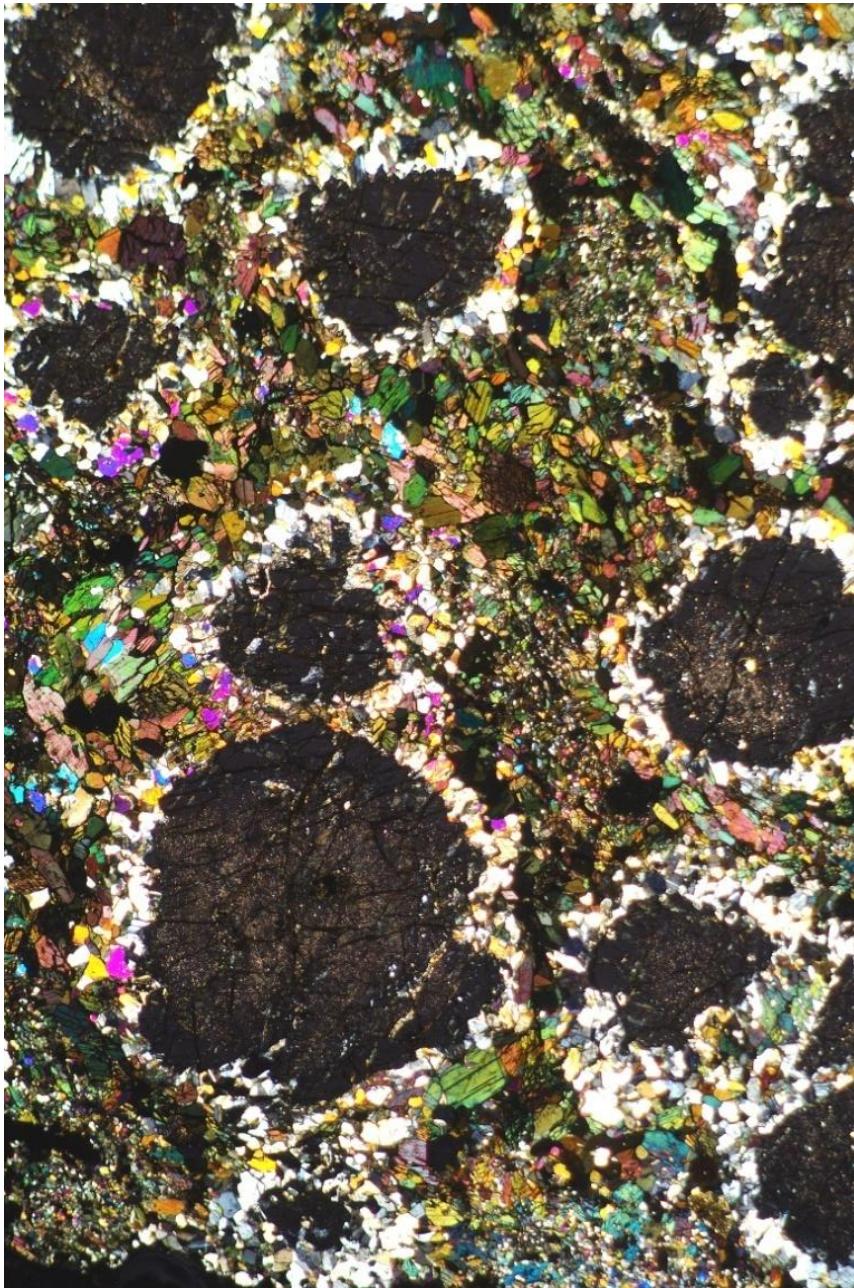
При повышенных литостатических давлениях в амфиболитах появляется гранат.

