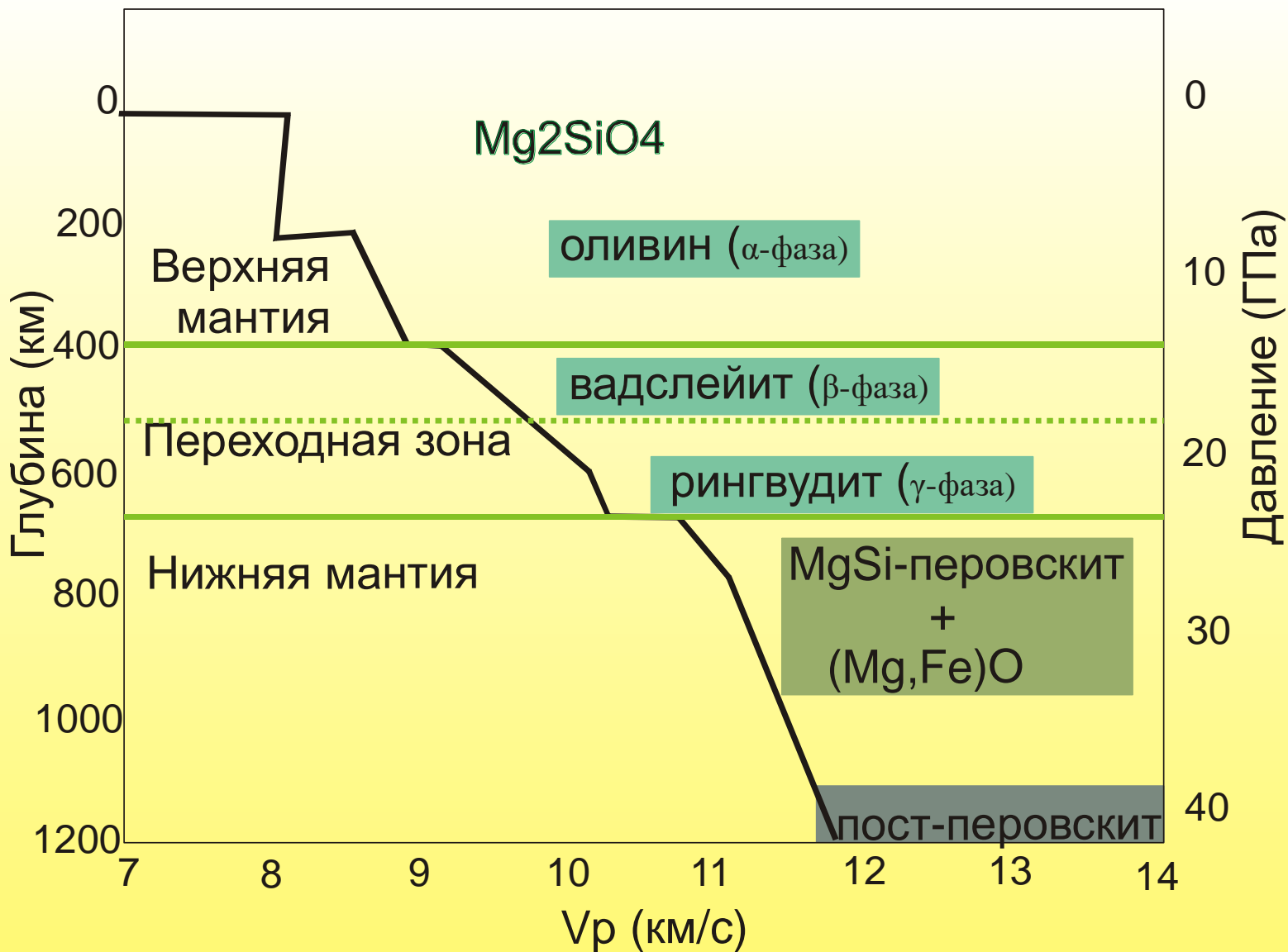


Главные породообразующие минералы

магматических горных пород

(ПРОДОЛЖЕНИЕ)

ПРЕДЕЛЫ СТАБИЛЬНОСТИ ОЛИВИНА



Распространение оливина в природе

- Наиболее распространенный минерал пород верхней мантии (перидотиты).
- Кроме того, в других магматических породах
 - Вулканические (эффузивные): кимберлиты (алмазоносные породы), коматииты (древние высокотемпературные лавы), базальты
 - Плутонические (интрузивные): габброиды.



Распространенность в природе пироксенов

➤ В магматических породах

Вулканические (эффузивные): кимберлиты (алмазоносные породы), коматииты (древние высокотемпературные лавы), базальты, андезиты, дациты, риолиты.

Плутонические (интрузивные): габброиды, диориты, граниты.

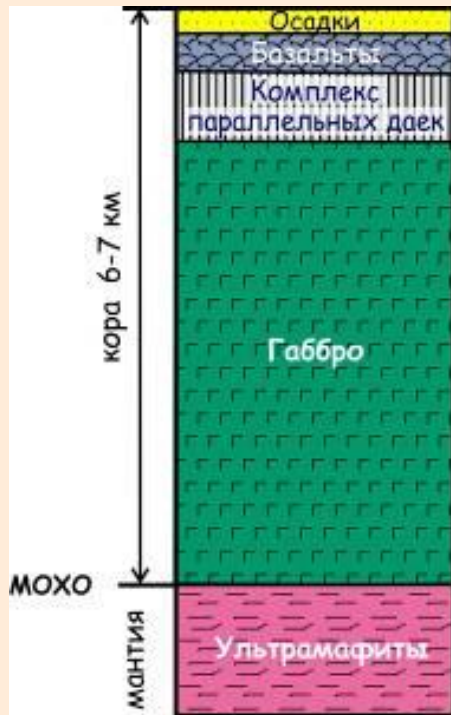
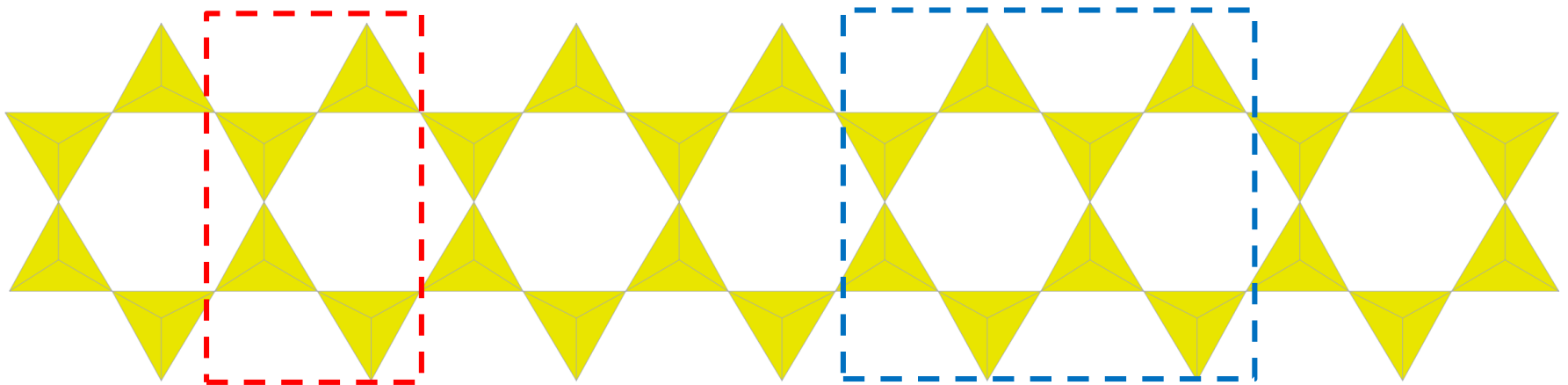


Схема строения океанической коры:
пироксены – главные минералы пород
разреза.

Ленточные силикаты Амфиболы

Анионный радикал – $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$, (6-)

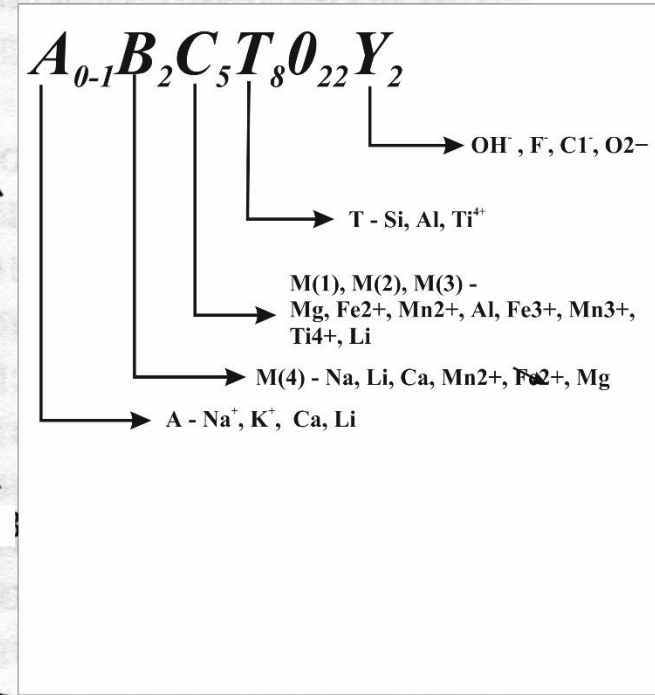
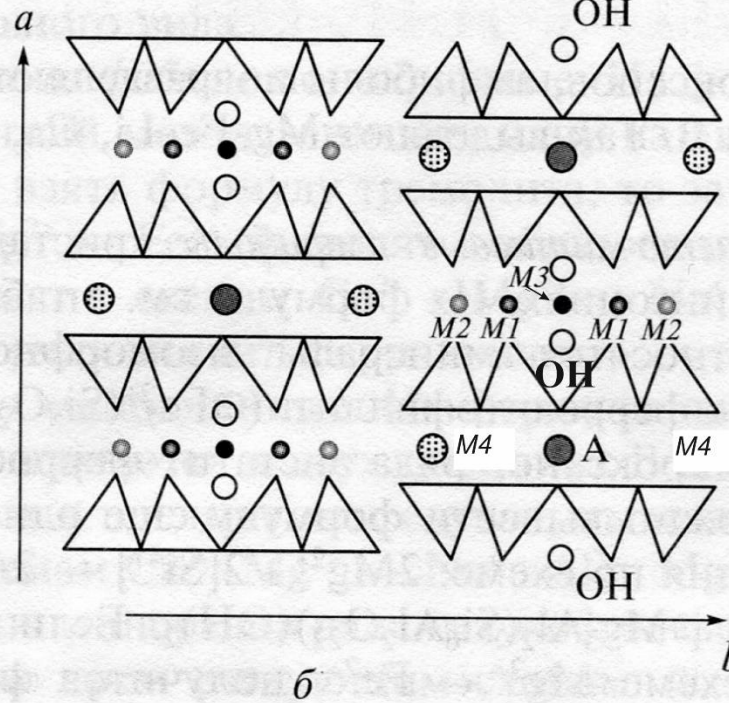
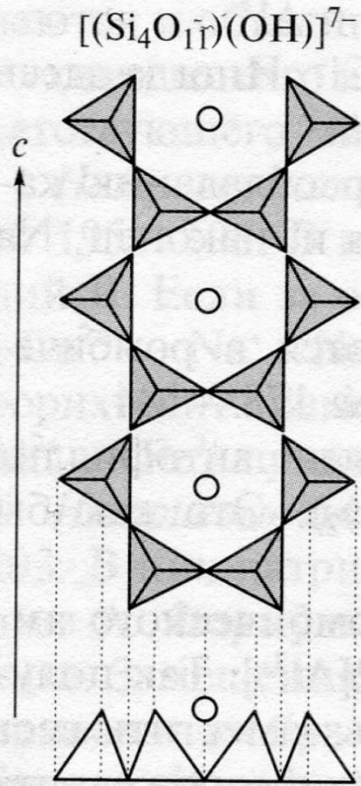
часто указывается как $[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$, (12-)





Амфиболовый диорит-порфирит карьера Школьный (Крым): слева образец породы, справа – аншлиф.

Группа амфиболов



где **A** = $[K, Na, \square^*]$;

B = $[Na, Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn]$

C = $[Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Cr$ и $Ti]$

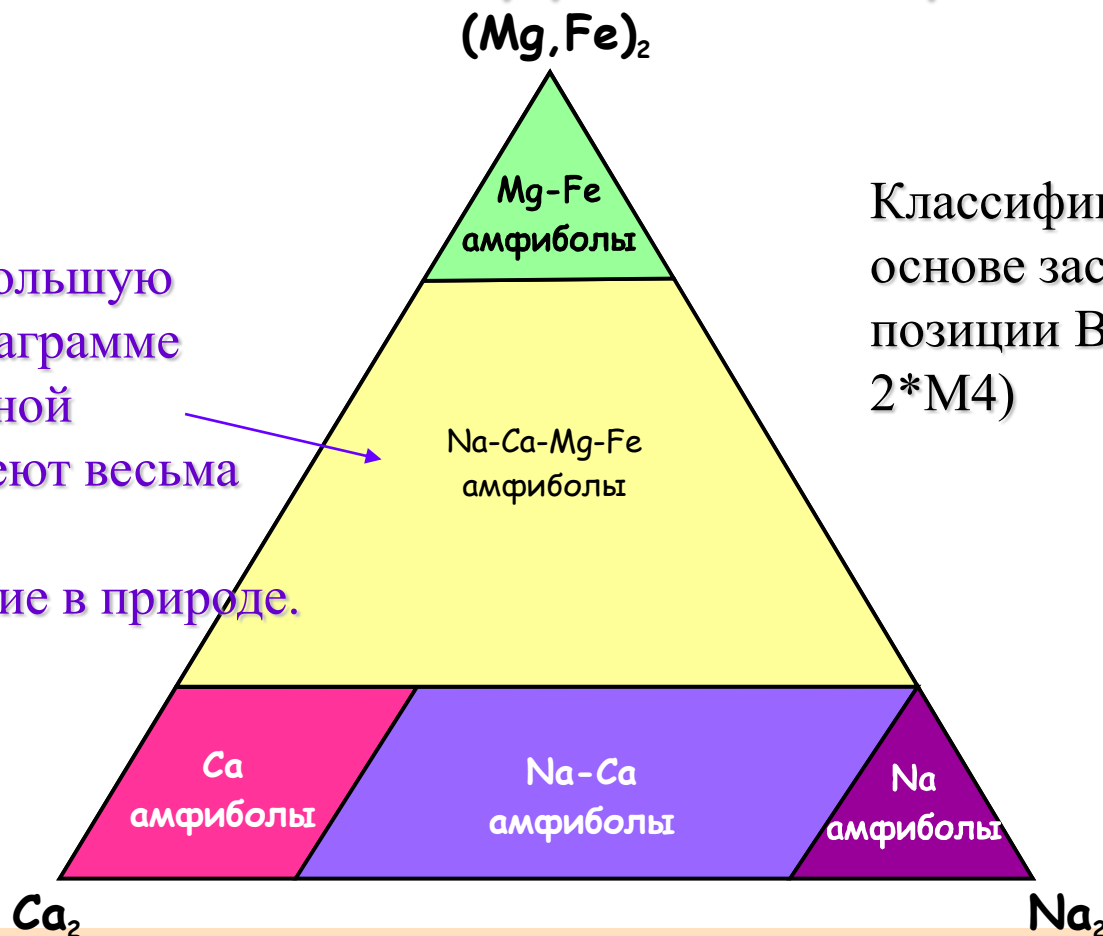
T = $[Si, Al, Ti]$.

* - вакансия

Международная **классификация амфиболов** (Leake et al., 1997; 2003) насчитывает 79 миналов, которые по содержанию катионов в позиции **B** разделяются на 5 подгрупп.

Основные подгруппы амфиболов*

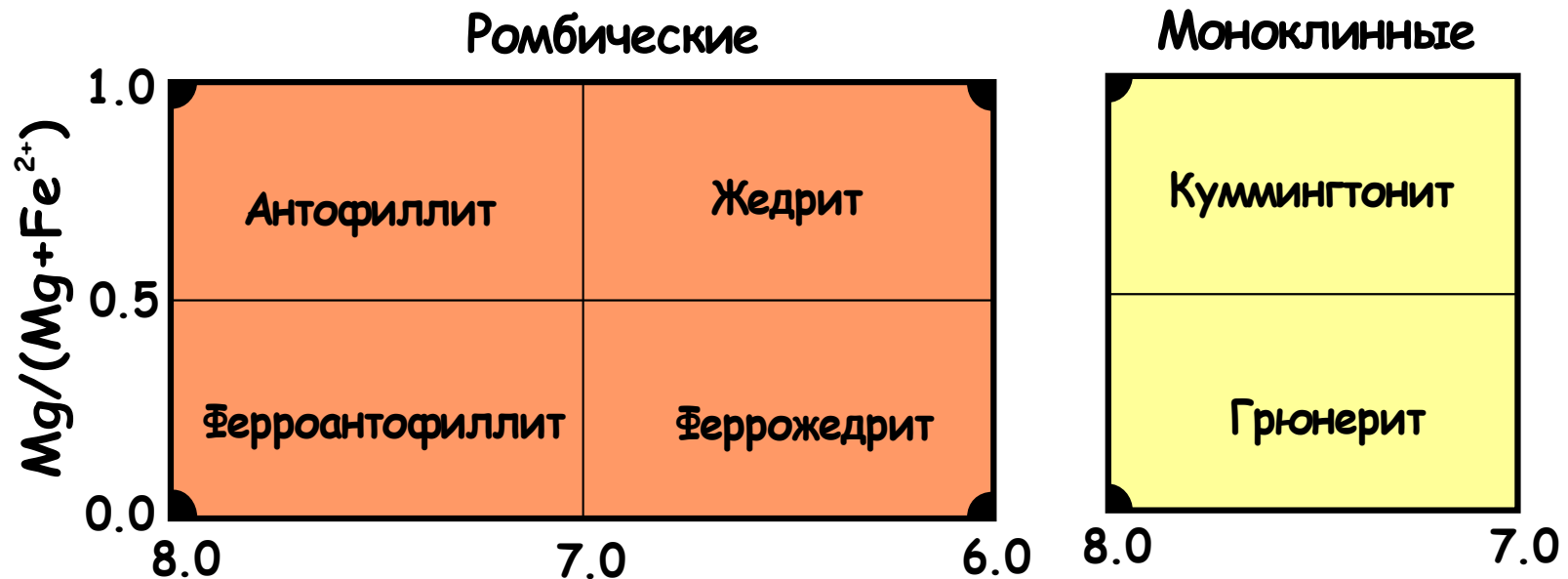
Несмотря на большую площадь на диаграмме амфиболы данной подгруппы имеют весьма ограниченное распространение в природе.