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



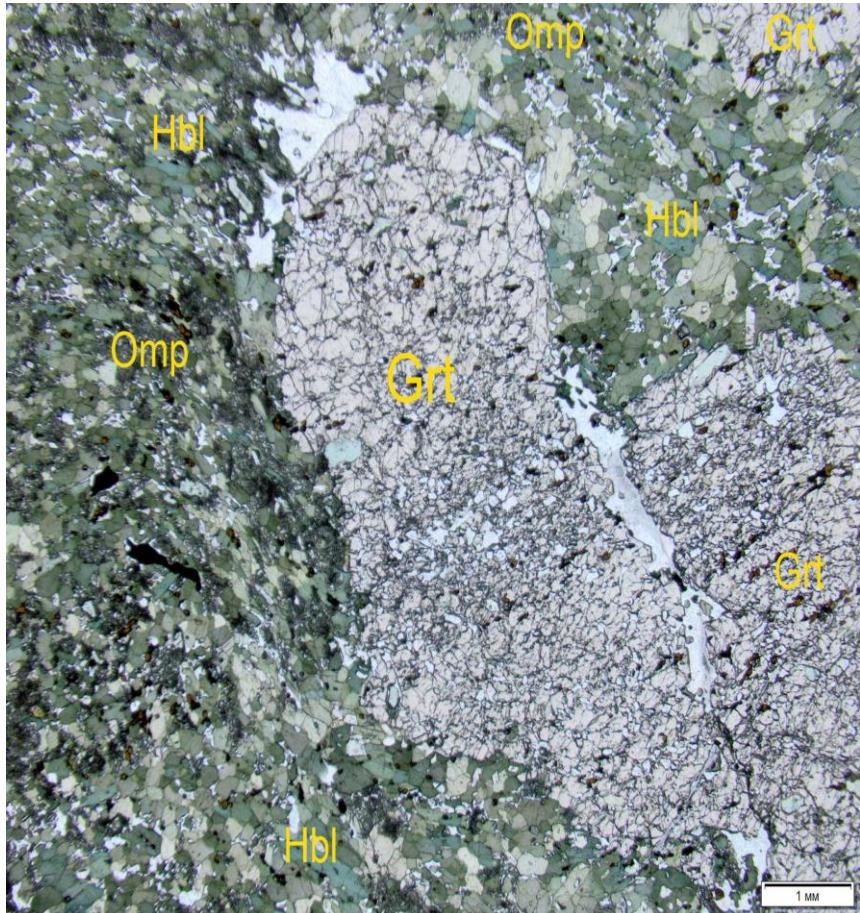


Гранат в гранатовом амфиболите, окруженный каймой амфиболя. 40

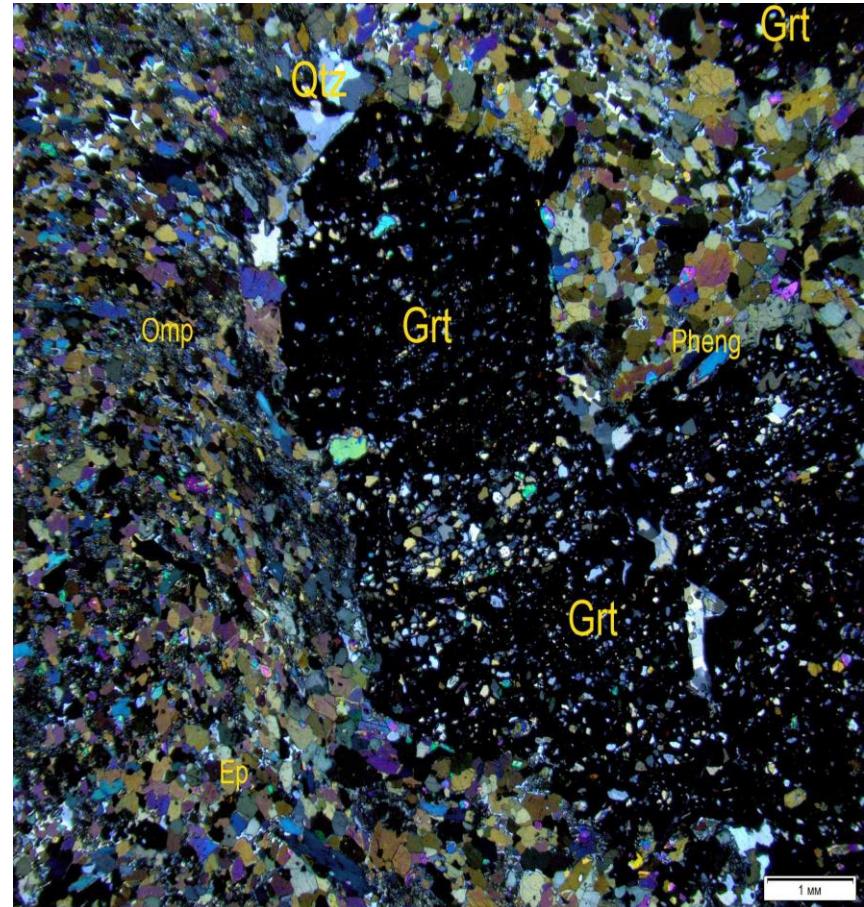


Гранатовый амфиболит

# Апоэклогитовый гранатовый амфиболит



Без анализатора



С анализатором

Фото из курсовой работы В.Селезневой, 212 гр.

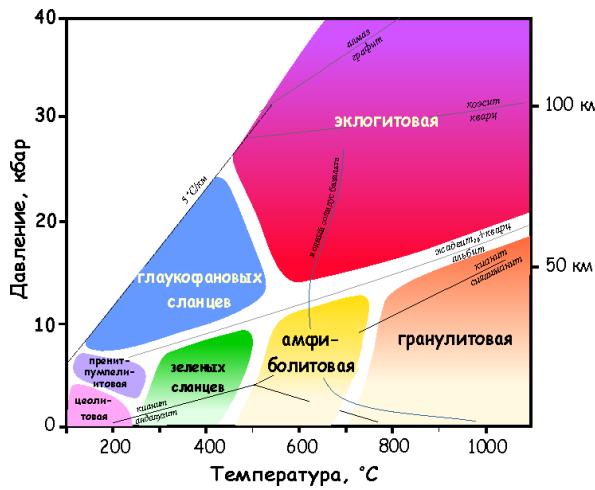
# Фация гранулитов (двутироксен-плагиоклазовых сланцев)

От температур 750-800С  
Происходит реакция:

Кварц+Роговая обманка → Ортопироксен + Клинопироксен + Плагиоклаз

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-розового до бледно-зеленоватого).



Структуры гранулитов обычно гранобластовые,  
Текстуры – массивные.

## Фация гранулитов (двутироксен-плагиоклазовых сланцев)

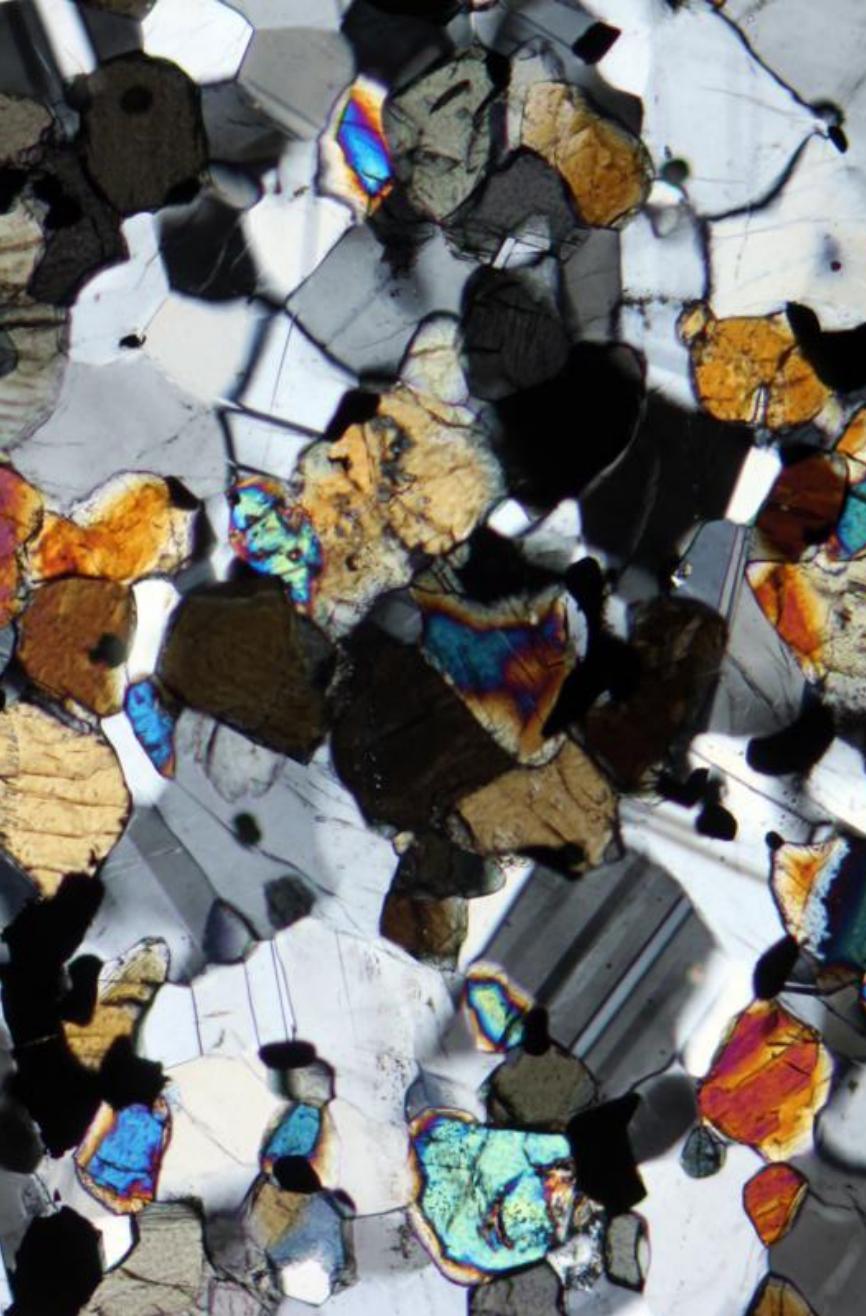
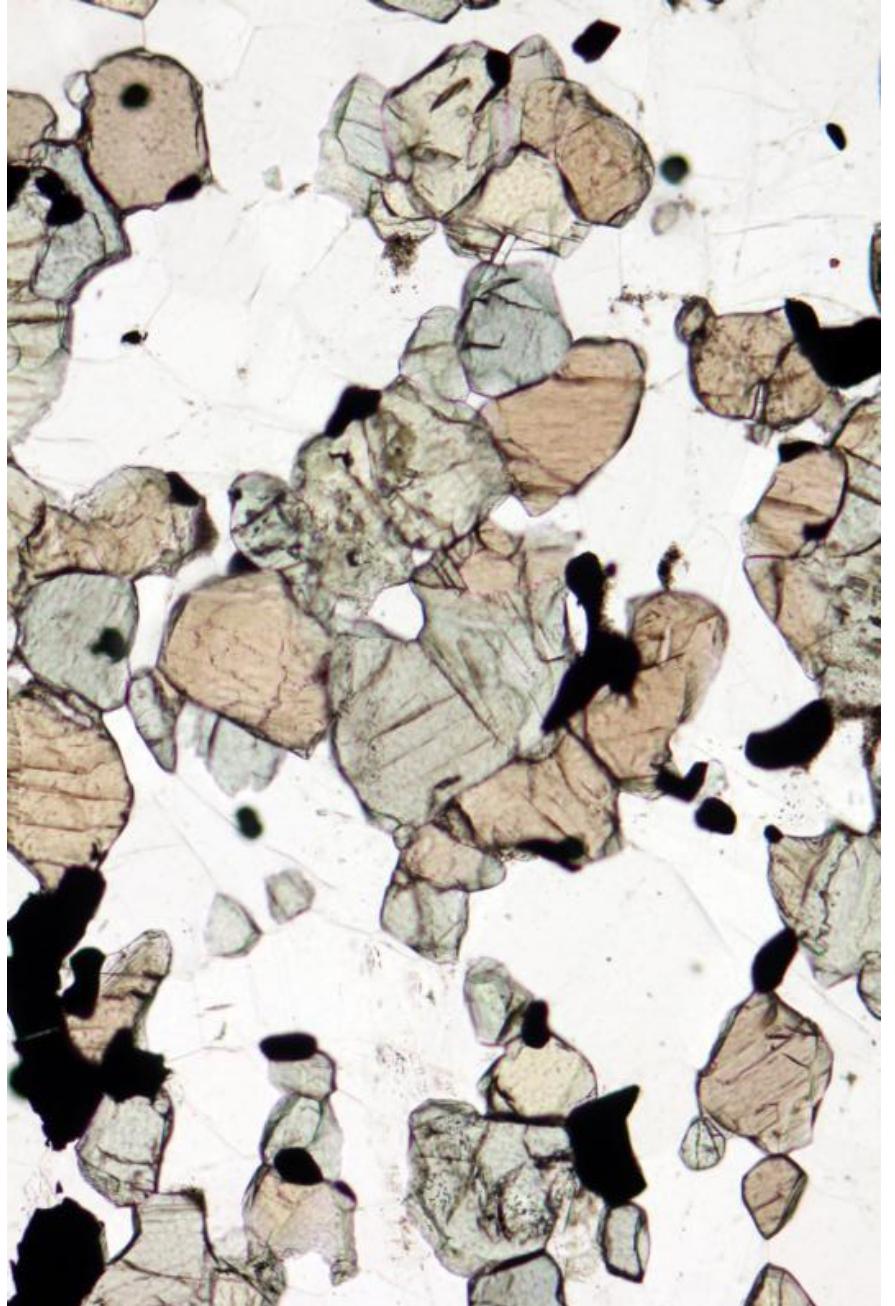
Возможный состав:

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

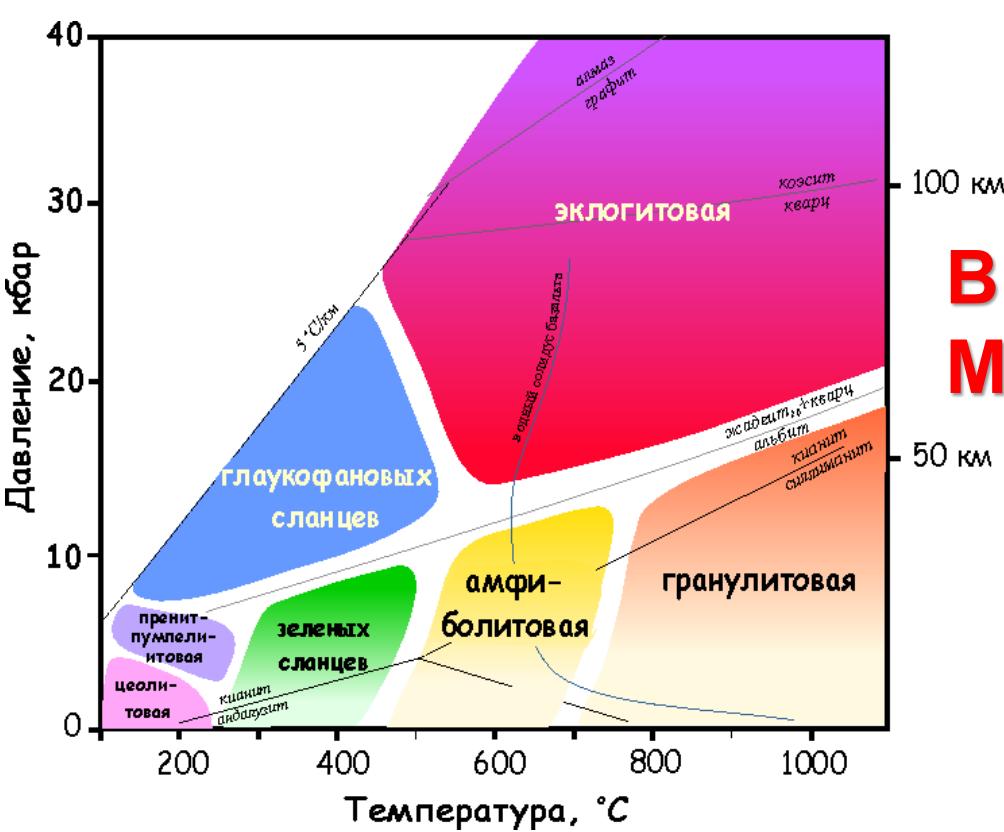




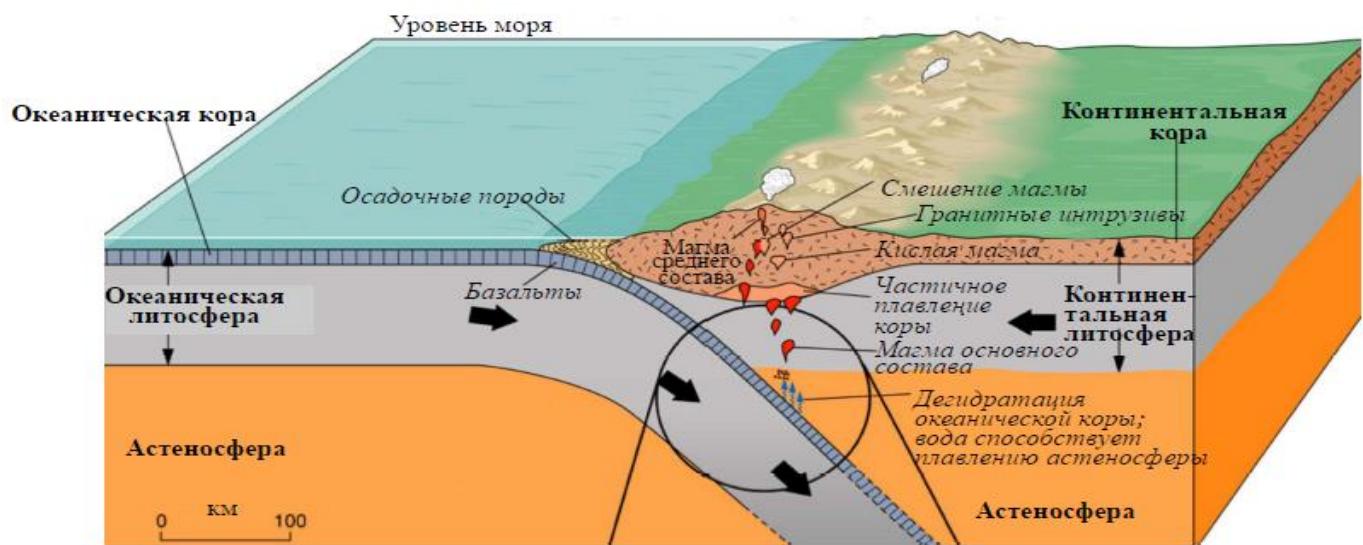
Клинопироксен (зеленый), ортопироксен (розовый) и плагиоклаз в двупироксен<sup>45</sup> плагиоклазовом гранофельсе (гранулите).