- Mg-Fe амфиболы: $(Mg, Fe)_B \geq 1.5$
- Ca амфиболы: $(Mg, Fe)_B \leq 0.5$, $(Ca+Na)_B \geq 1.5$ и $Na_B < 0.5$
- Na-Ca амфиболы: $(Mg, Fe)_B \leq 0.5$, $(Ca+Na)_B \geq 1.5$ и $0.5 < Na_B < 1.5$
- Na амфиболы: $(Mg, Fe)_B \leq 0.5$, $Na_B \geq 1.5$
- Na-Ca-Mg-Fe : $0.5 < (Mg, Fe)_B < 1.5$ и $0.5 \leq (Ca, Na)_B < 1.5$

* Для упрощения исключены малораспространенные Li и Mn составляющие амфиболов.

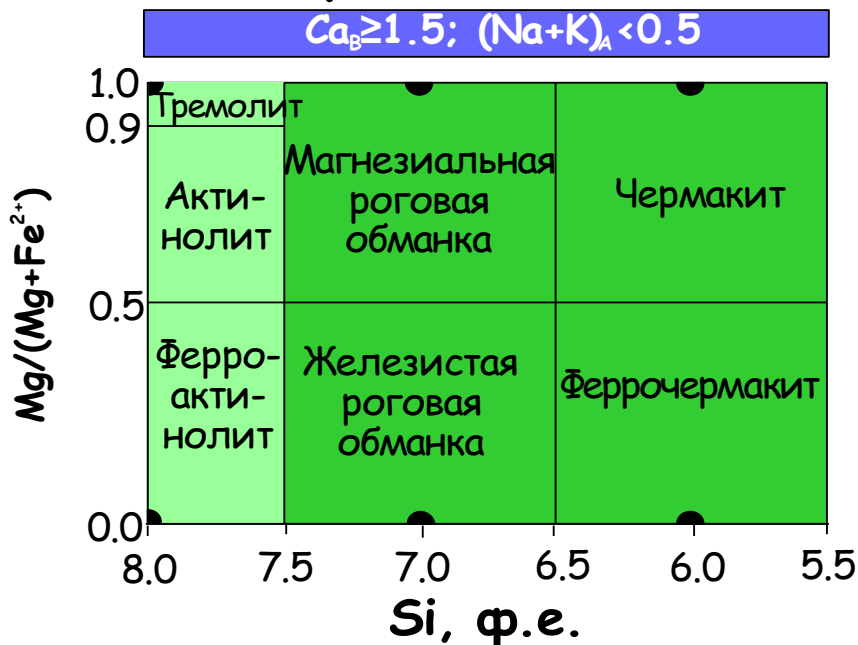
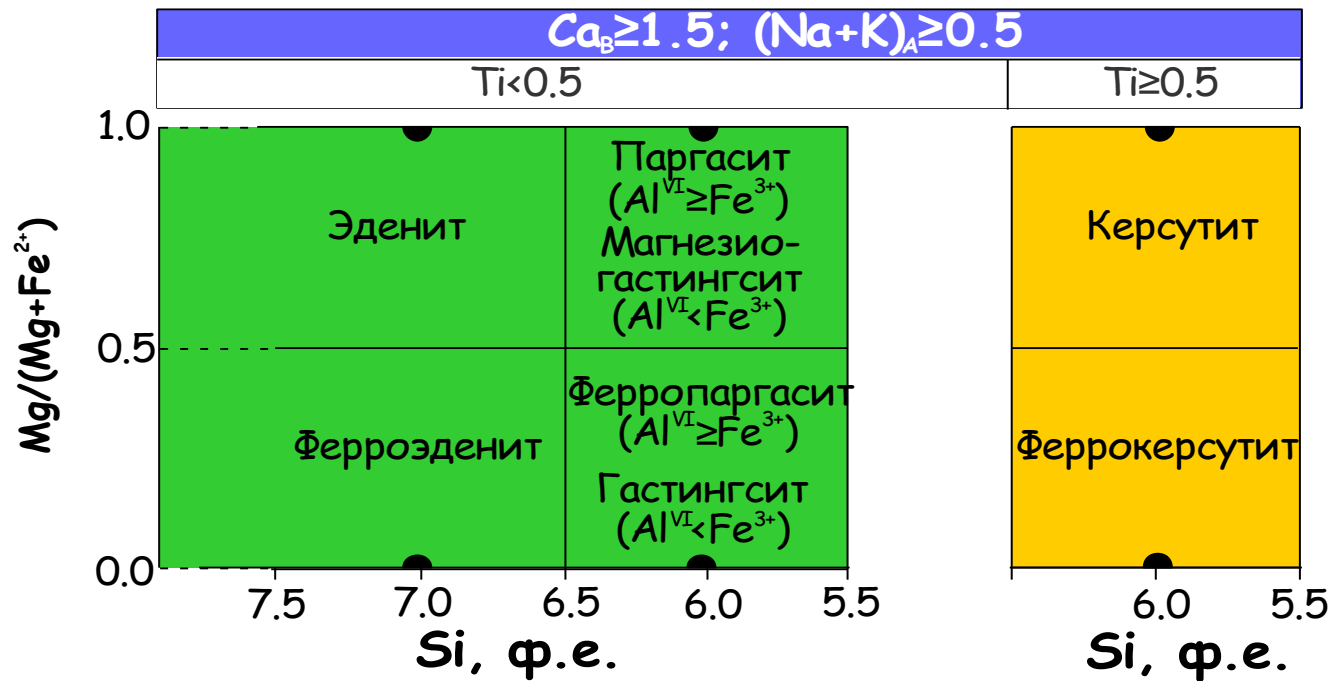
Mg-Fe амфиболы



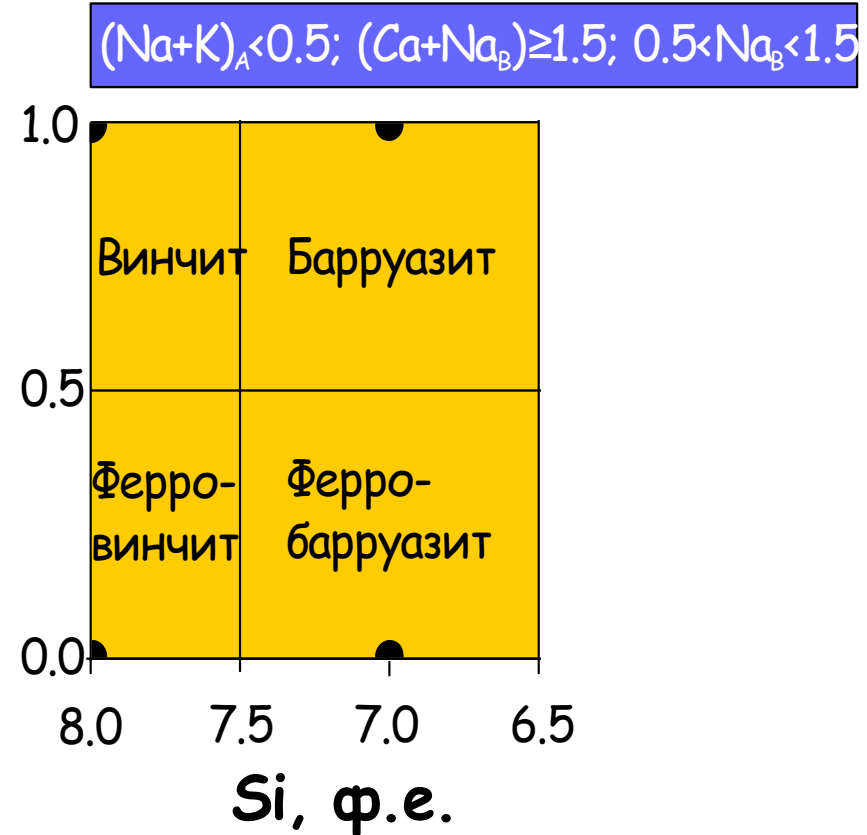
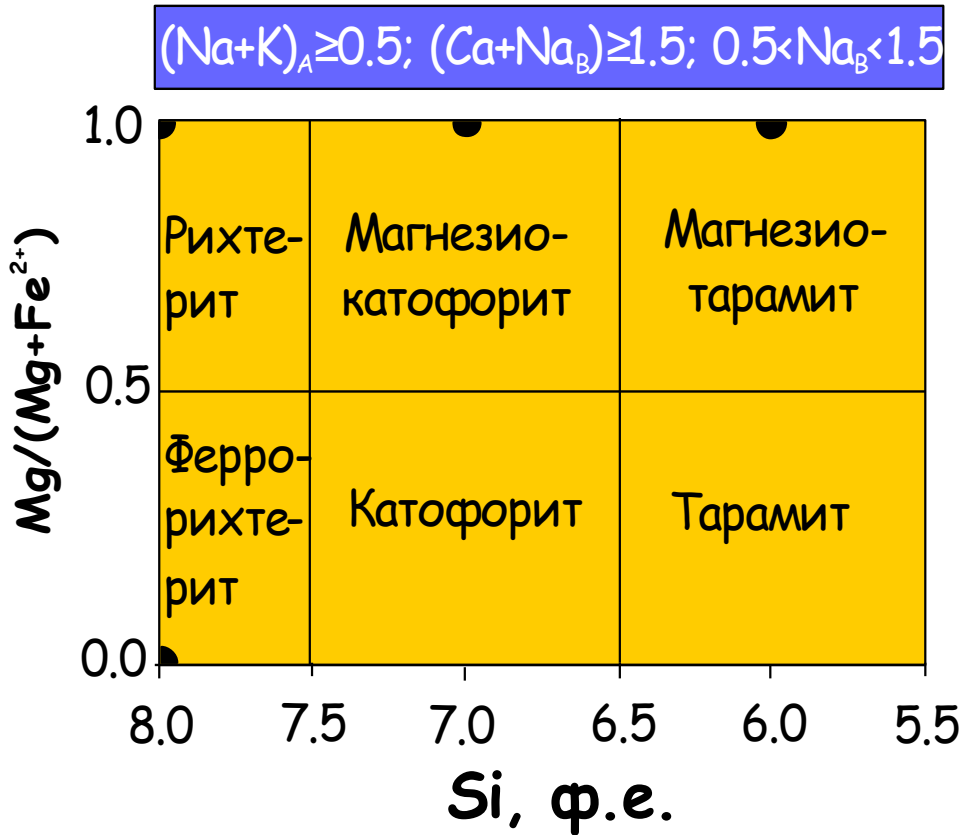
Si, ф.е. - формульные единицы

Встречаются в бескальциевых или бедных кальцием породах: перидотиты и метаперидотиты.

Ca
 Амфиболы.
 Раньше все
 эти
 амфиболы
 назывались
 «роговыми
 обманками»

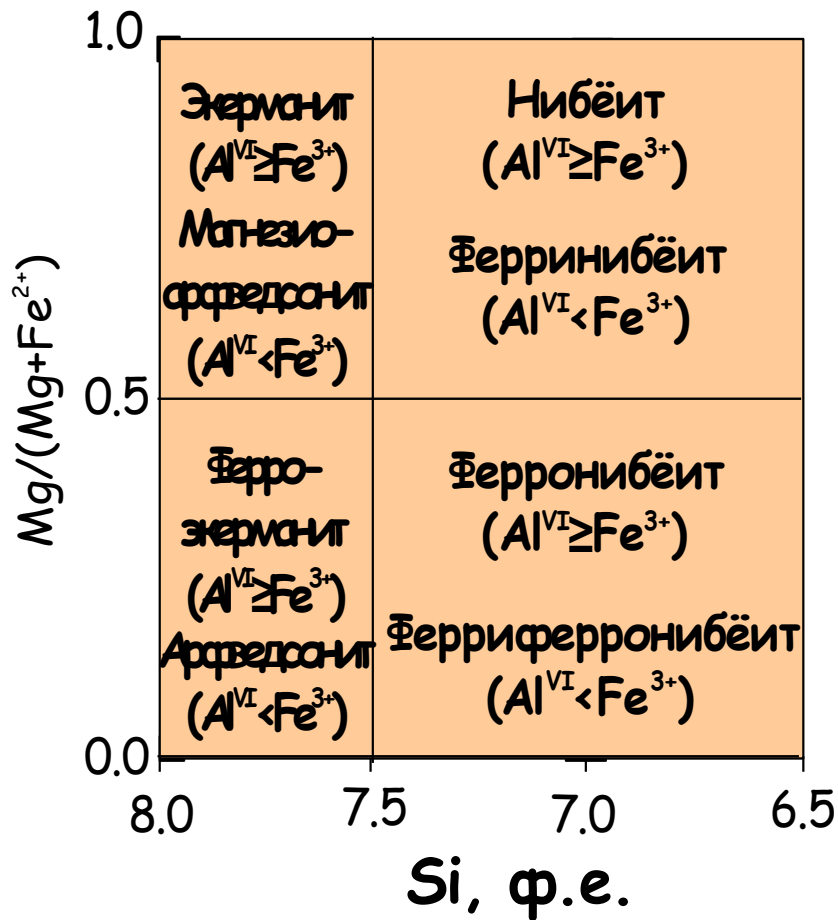
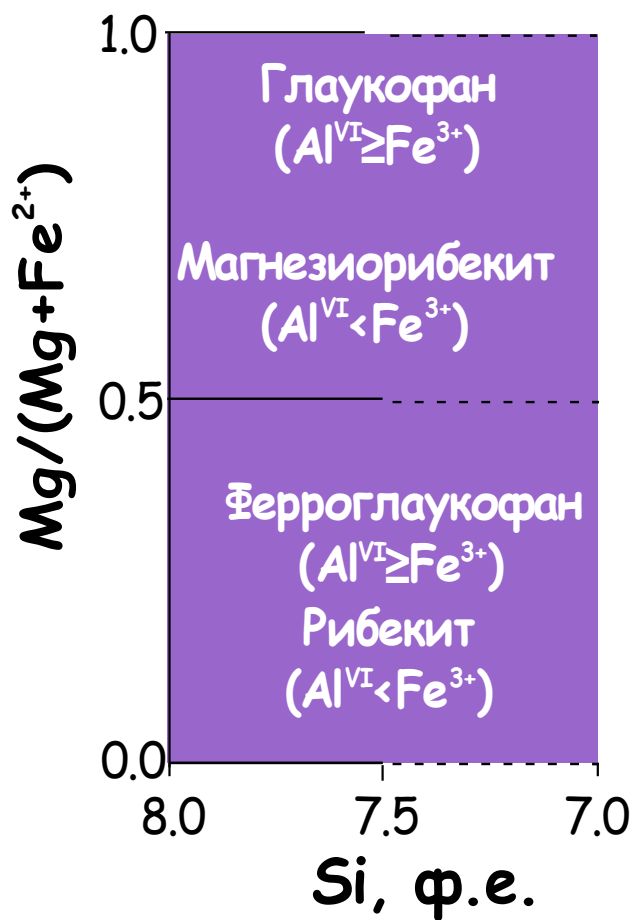


Ca-Na амфиболы



Щелочные амфиболы

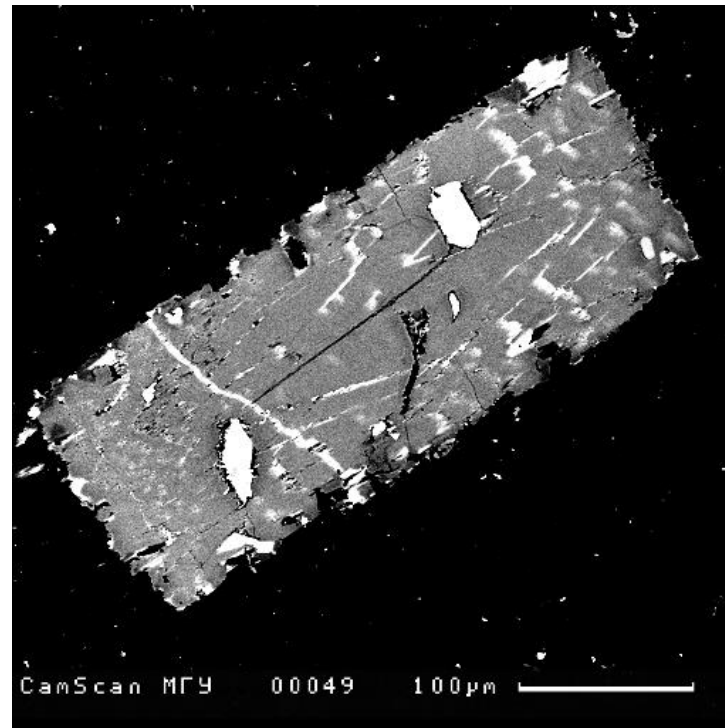
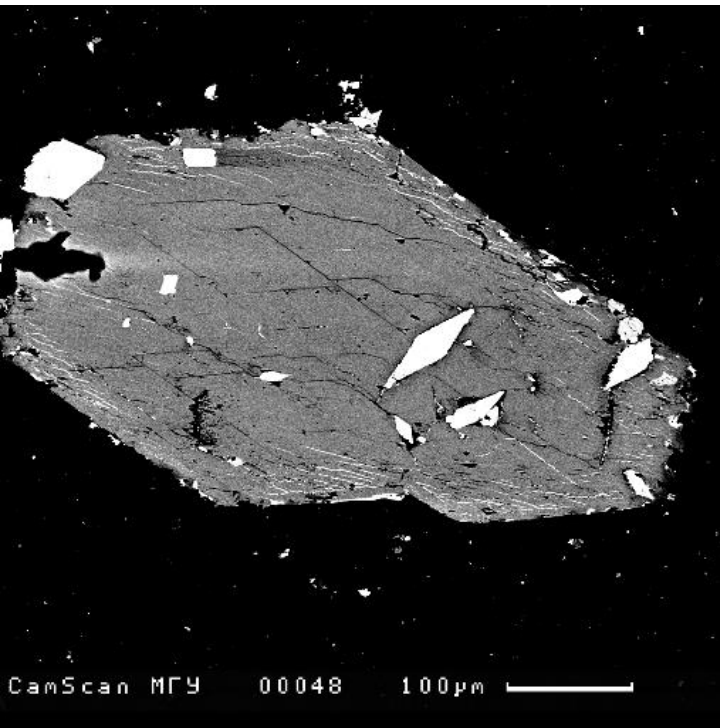
$\text{Na}_B \geq 1.5; (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn}^{2+}) > 2.5$	
$(\text{Na} + \text{K})_A < 0.5$	$(\text{Na} + \text{K})_A \geq 0.5$