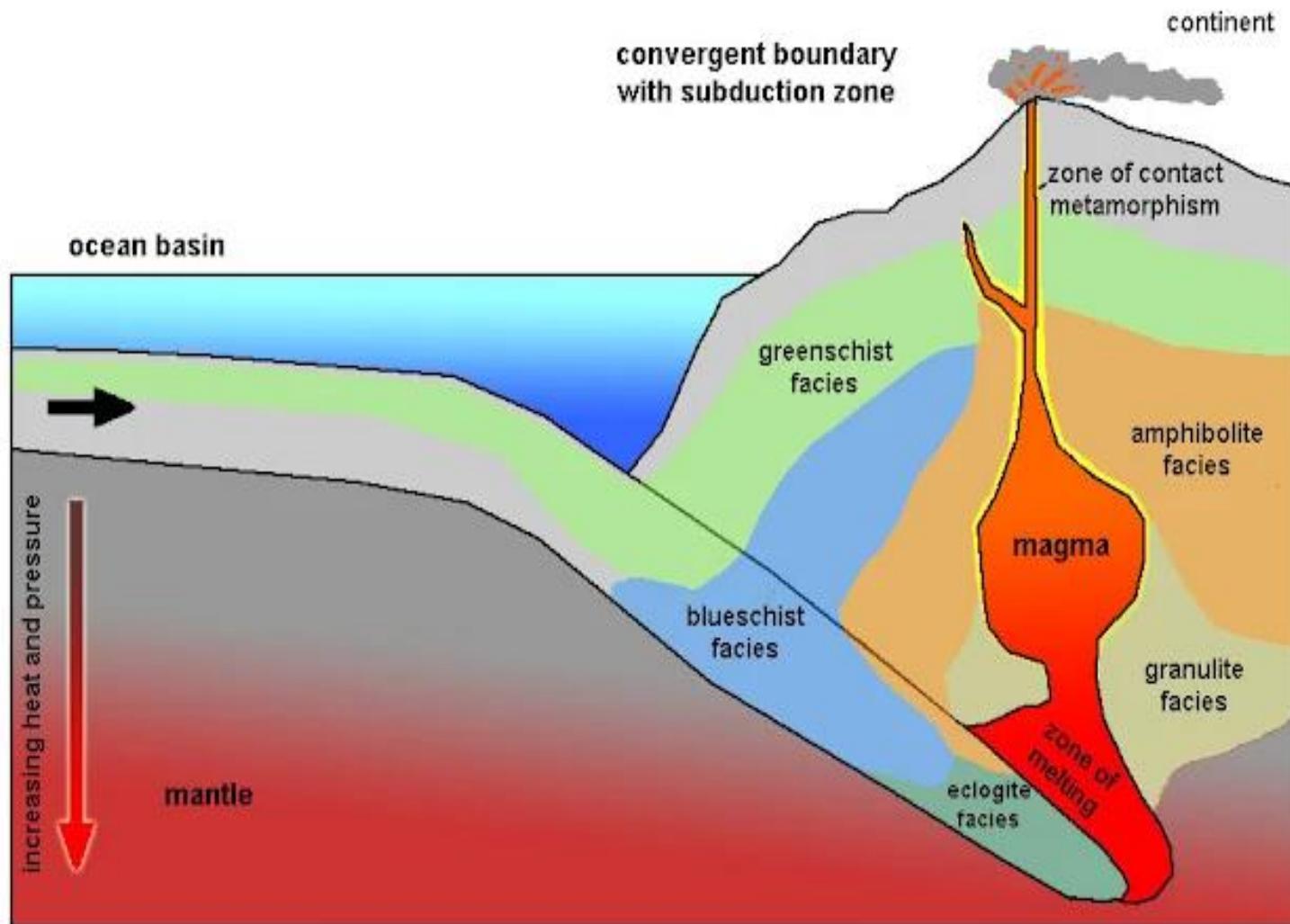
Клинопироксен (зеленый), ортопироксен (розовый) и плагиоклаз в двупироксен-<sup>46</sup>  
плагиоклазовом гранофельсе (гранулите).



# ВЫСОКОБАРНЫЙ ТРЕНД Метаморфизма метабазит



# Распределение пород различных фаций метаморфизма в зонах субдукции



# Фация голубых (глаукофановых) сланцев

T -300-400°C

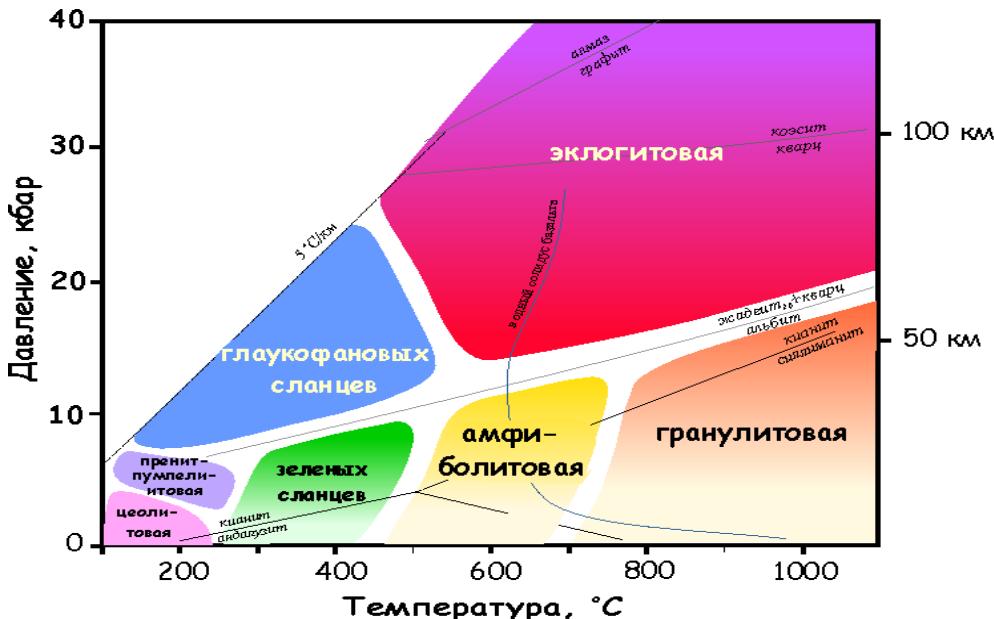
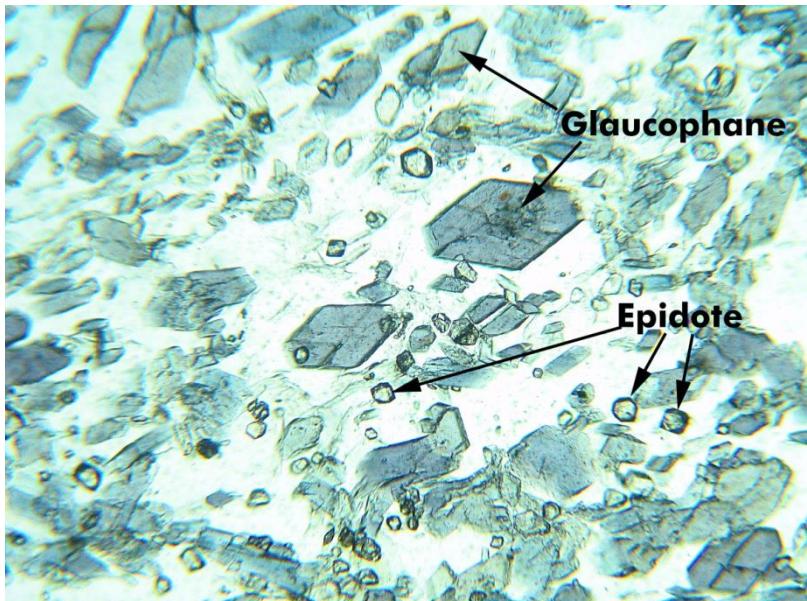
Голубые сланцы образуются при повышенных давлениях при воздействии на вулканиты основного состава натриевых глубинных флюидов. Прослеживается их связь с разломами глубокого заложения.