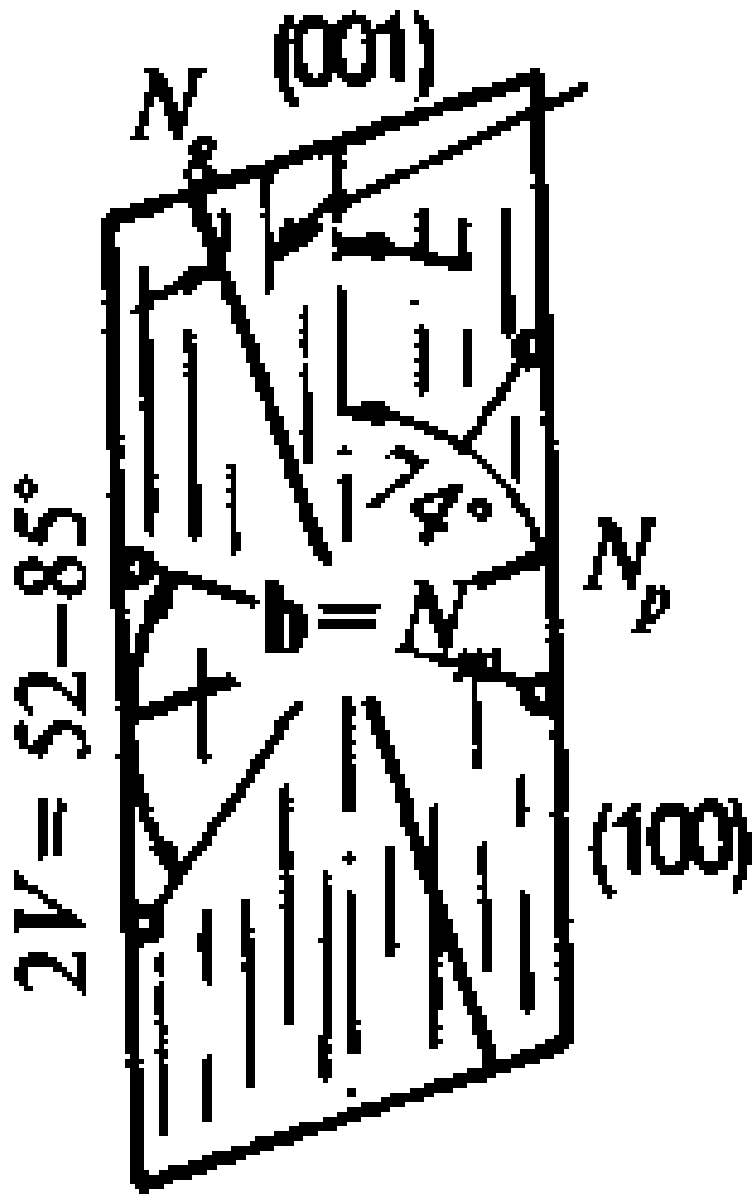


ДИАГНОСТИКА



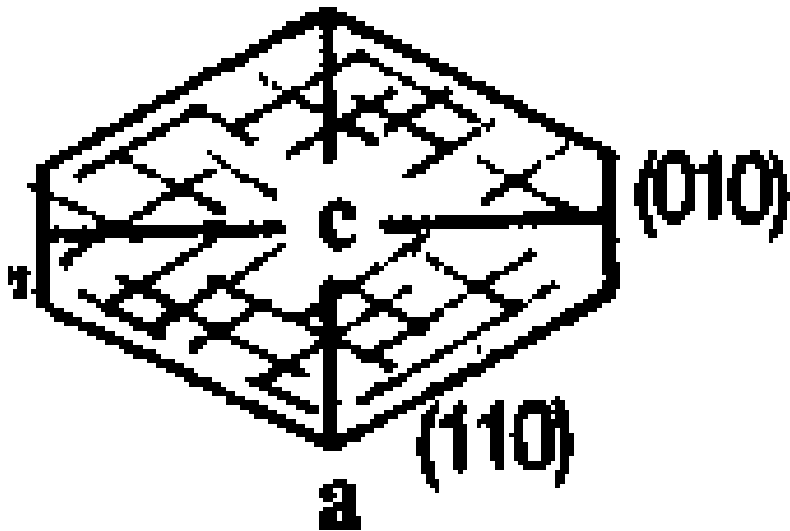
Ориентировка
оптической
индикатрисы в
кристалле роговой
обманки: *a* — общий
вид кристалла; *б* —
продольный разрез; *в*
— поперечный разрез





На всех разрезах моноклинных амфиболов, кроме, перпендикулярных (010), наблюдается косое угасание, причем углы угасания $c:N_g$ не превышают 30°

Для амфиболов характерны кристаллы с двумя системами трещин спайности, пересекающихся под углом 56° , которые хорошо видны на поперечных сечениях.



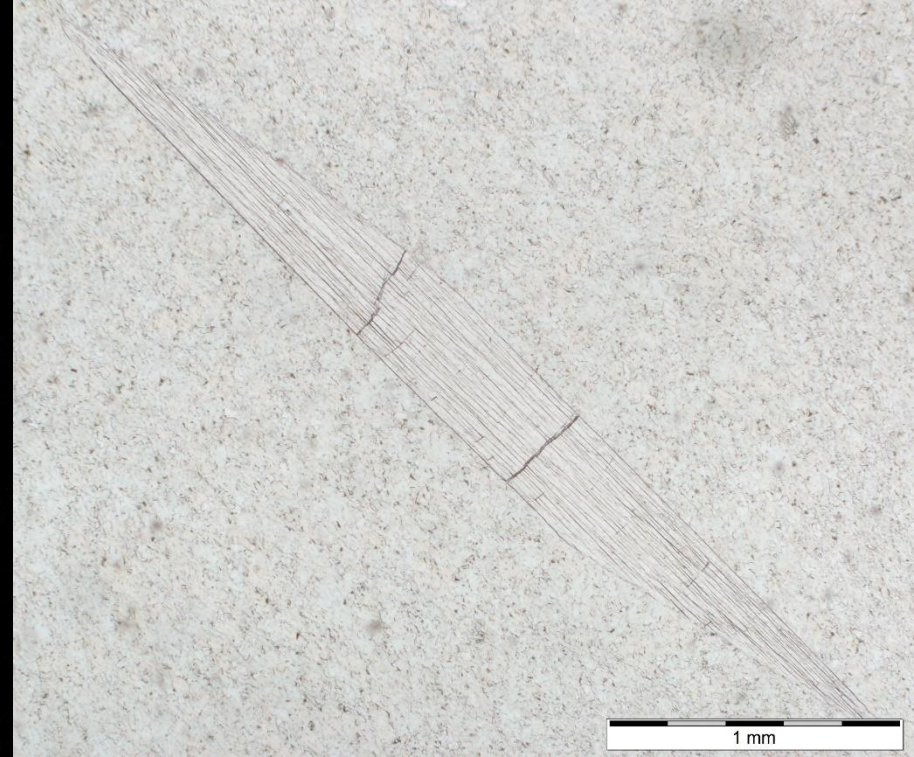
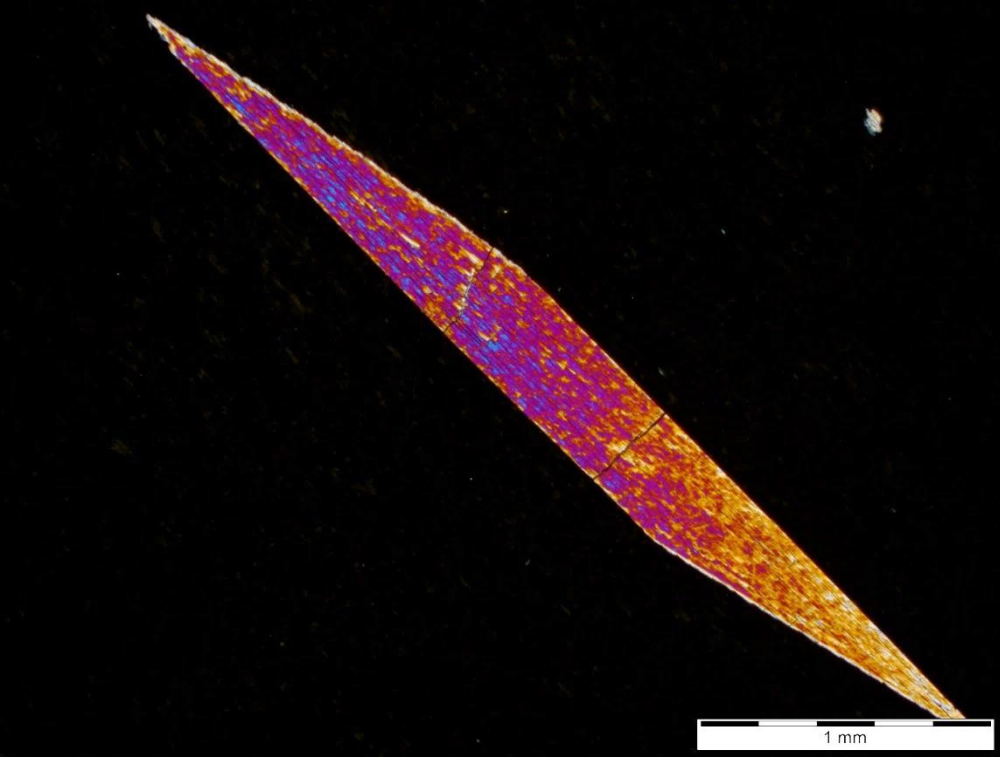
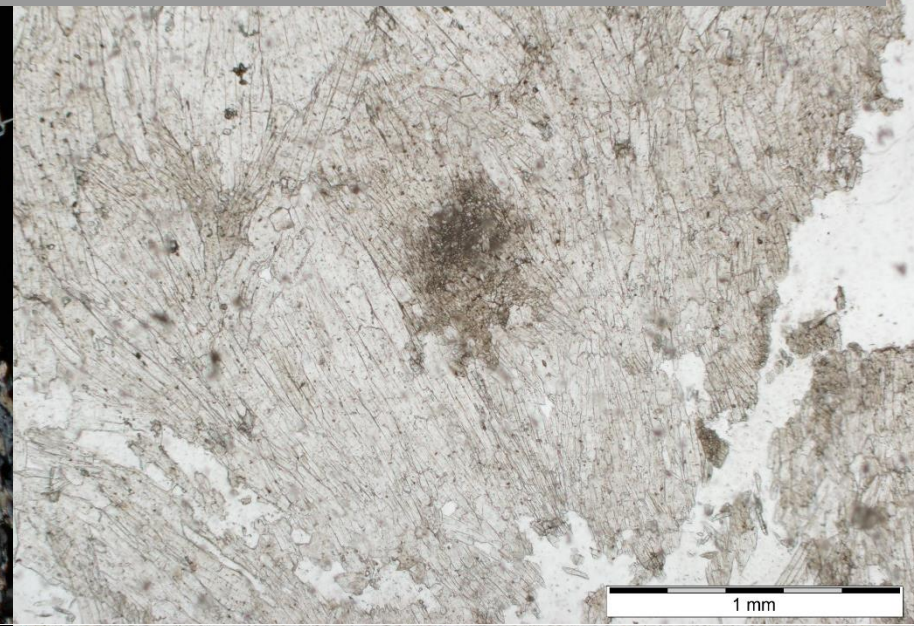
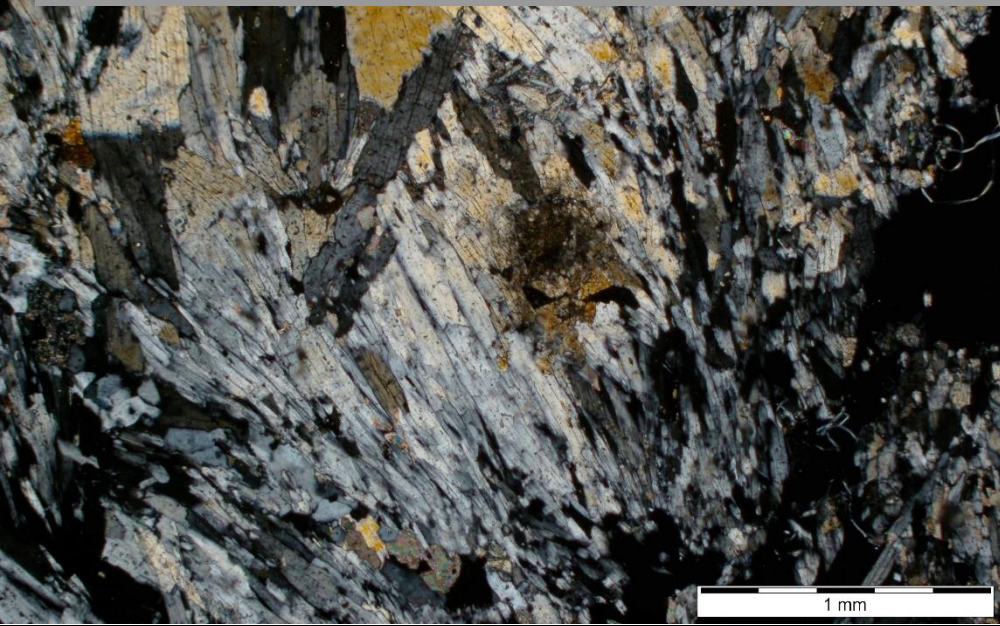
Кальциевые амфиболы. Минералы ряда тремолит-актинолит

- Непрерывный изоморфный ряд
– $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ – тремолит (Tr) – бесцветный
– $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ – актинолит (Act) – плеохроирует в нежно-зеленых тонах.
- Максимальное двулучепреломление – 0.023- 0.026
- Максимальная интерференционная окраска 2 порядка

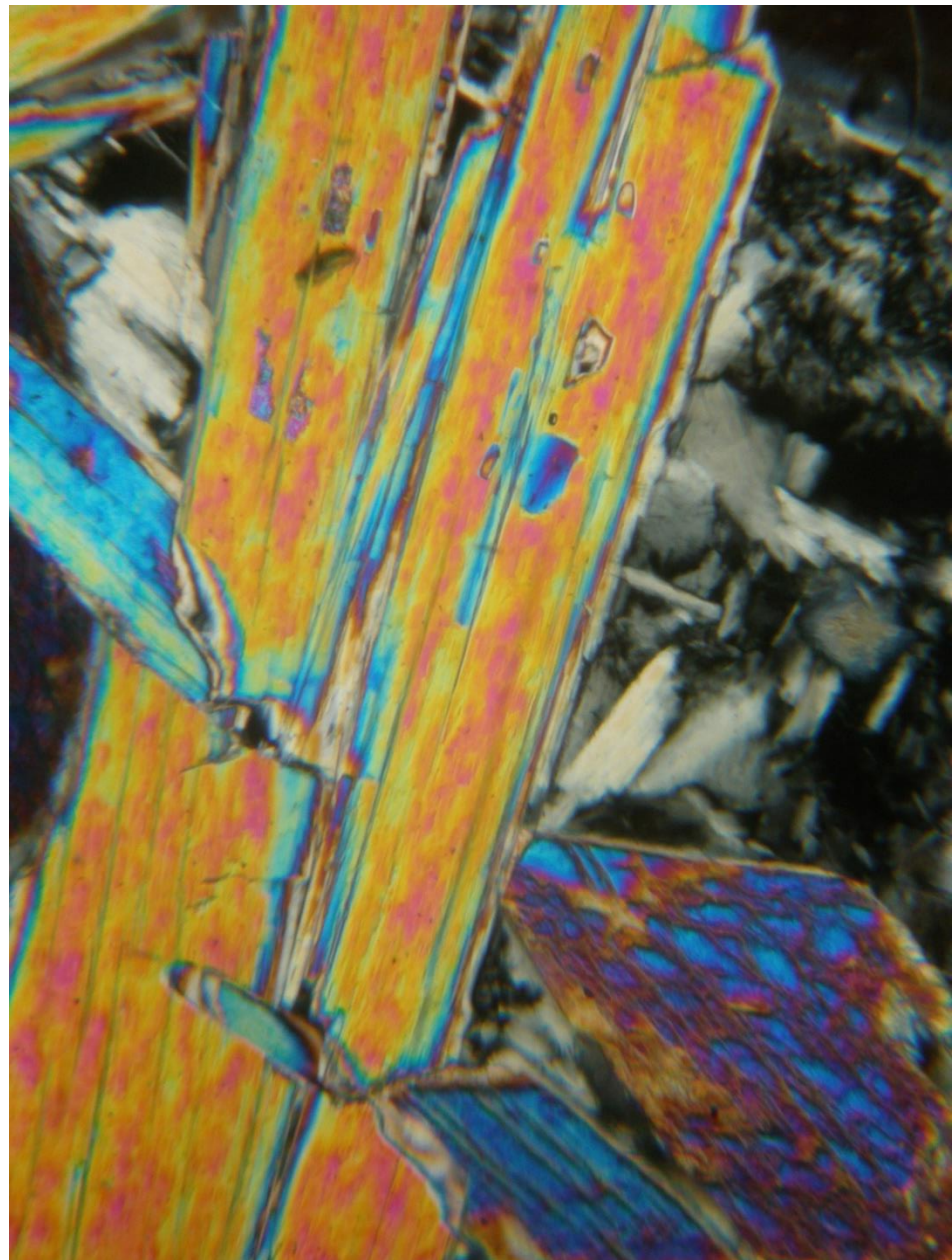
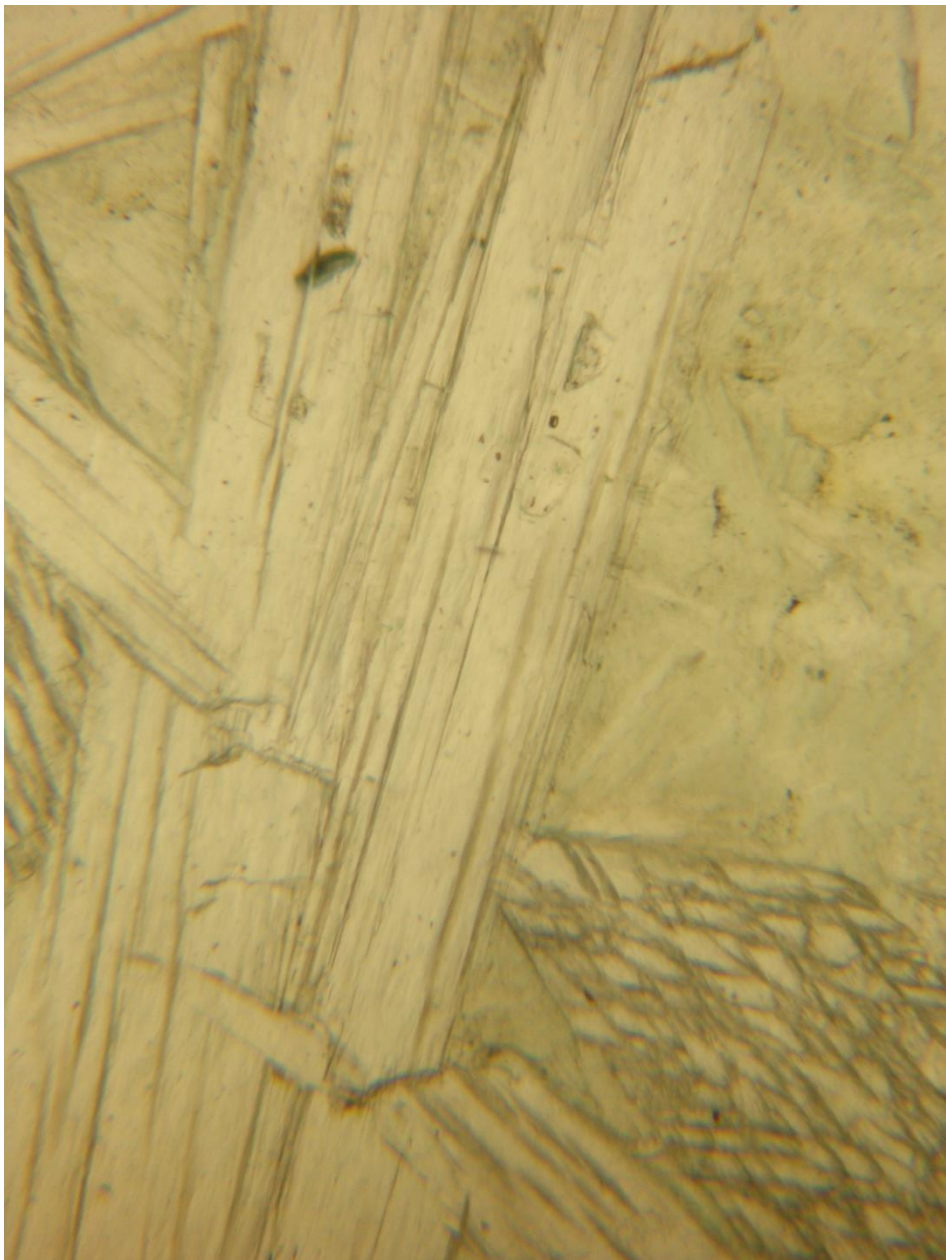
Характерны для метаморфических (низкие ступени метаморфизма) и ряда метасоматических пород.

Тремолит замещается тальком по определенным кристаллографическим направлениям иногда до образования полных псевдоморфоз; реже антигоритом или хризотилом; агрегатом кальцита, слюды и кварца; скаполитом

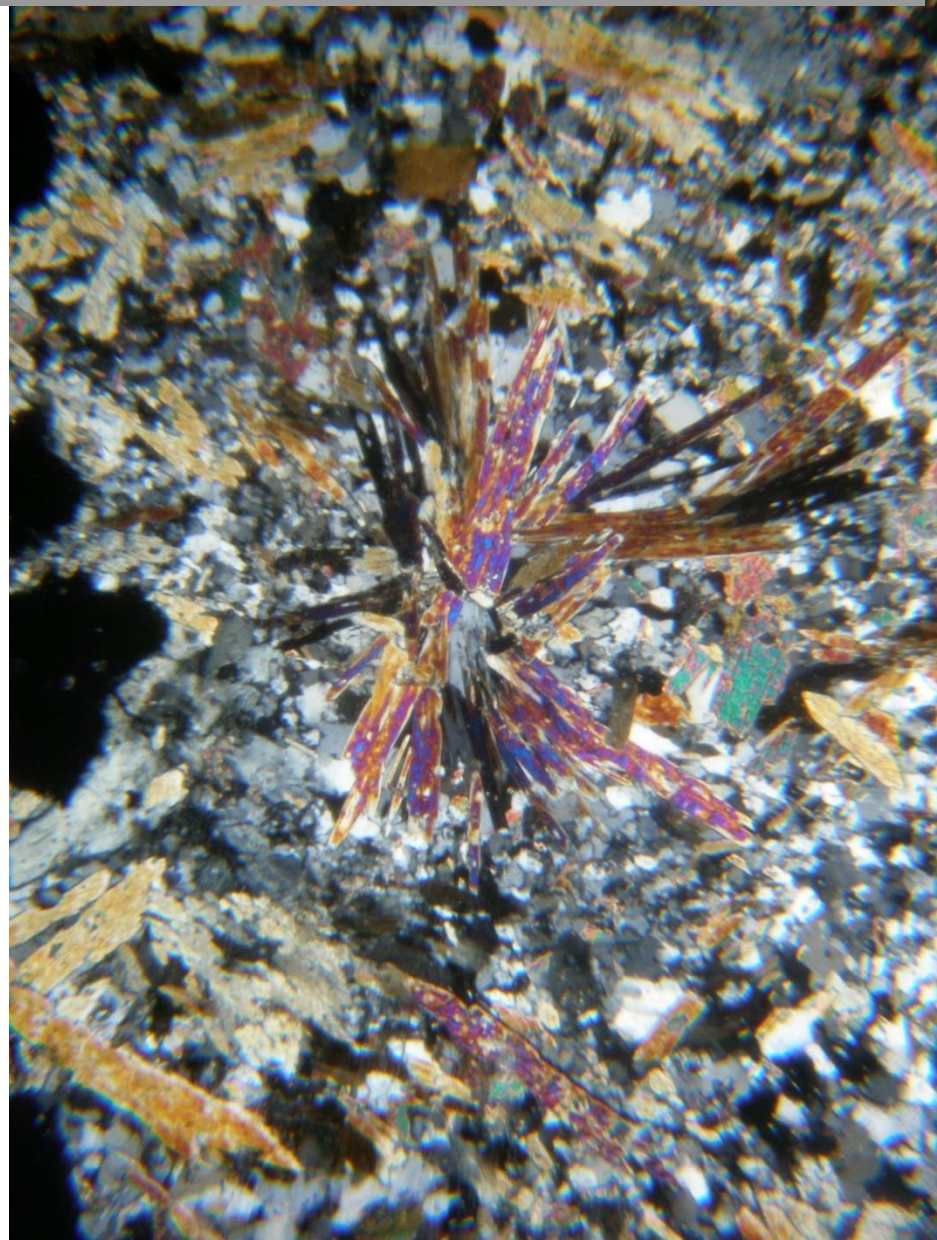
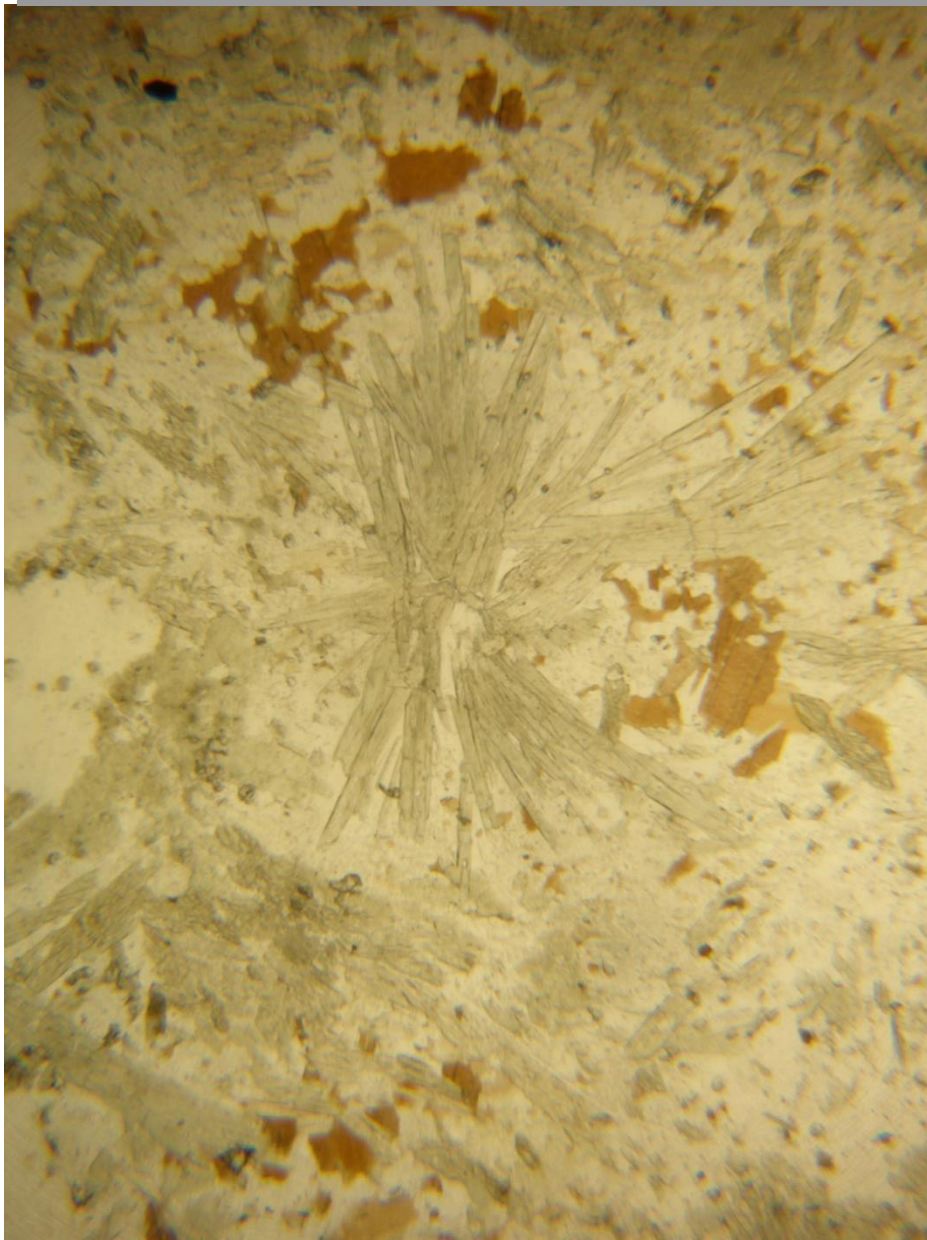
Кристаллы тремолита в породах: слева фото с анализатором, справа – без него.



Кристаллы тремолита: слева фото без анализатора, справа – с анализатором.



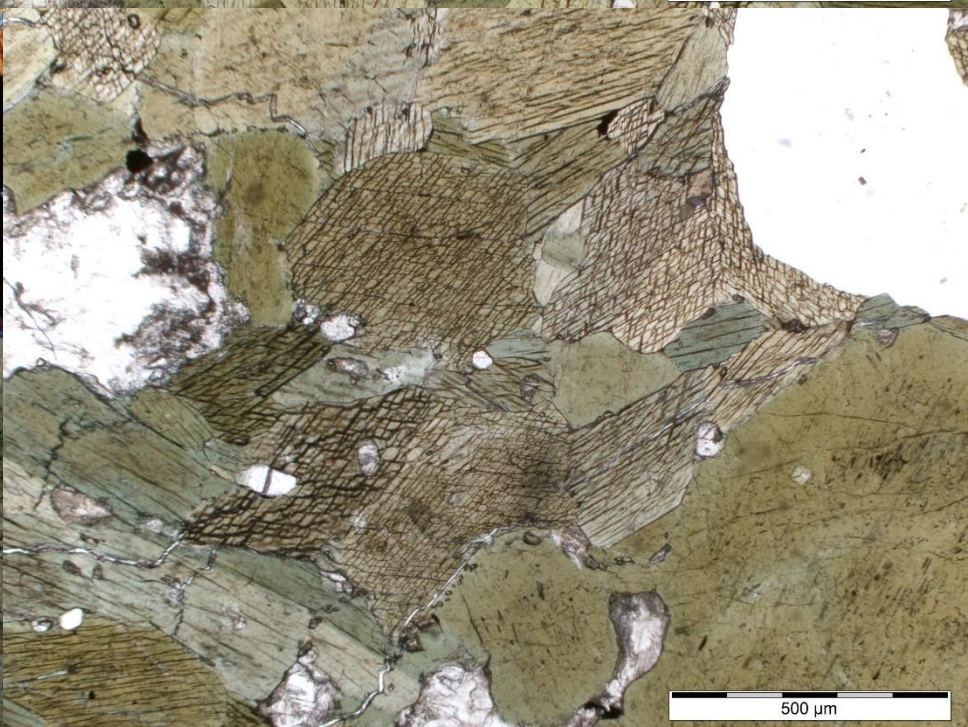
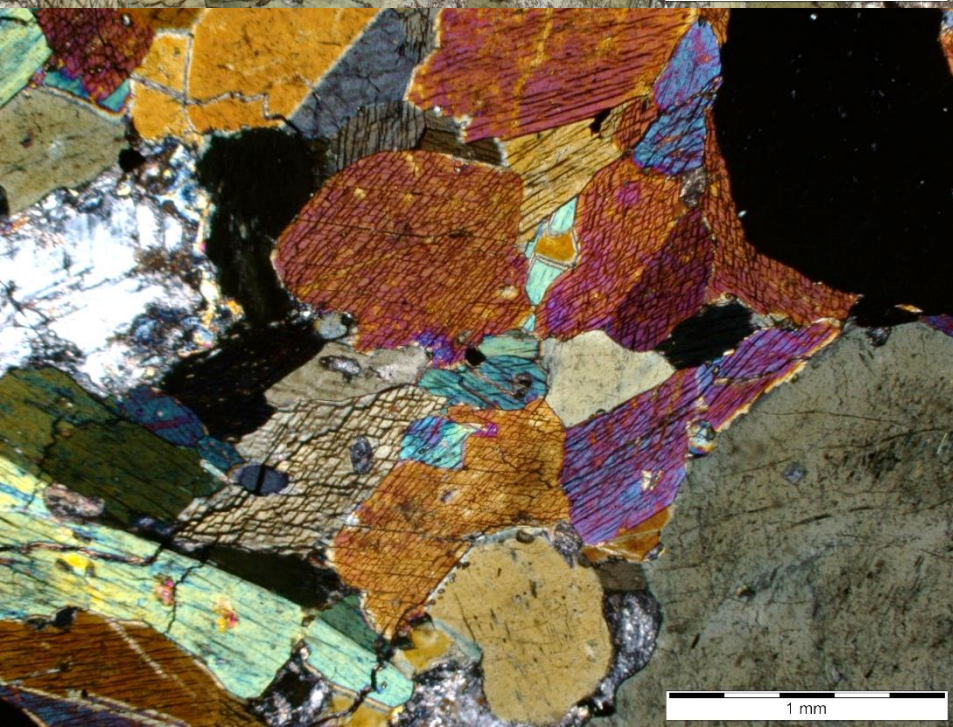
Кристаллы актинолита: слева фото без анализатора, справа – с анализатором.