Возможный состав:

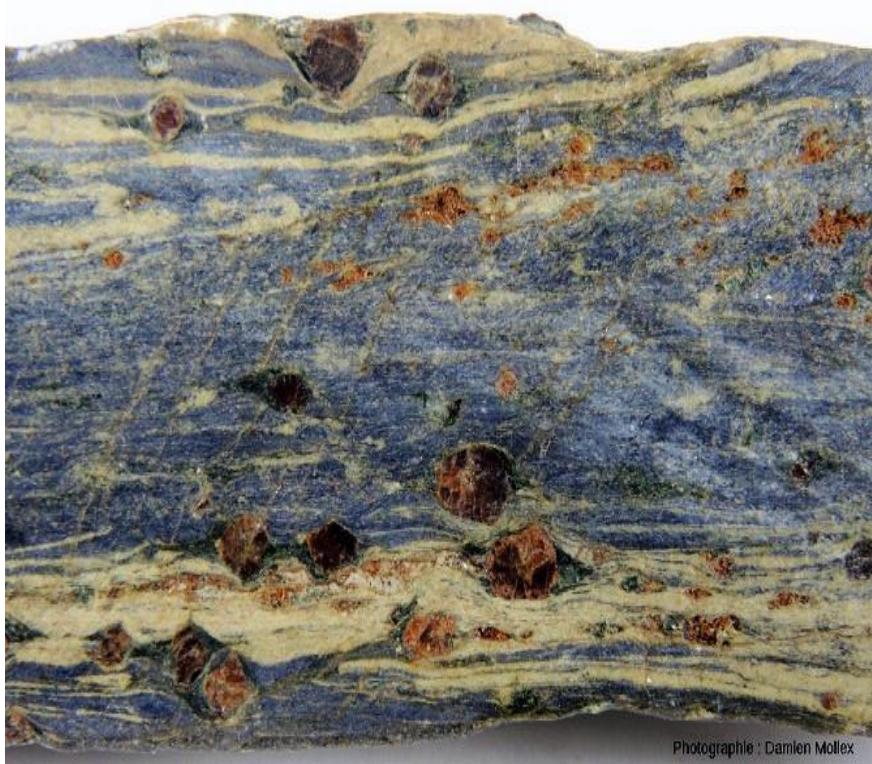
Глаукофан, Хлорит, Актинолит, Эпидот, Гранат (альмандин, Карбонат, Альбит, Кварц

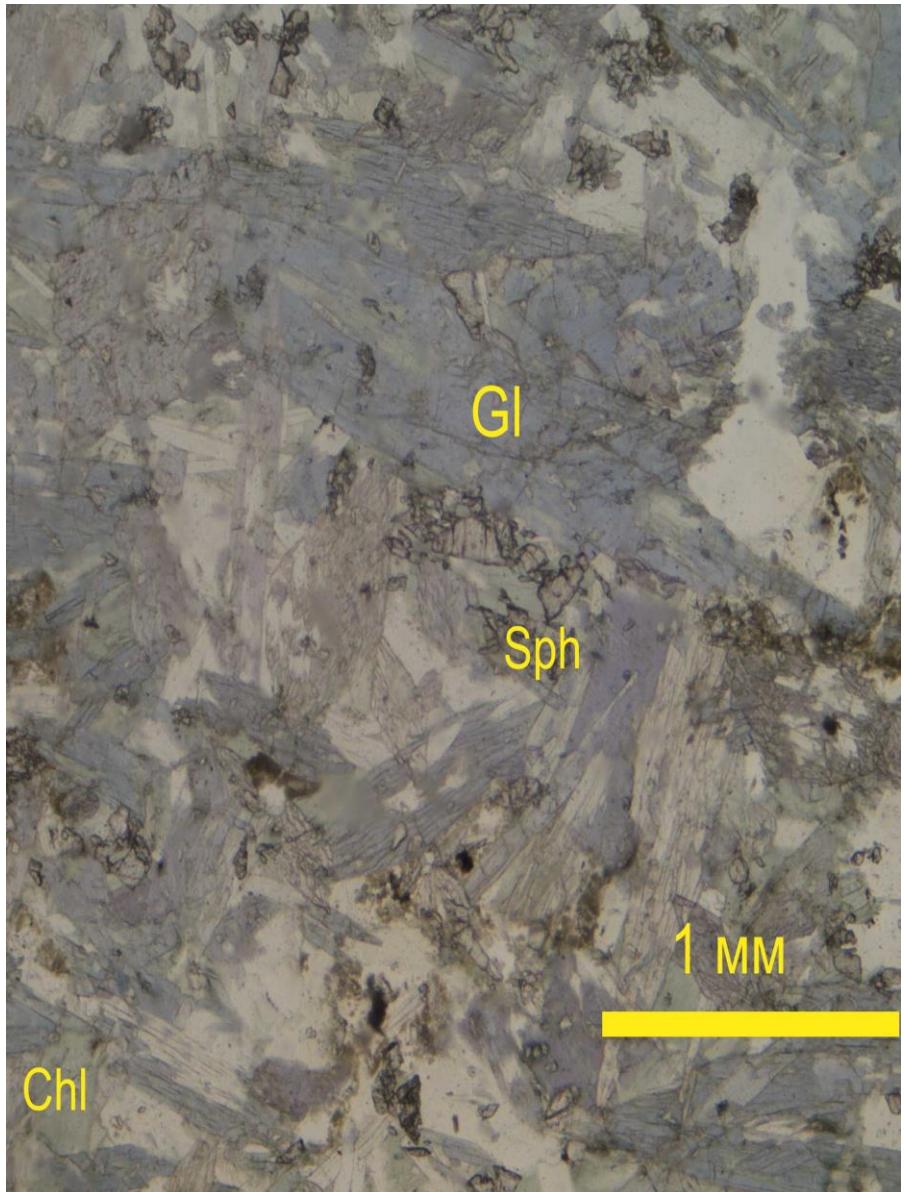
Глаукофан – амфибол  
 $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_11]_2(\text{OH})_2$

Результат аллохимического мет-ма – привнос Na.