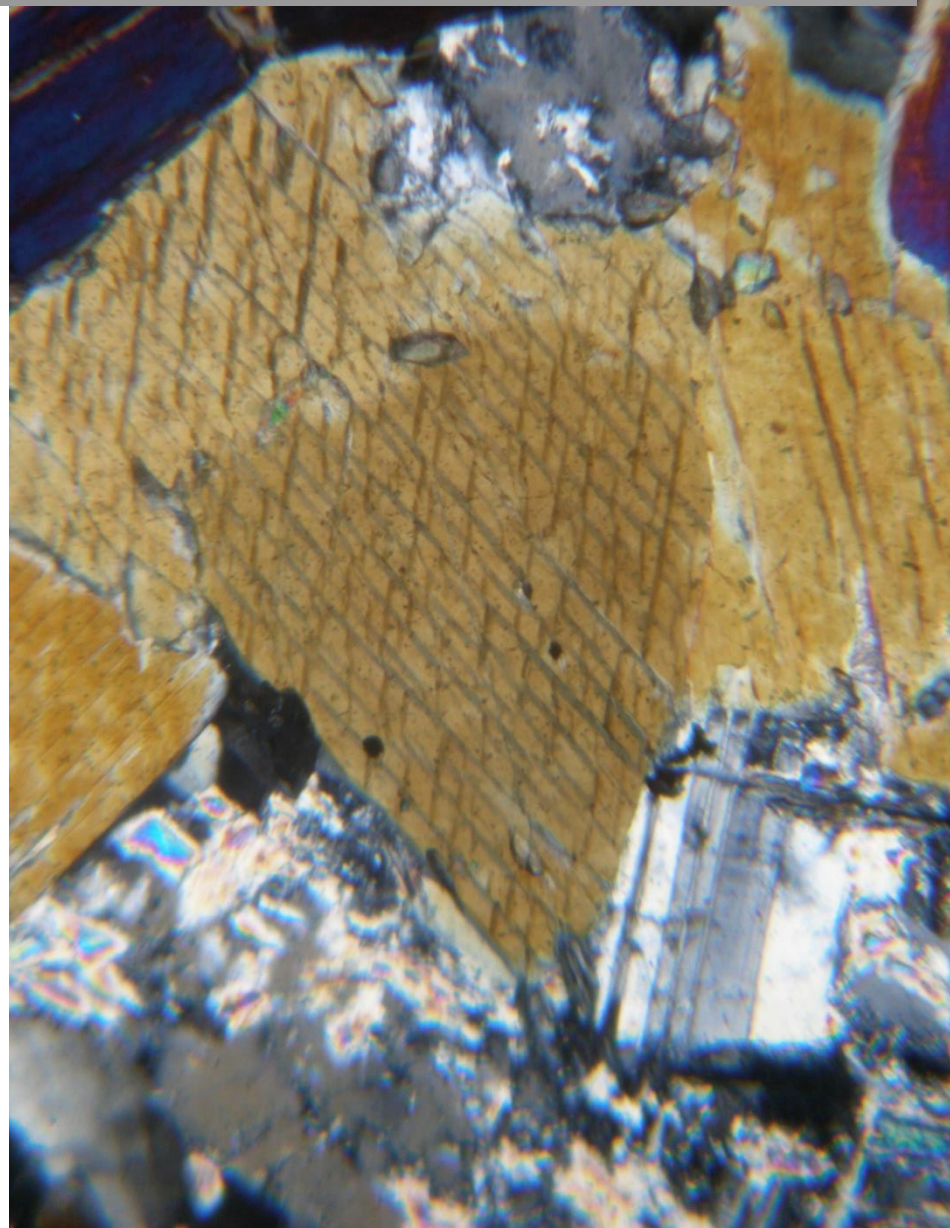
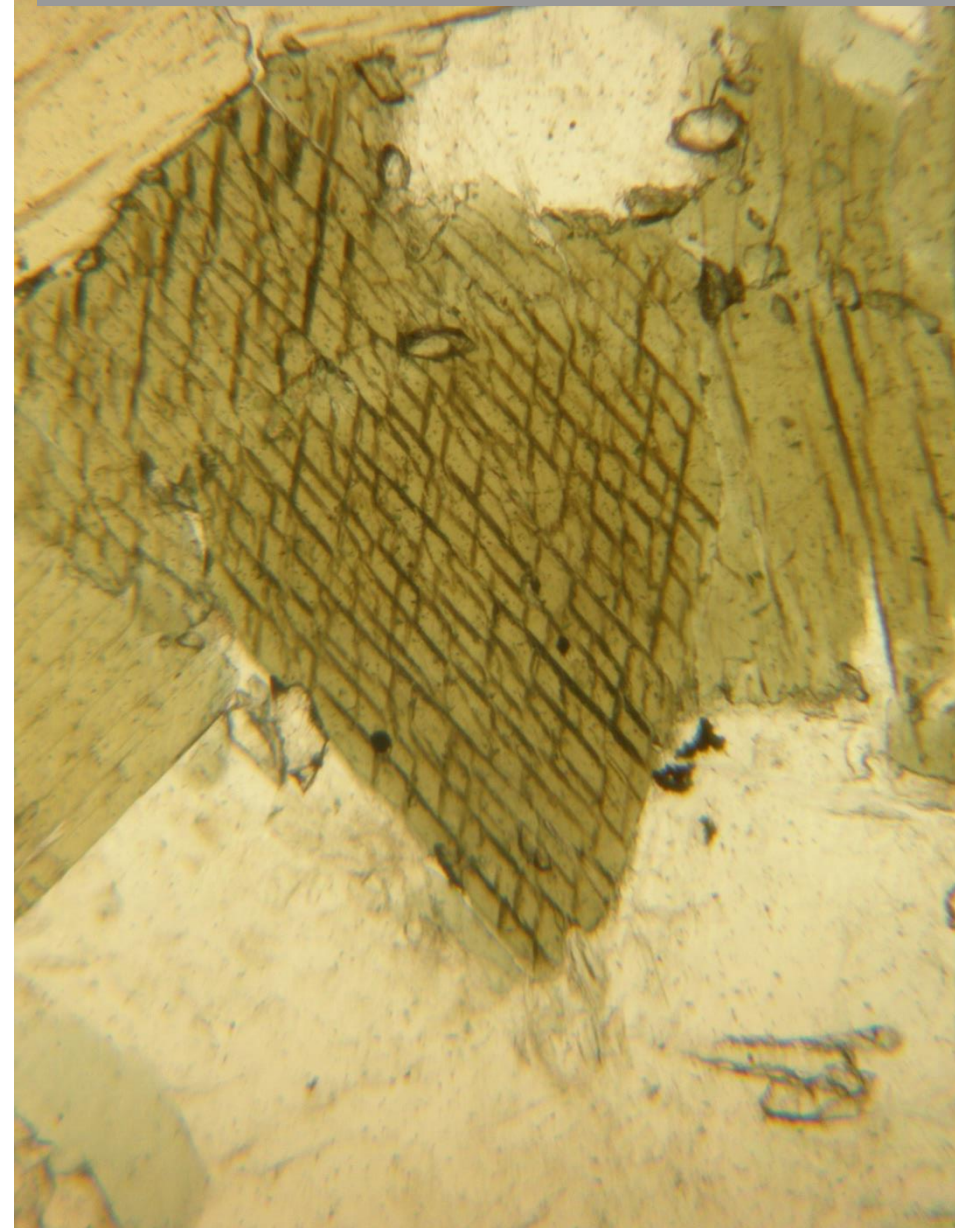
Кальциевые амфиболы.

«Роговая обманка» – общее название для ряда минералов

- Говоря формально, такого минерала не существует, как и биотита. Это общее название для нескольких минералов. Например, минералы эденит, парагасит, магнезиогастингсит, керсутит и др. – мы с вами будем называть роговыми обманками.
- Традиционное сокращение – Hbl
- Форма – более-менее отвечает разным сечением приведенных кристаллов. Очень характерно шестиугольное сечение со спайностью в двух направлениях (и его вариации).
- Большинство разновидностей роговой обманки обладают отчетливым плеохроизмом в бурых и зеленых тонах.
- Средний положительный рельеф
- Совершенная спайность в двух направлениях под углом ~56 градусов
- У большинства –интерференционные окраски не выше 2 порядка, угол погасания – 12-18 градусов.

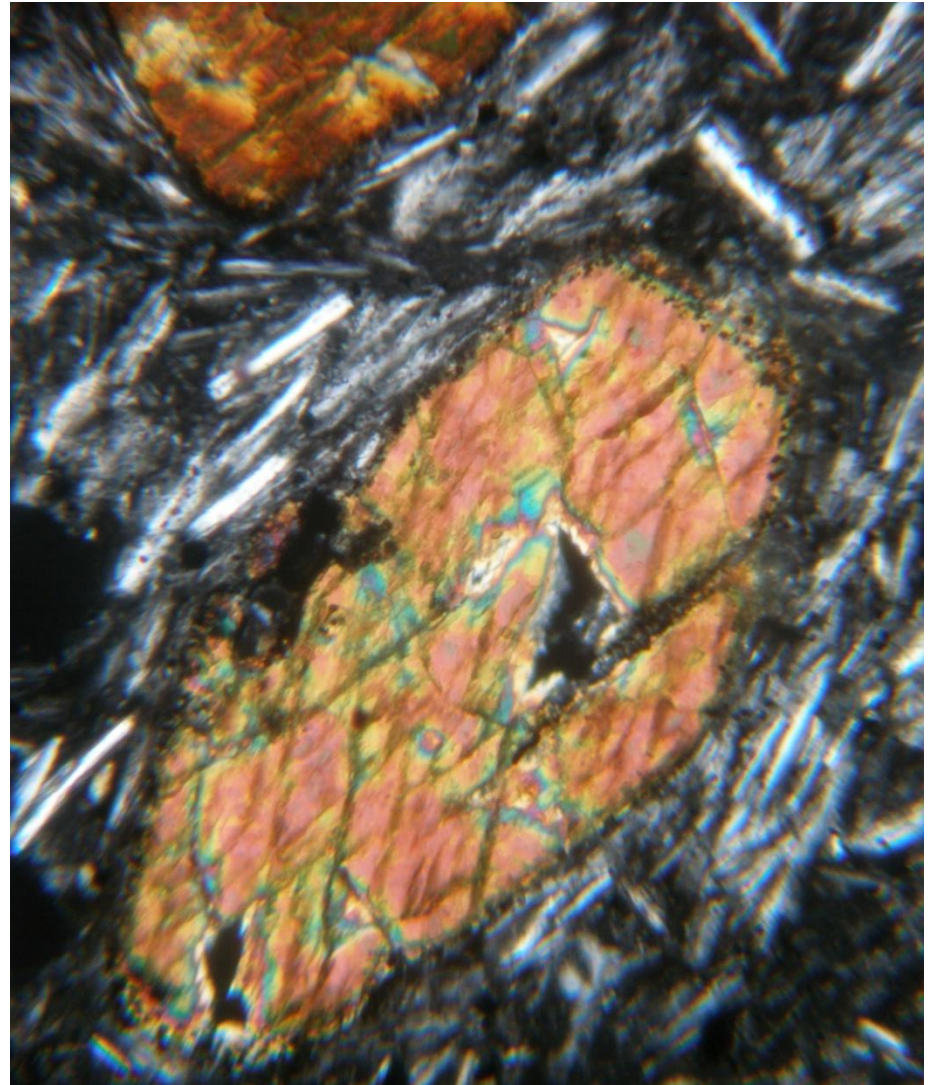
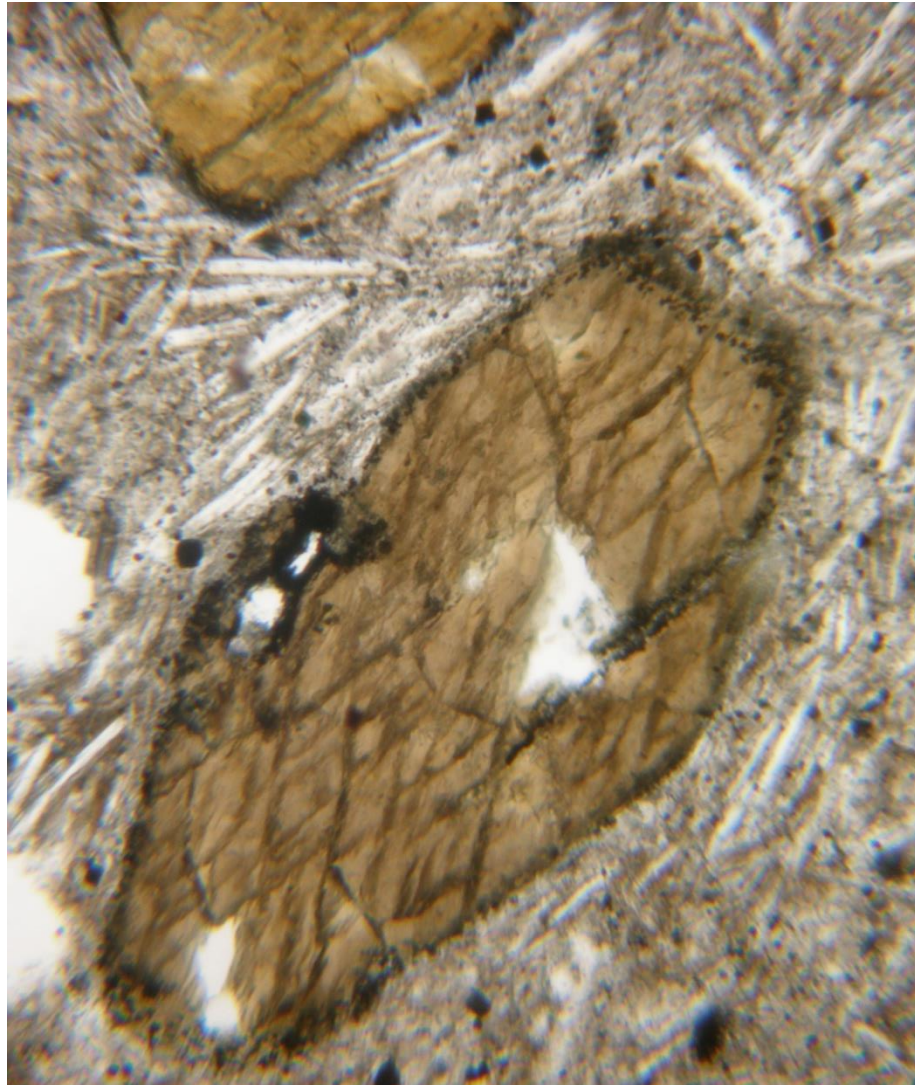


Сечение роговой обманки с 2-мя направлениями спайности: слева фото без анализатора, справа – с анализатором.