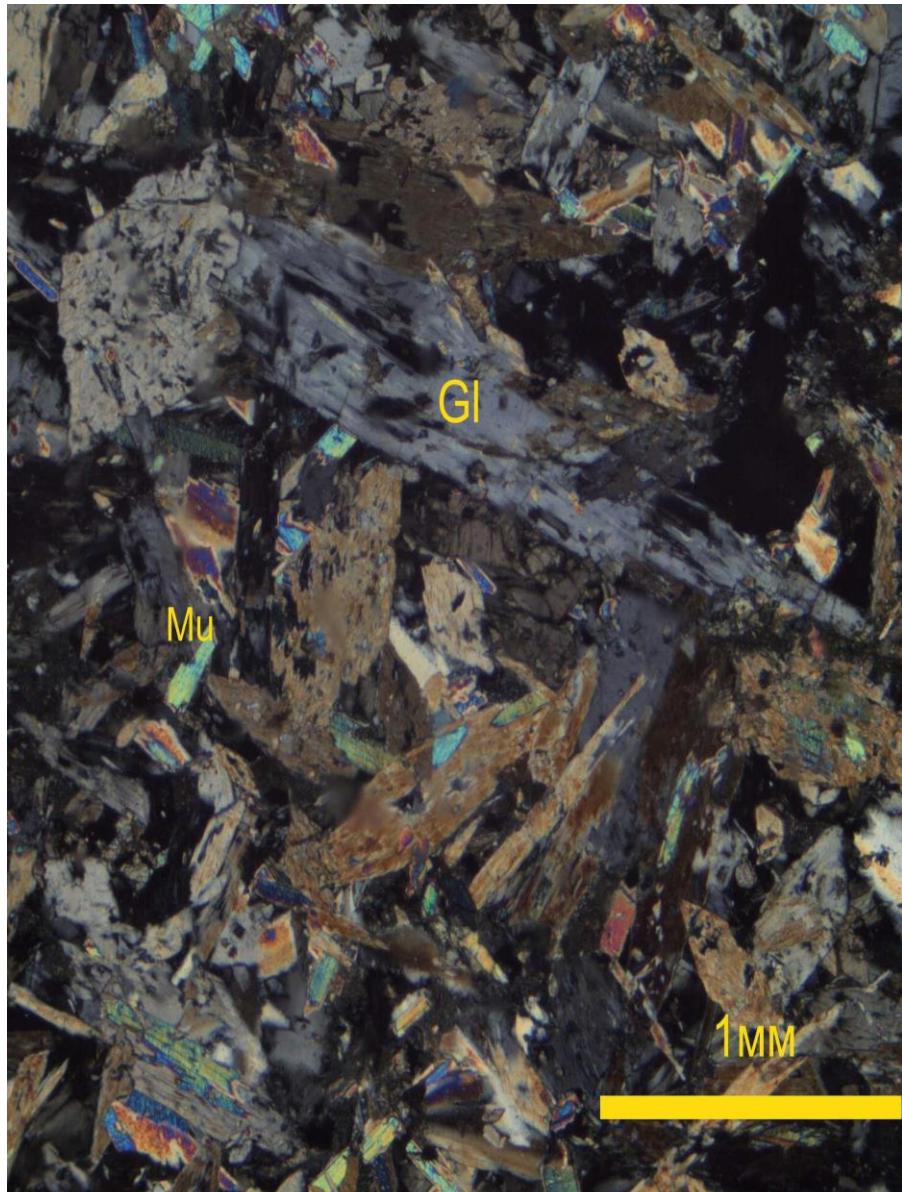
## Глаукофановые сланцы с гранатом и без





Без анализатора

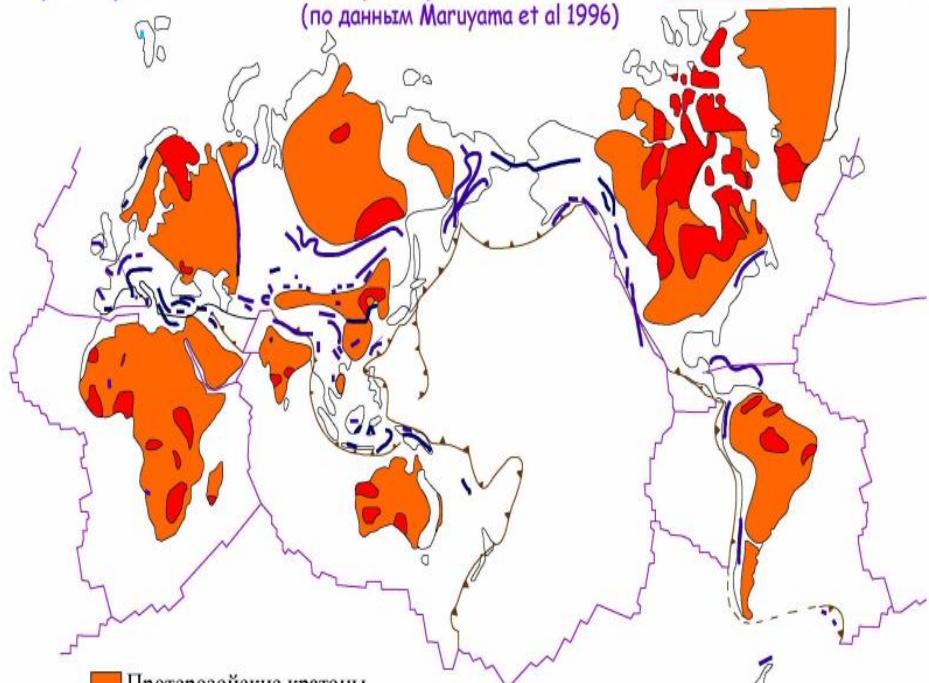
## Глаукофановый сланец



С анализатором

# Соотношение глаукофаносланцевых поясов и зон субдукции

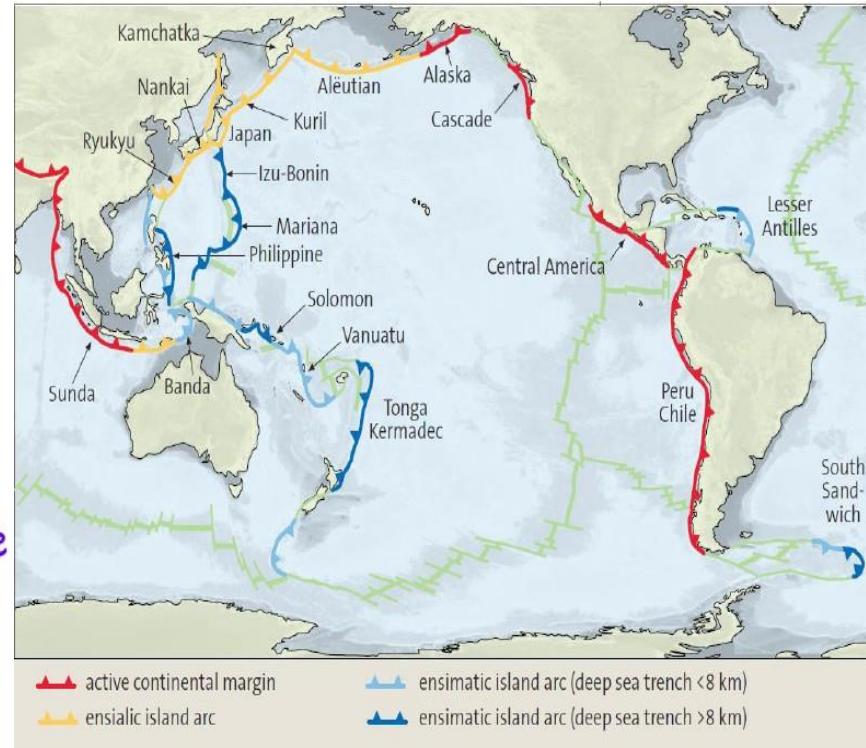
Распространенность глаукофансланцевых поясов на Земле