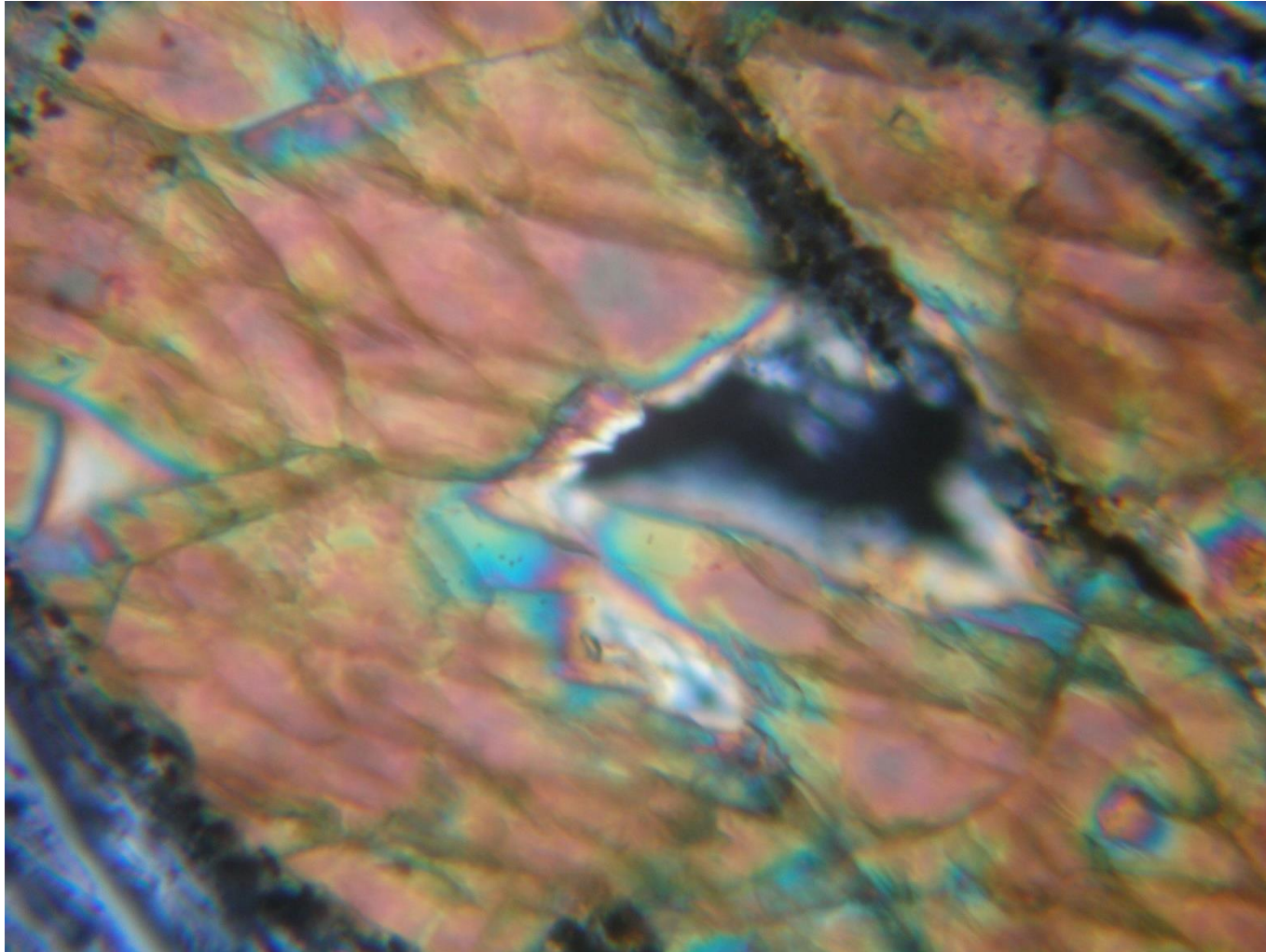
Базальтическая роговая обманка

По составу аналогична обычной, но все железо окислено

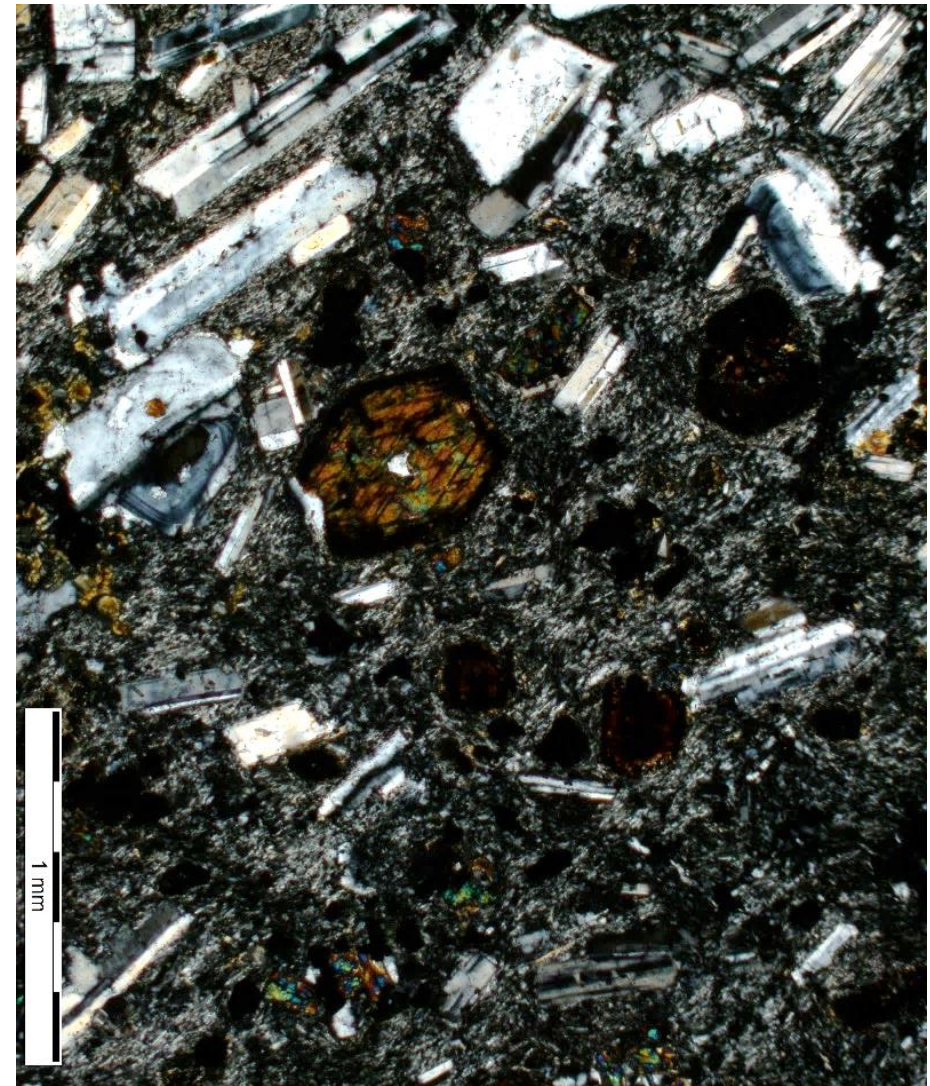
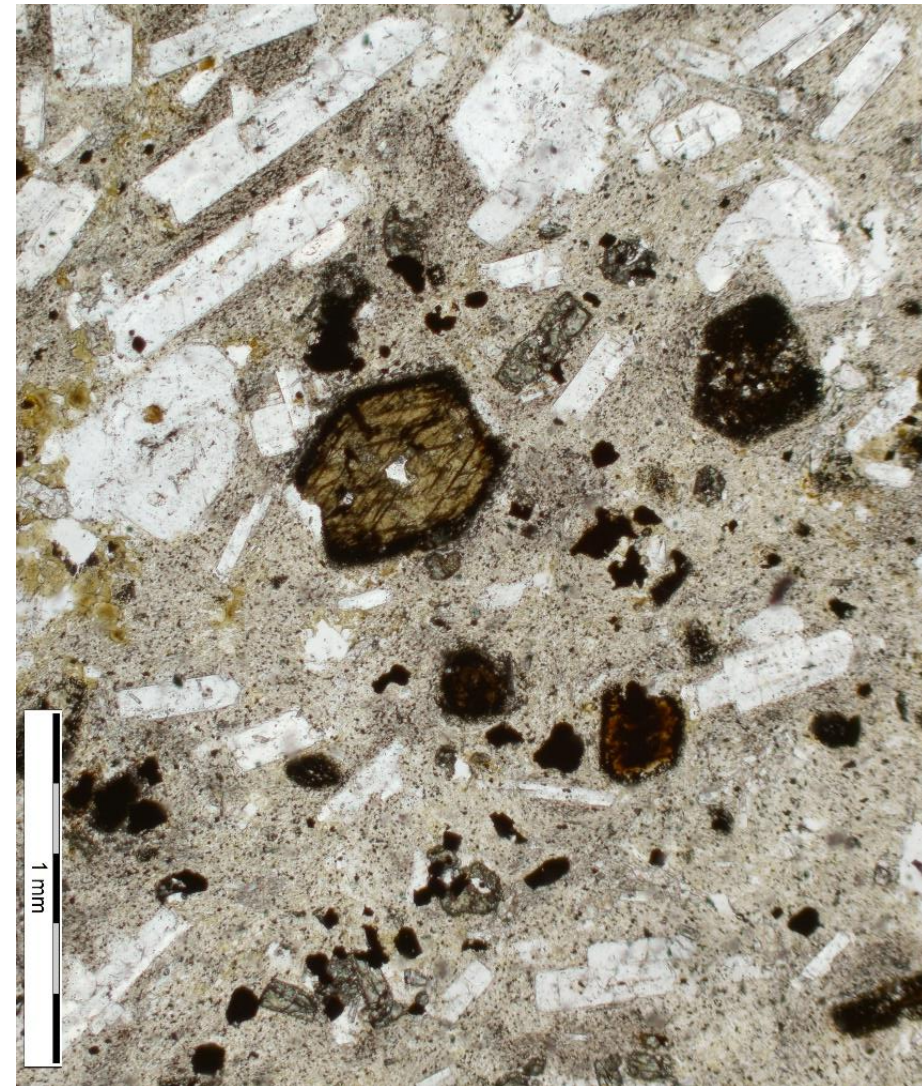


Кристаллы базальтической роговой обманки в андезите: слева фото без анализатора, справа – с анализатором.

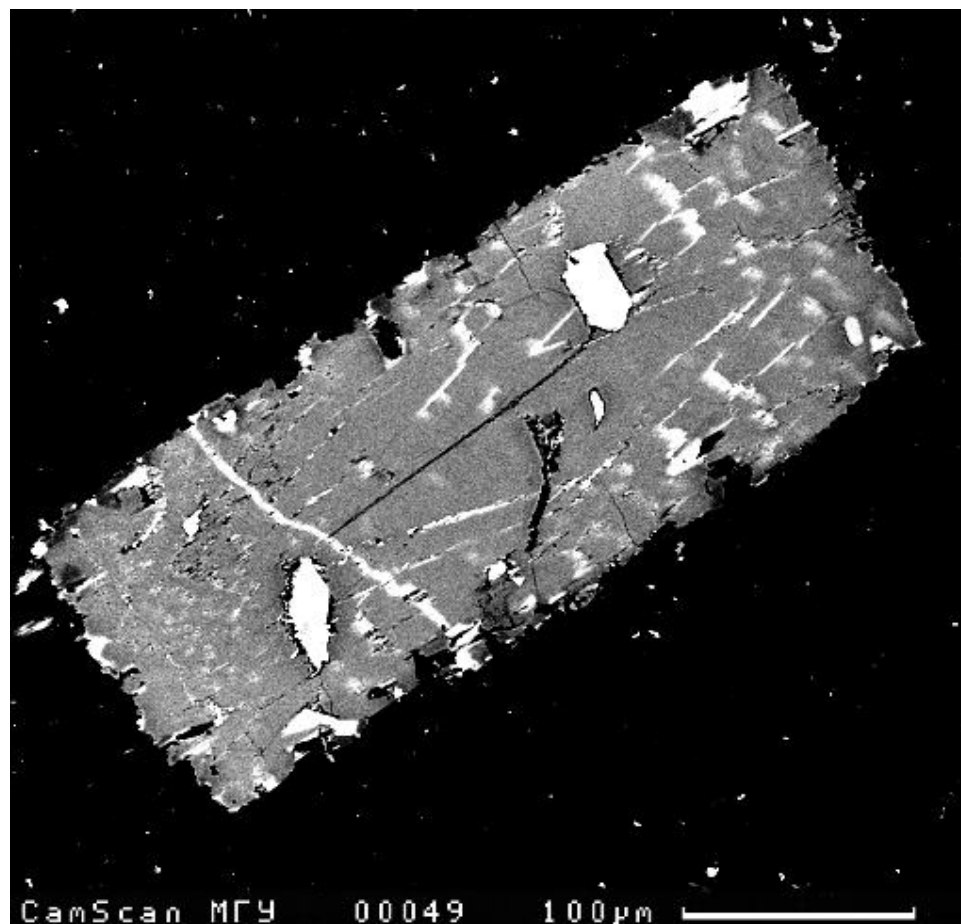
Кристалл базальтической роговой обманки: фото с анализатором, видна красная II порядка интерференционная окраска.



У базальтических роговых обманок (и не только) часто встречаются каймы опацизации. Опацизация – разложение водосодержащего минерала, когда магма поднимается из богатого водой очага в относительно сухой. Опацит представляет собой тонкозернистый агрегат пироксена, плагиоклаза и магнетита, из-за которого кайма выглядит черной и непрозрачной.



Вторичные изменения. Роговая обманка - относительно устойчивый минерал. Но по ней также бывают вторичные минералы, наиболее распространенными из которых являются актинолит, хлорит, эпидот, карбонат, магнетит. При изменении амфибола, содержащего титан, появляются сфен и лейкоксен.



Распространенность в природе

Благодаря многообразию изоморфных замещений амфиболы встречаются во многих литологических типах магматических и метаморфических горных пород земной коры и верхней мантии.

СЛЮДЫ

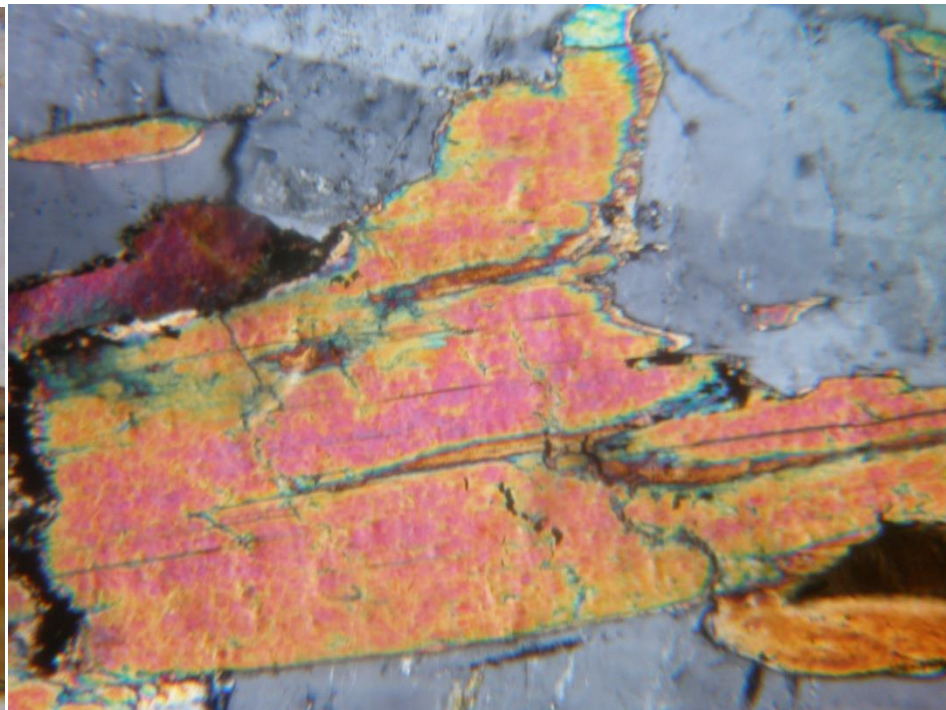
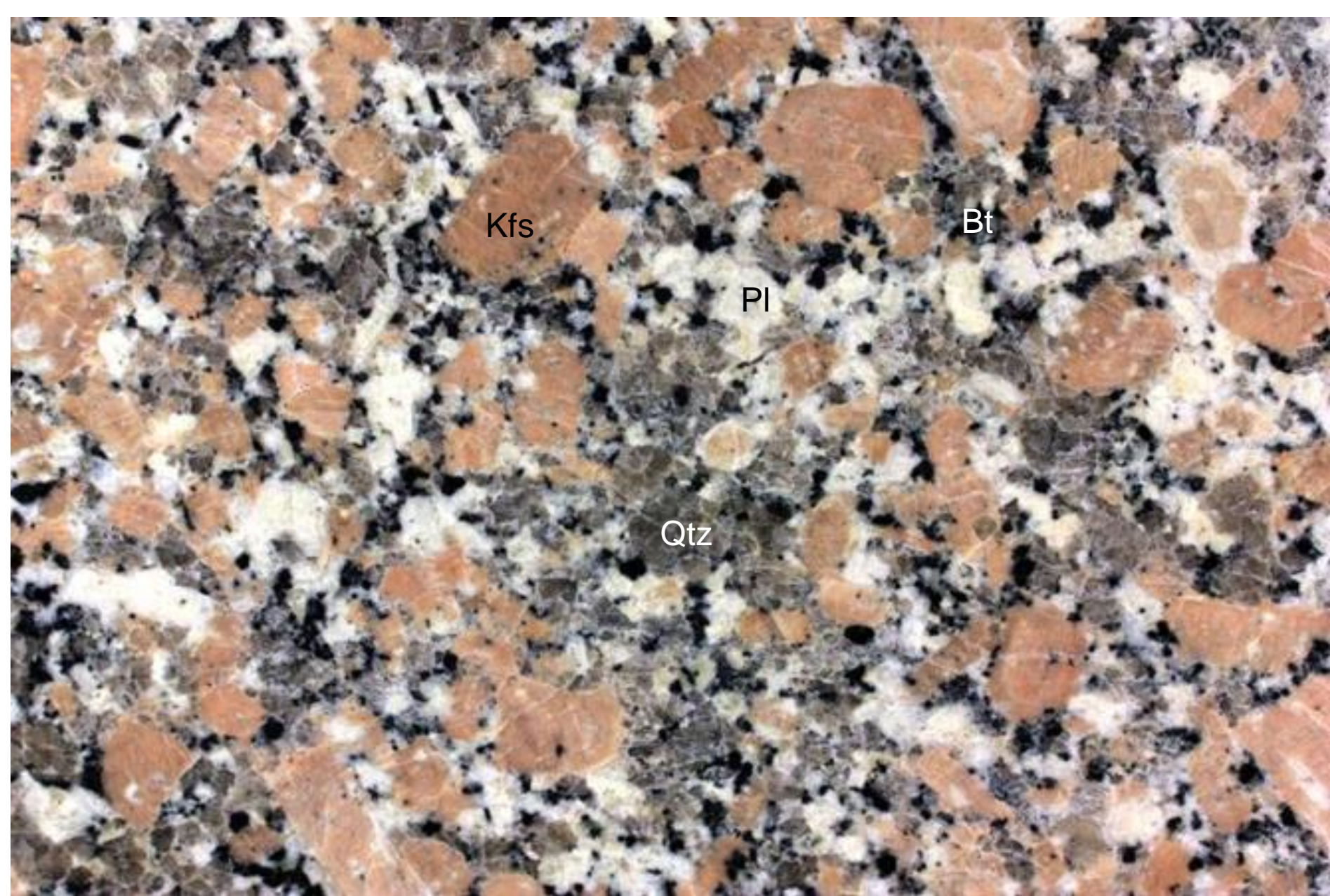


Фото без Анализатора

Биотит в граните
длина фото 1,5 мм

Фото с Анализатором



Гранит
(фото полированного образца)

Основные подклассы силикатов

OI

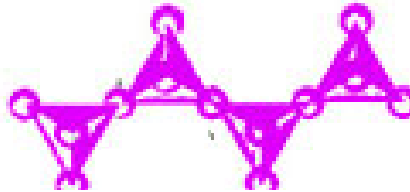
Островные



Изолированные тетраэдры

Px

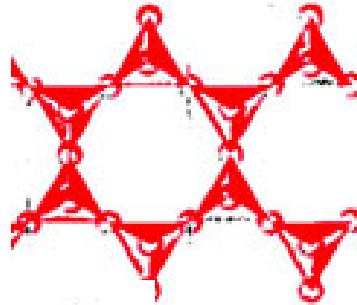
Цепочечные



Цепочки тетраэдров,

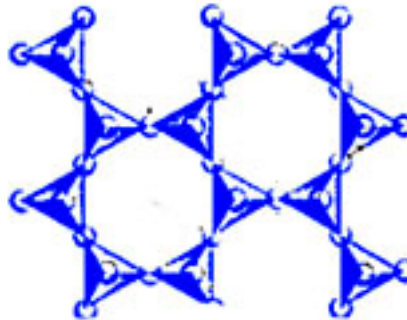
Amph

Ленточные



Ленты из 2 цепочек

Слюда Слоистые



Слой из лент

РІ
Кпш
Кварц

Каркасные

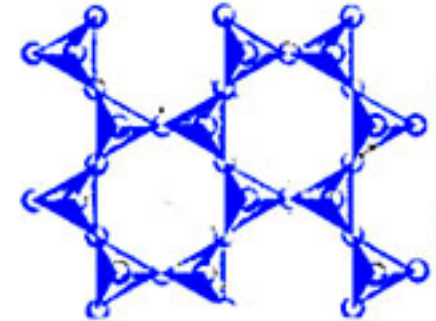


3D каркас,

Группа слюд



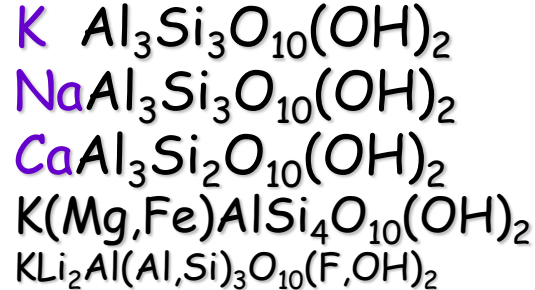
где $A = K, Na, Ca$
 $M = Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Ti,$
 $T = Si, Al$