Протерозойские кратоны

Архейские кратоны

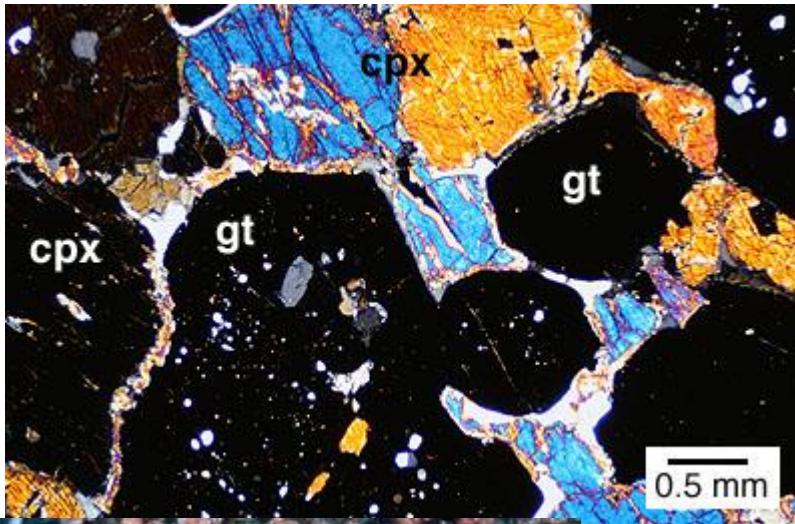
Глаукофансланцевые пояса



# ЭКЛОГИТЫ

при давлениях более  
12-14 кбар исчезает плагиоклаз

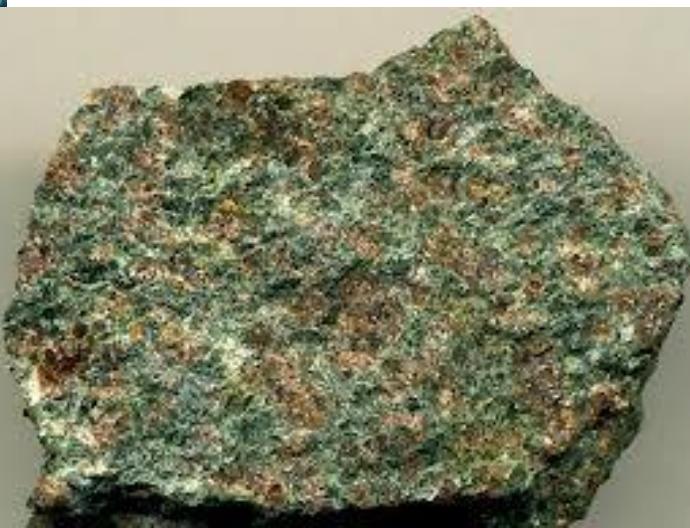
состоят из клинопироксена с высоким содержанием жадеитового минала (омфацита) и граната гроссуляр-пироп-альмандинового состава, могут присутствовать кварца и рутил и др. минералы.



Разделяют коровьи и мантийные эклогиты.