Номенклатура слюд

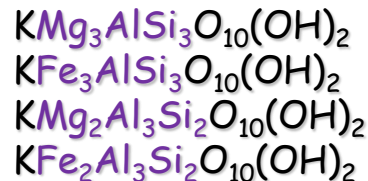
Светлые

мусковит (Mu)
 парагонит (Par)
 маргарит (Mrg)
 селадонит (Cel)
 лепидолит

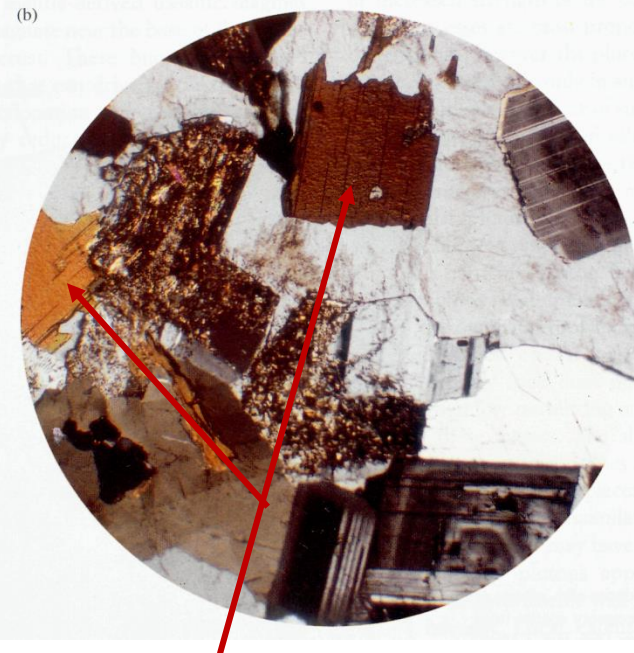


Темные

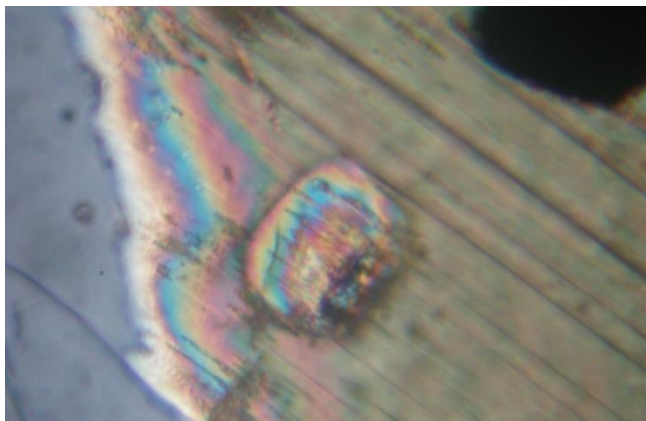
БИОТИТ - твердый р-р 4 миналов
 флогопит (Phl)
 аннит (Ann)
 истонит (Ist)
 сидерофиллит (Sid)



- Минералы группы слюд относятся к числу широко распространенных, играющих роль породообразующих минералов в кислых интрузивных и в метаморфических породах. Для кристаллизации слюд необходимо присутствие щелочных металлов. Из расплава они, как правило, выделяются позже других цветных минералов. В минералах этой группы широко развиты катионные замещения, вследствие чего колеблются их оптические константы.
- Листоватая форма кристаллов и характерные оптические свойства позволяют уверенно находить слюды под микроскопом.

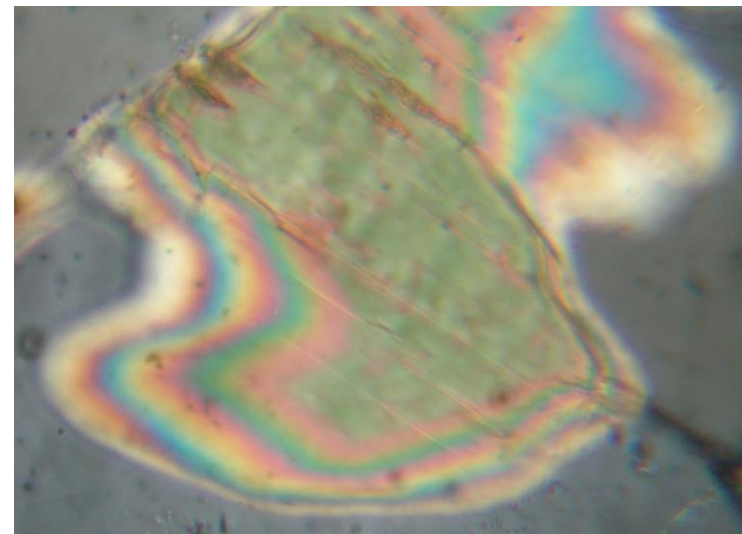


Биотит в граните.
Фото с Анализатором



Биотит

Фото с Анализатором
Видна высокая интерференционная окраска (зеленая IV порядка)

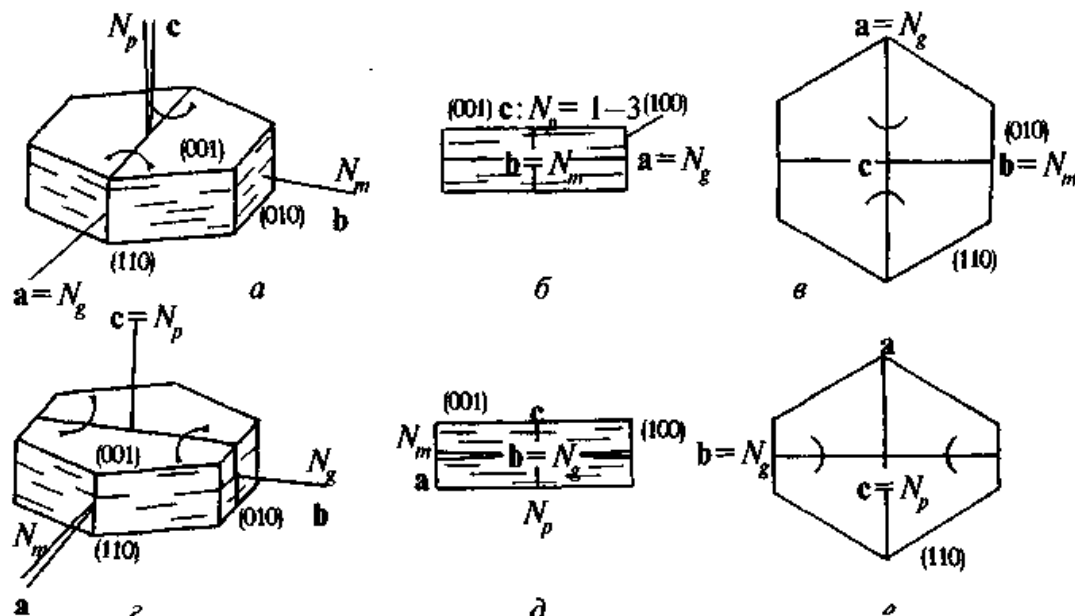


Для всех слюд характерны некоторые общие свойства, которые определяются их структурой:

- Моноклинная сингония;
- Облик кристаллов таблитчатый, псевдогексагональный;
- Агрегаты – пластинчатые, чешуйчатые;
- Весьма совершенная спайность по (001);
- Высокое двупреломление ;
- Прямое погасание;
- Искристое погасание (пояснение термина на следующем слайде) ;
- Положительное удлинение;
- Отрицательный оптический знак;

Ориентировка оптической индикатрисы в кристаллах биотита (*a—e*) и мусковита (*г—e*):

a, e — общий вид кристаллов; *б, д* — продольные разрезы; *в, e* — поперечные разрезы





Искристое погасание – образное название того, что в положении погасания в кристаллах слюд остаются светлые точки - «искры». В непогасшем состоянии чешуек слюд это проявляется в некоторой «переливчатости» их интерференционных окрасок.

Биотит в граните. Фото с Анализатором.
Длина 3 мм

Самыми распространенными минералами группы слюд являются **биотит** и **мусковит**. При этом биотит – это собирательное название изоморфной смеси 4-х миналов. Часто используют его упрощенную формулу $K(Mg,Fe)_3(Si_3AlO_{10})(OH,F)_2$, иногда рассматривая **флогопит** как отдельный минерал $KMg_3(Si_3AlO_{10})(OH,F)_2$

В магматических горных породах чаще всего встречаются **биотит** и **флогопит**. Первично магматический **мусковит** бывает только в пегматитах и гранитах, сильно обогащенных калием и легколетучими компонентами. Появление мусковита в магматических горных породах свидетельствует о наложении на них процесса грейзенизации. Мусковит часто имеет гидротермальное происхождение. И мусковит, и серицит (мелкочешуйчатый мусковит) типичны для метаморфических пород.

Биотит

Характерной особенностью биотита является появление в нем вокруг включений радиоактивных минералов (чаще всего циркона) так называемых «плеохроичных двориков» - ореолов метамиктного распада, имеющих черный цвет, интенсивность которого меняется при повороте столика микроскопа.

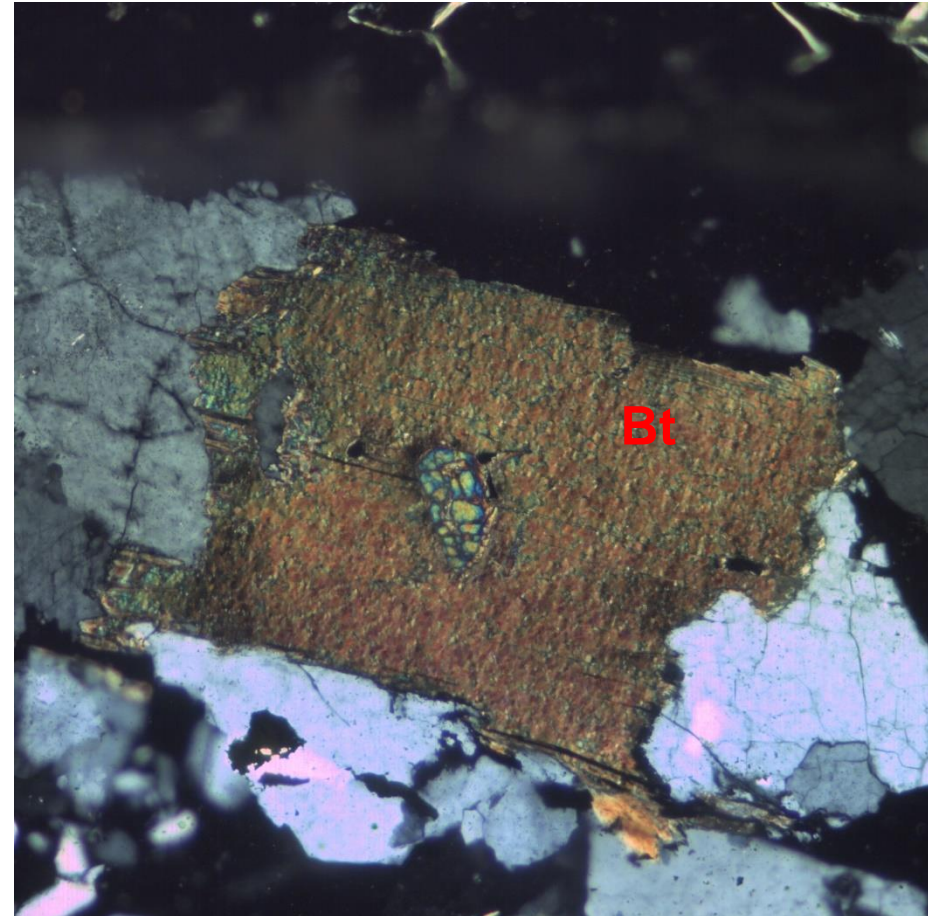
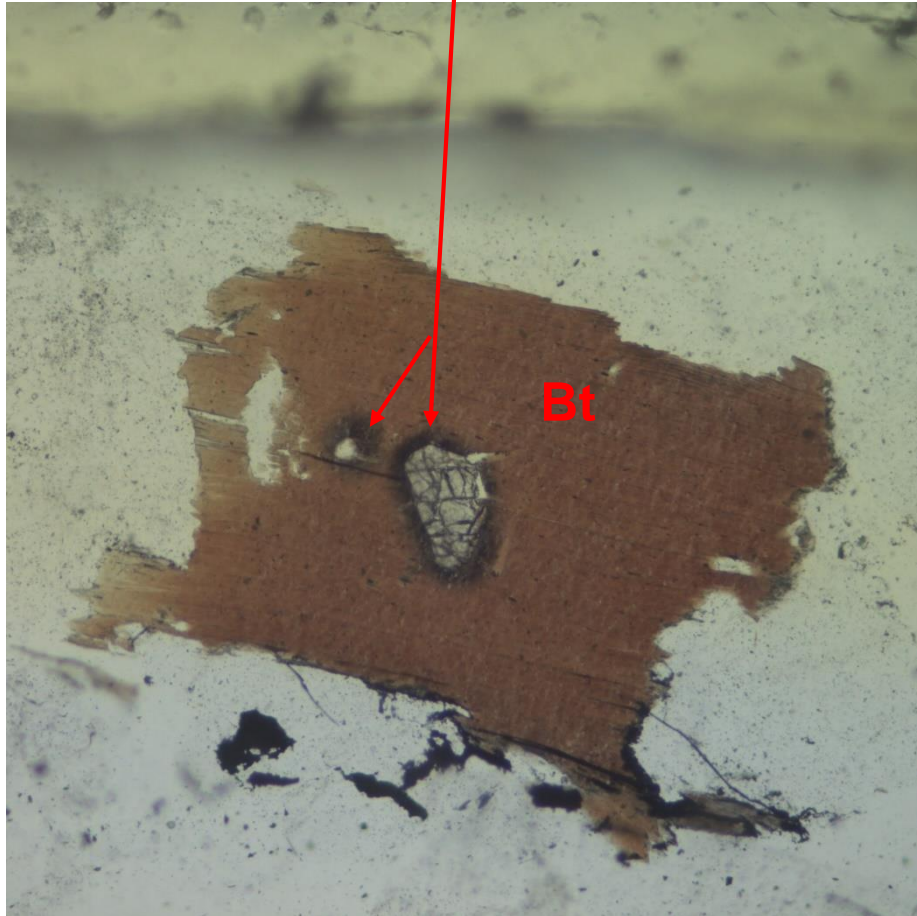


Фото без Анализатора

Биотит

Фото с Анализатором

сторона фото 3 мм

Биотит

В зависимости от изменения состава, меняется и окраска биотитов. **Красноватый** оттенок биотиту придает повышенное содержание в нем **титана**. **Титанистые** биотиты являются более высокотемпературными.