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

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

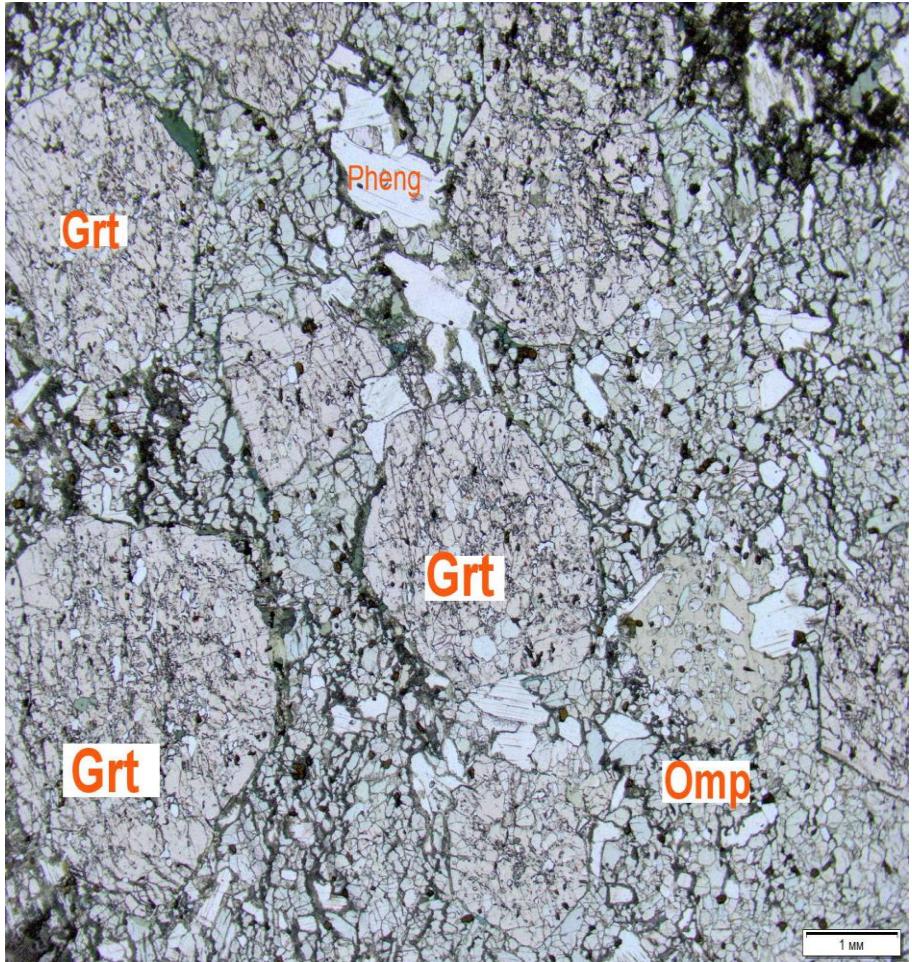


$\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  – жадеит

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

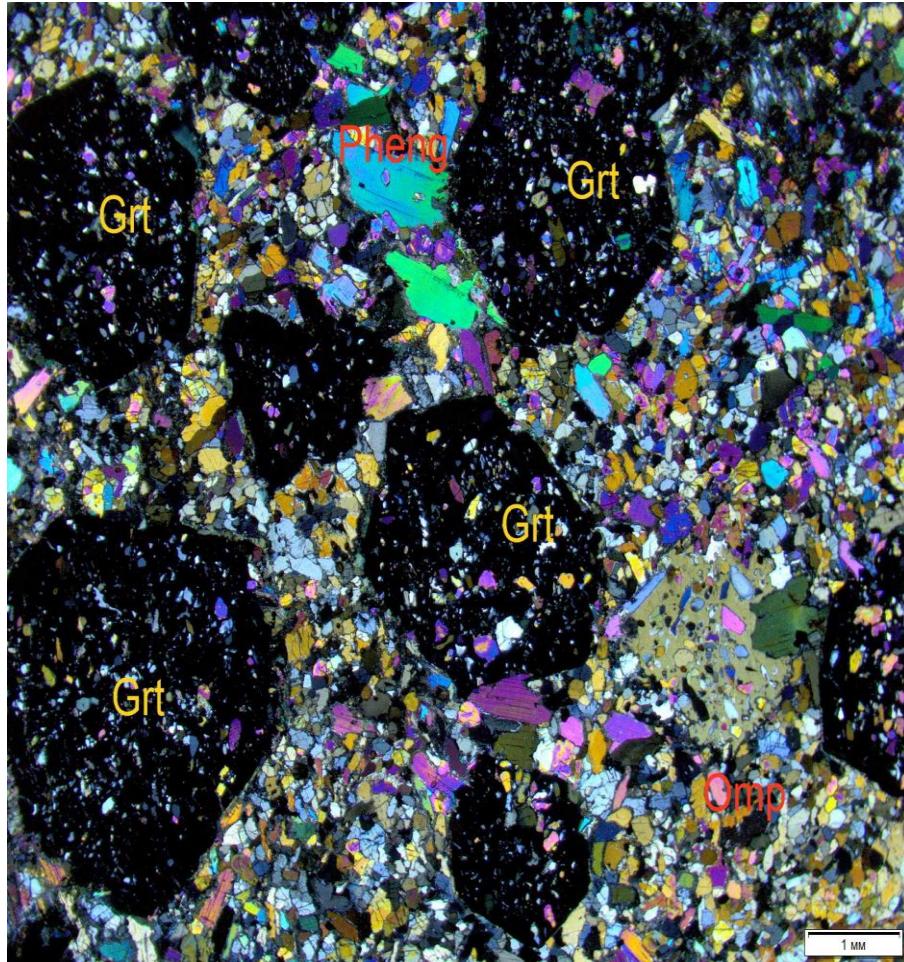
Омфацит -  
 $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6$

## Эклогит



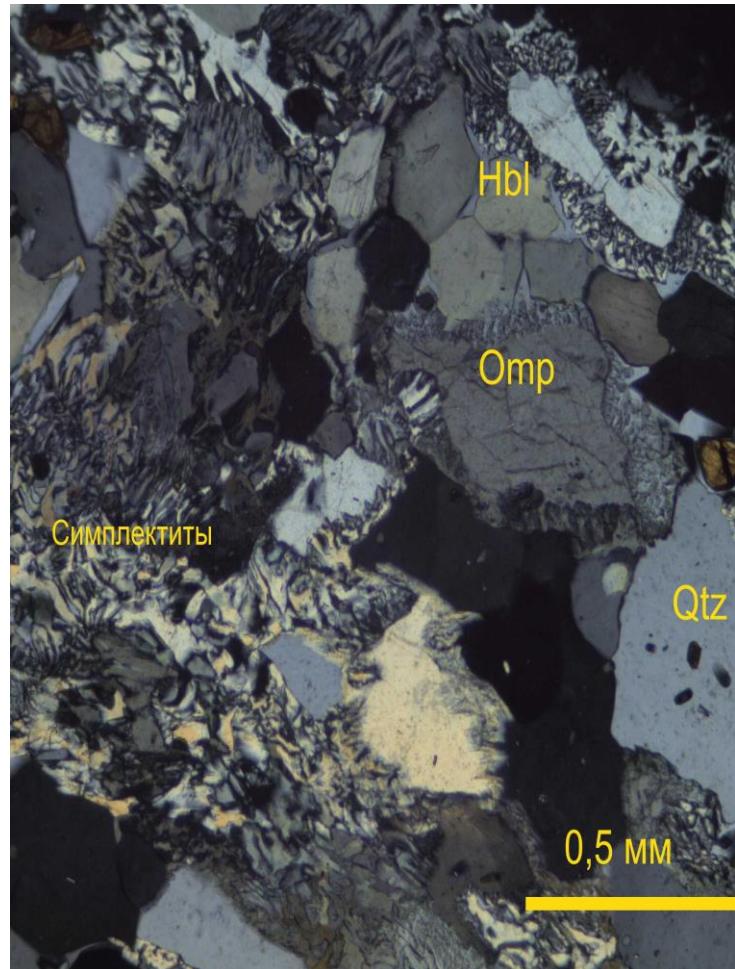
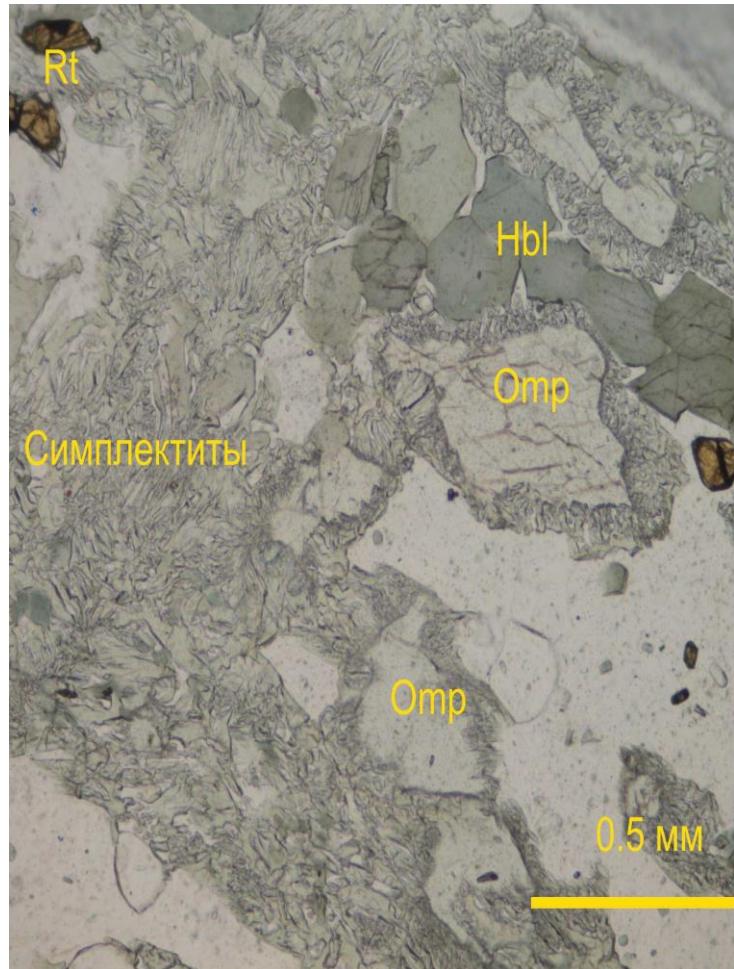
Без  
анализатора

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



С анализатором

# Симплектиты разложения омфацита в эклогите, возникающие при снижении давления



Без анализатора

Omp



Cpx + Pl



Hbl + Pl

С анализатором

Фото из курсовой работы В.Селезневой, 212 гр

# Спасибо за внимание!



Хлоритовый сланец, фото с анализатором