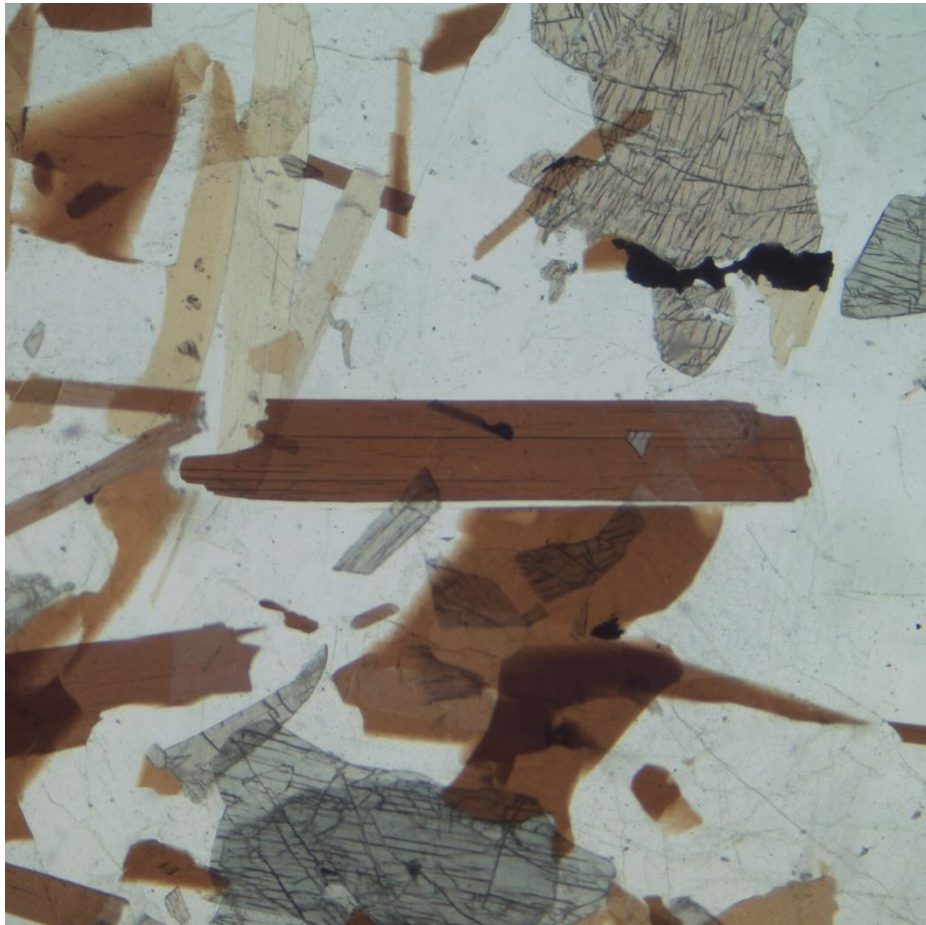
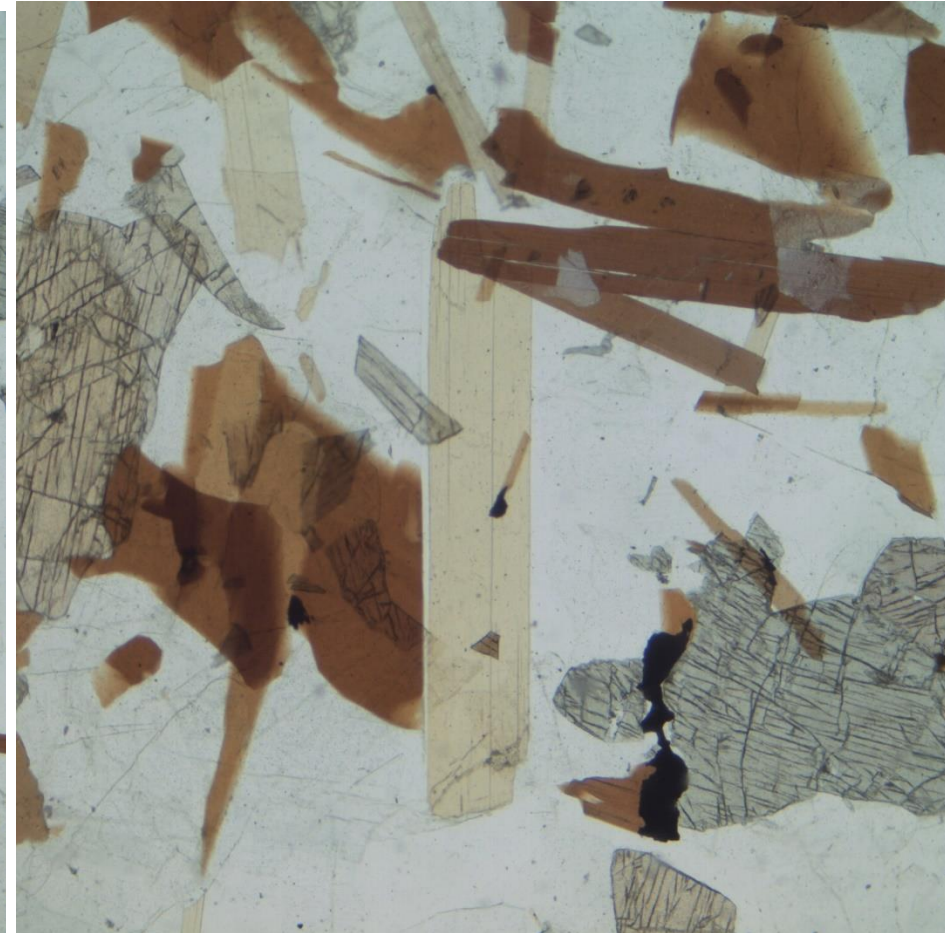


Фото без Анализатора



Биотит

Фото без Анализатора

сторона фото 3 мм

Биотит

Флогопит имеет светлые окраски, часто почти бесцветные или слегка оранжеватые

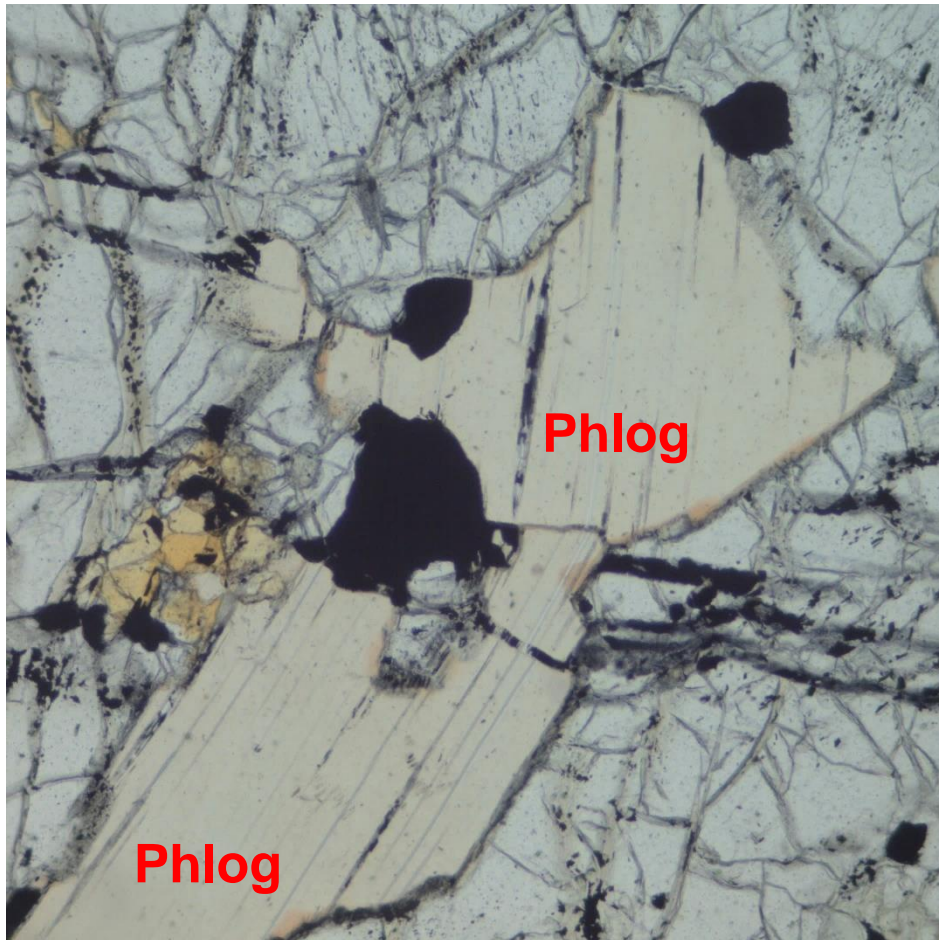
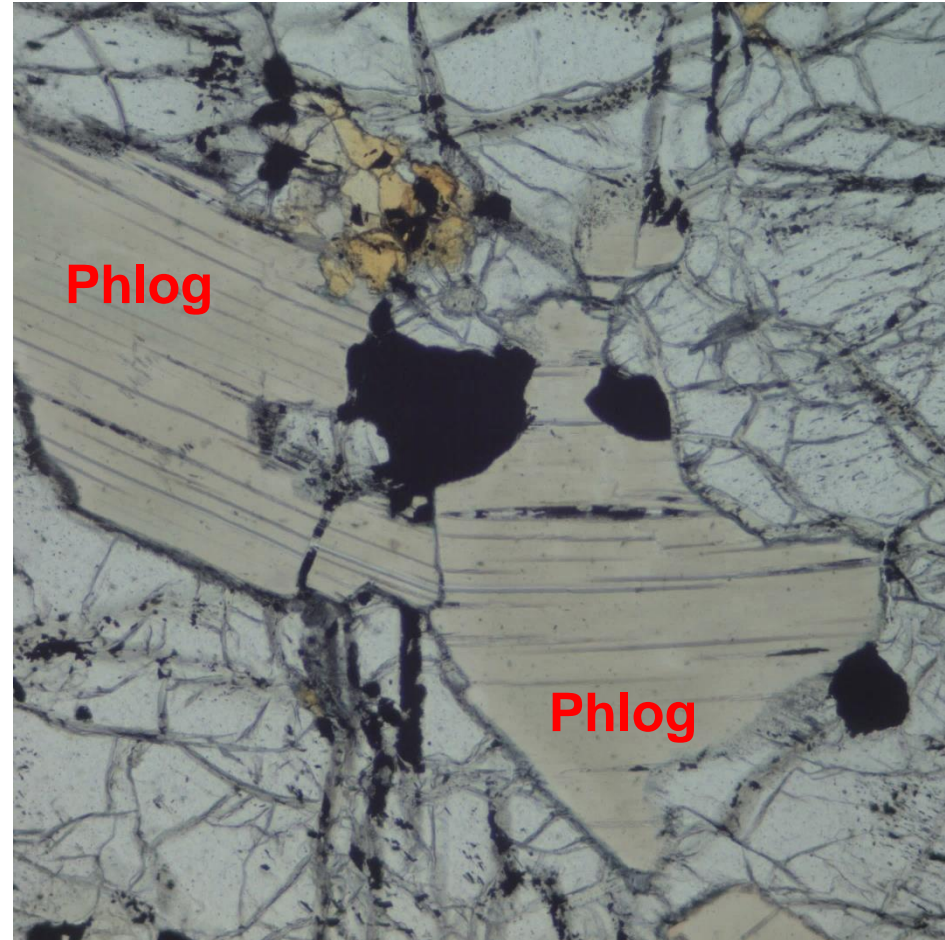


Фото без Анализатора

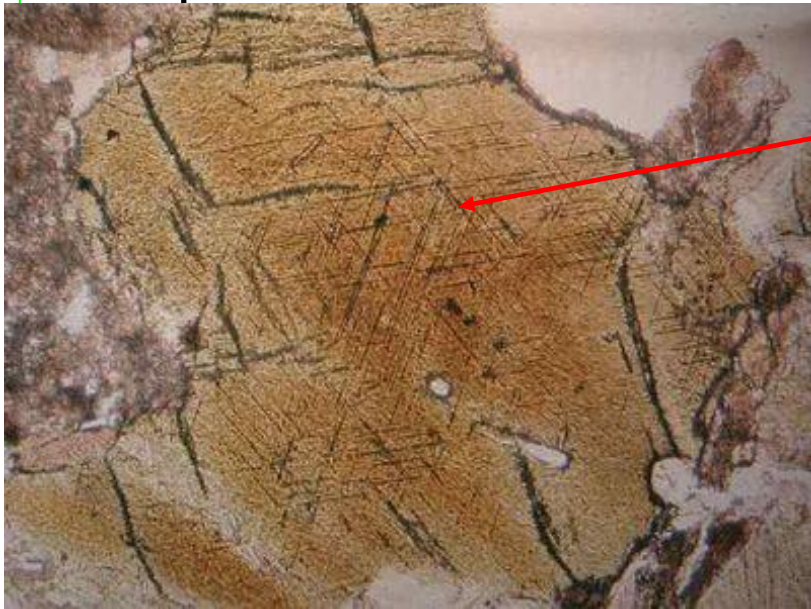


Флогопит

сторона фото 3 мм

Фото без Анализатора

Вторичные изменения. В процессе гидротермального изменения биотит обесцвечивается за счет выноса железа, которое скапливается в виде магнетита или гематита, а также легко замещается **хлоритом** или мусковитом. Вдоль трещин спайности биотита бывает развит **эпидот**. При изменении биотита, содержащего примесь титана, **выделяются игольчатые кристаллы рутила, образующие характерный агрегат — сагенитовую решетку.** Светлые слюды могут замещаться гидрослюдой или глинистыми минералами.



Черные игольчатые кристаллы рутила образуются в результате выноса титана из биотита, развиваются по определенным кристаллографическим направлениям и образуют, так называемую сагенитовую решетку

Биотит:

Начальная стадия вторичного замещение биотита хлоритом. Происходит образование хлорита вдоль трещин спайности.

Хлорит имеет светло-зеленую окраску, низкий рельеф и низкие с аномальными голубоватыми или фиолетовыми оттенками интерференционные окраски.

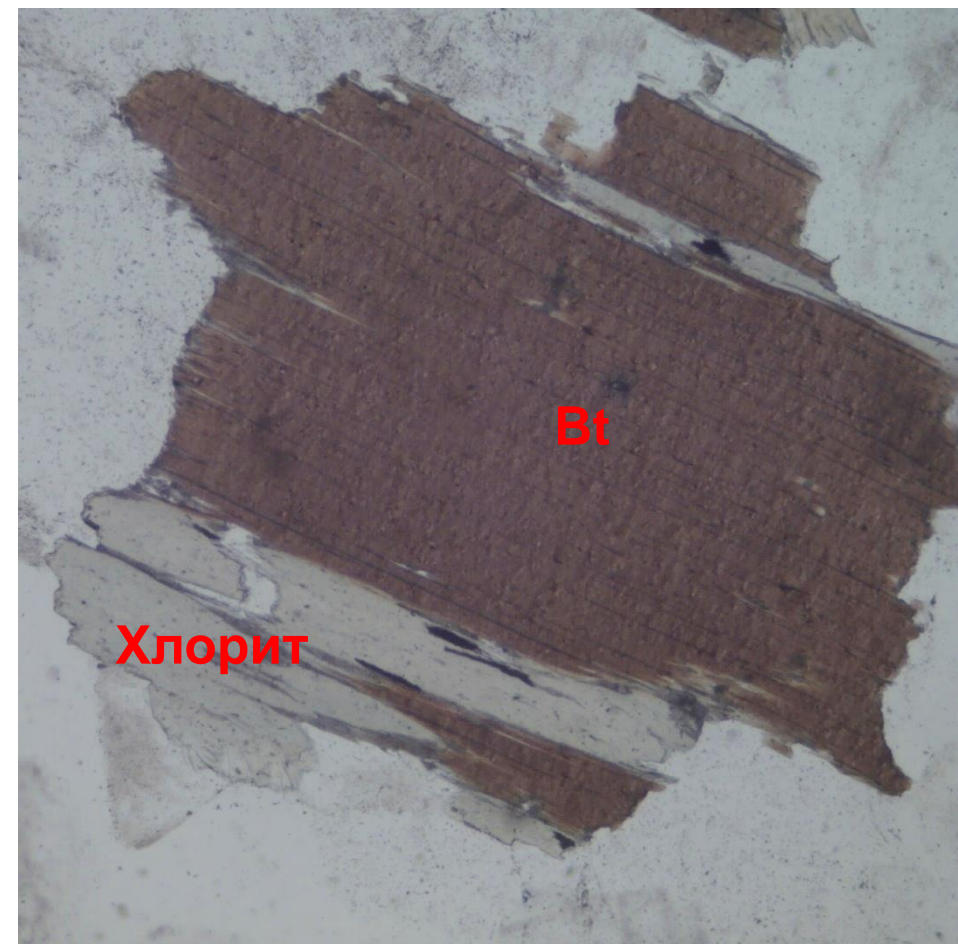
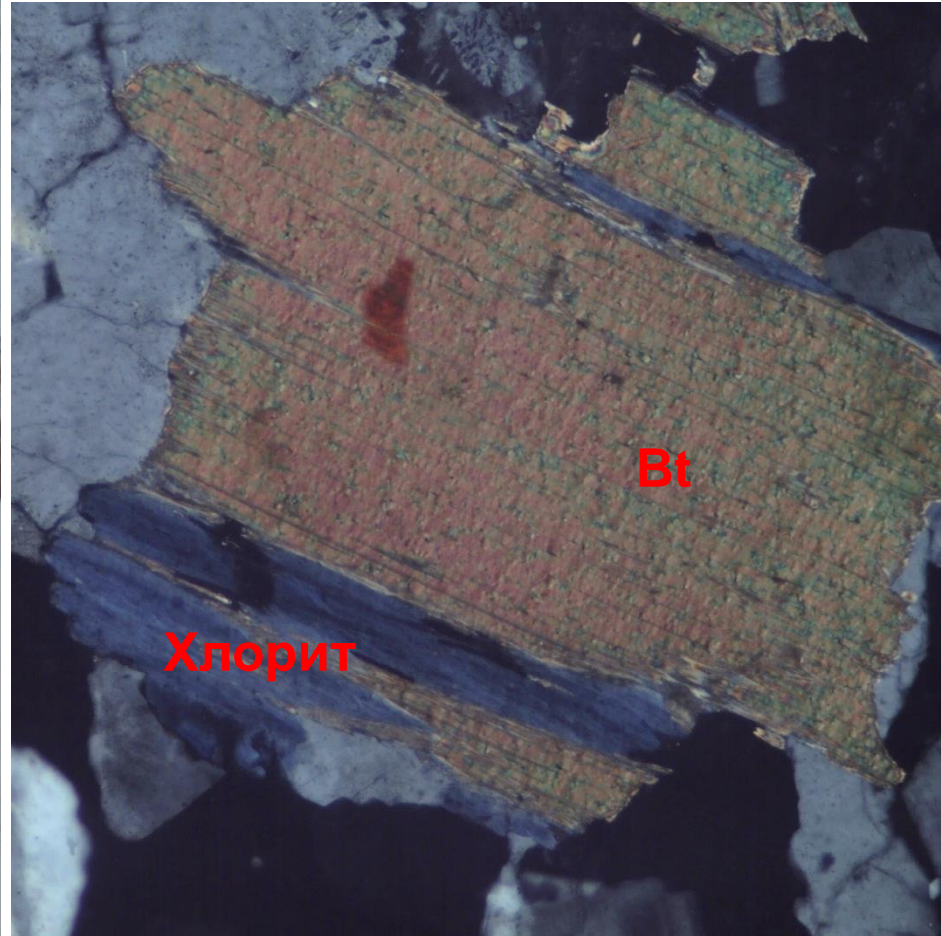


Фото без Анализатора



Биотит с хлоритом
сторона фото 3 мм

Фото с Анализатором

Биотит

Полное замещение кристалла биотита хлоритом и эпидотом (образование псевдоморфоз хлорита по биотиту).

Хлорит имеет светло-зеленую окраску, низкий рельеф и низкие с аномальными голубоватыми или фиолетовыми оттенками интерференционные окраски.

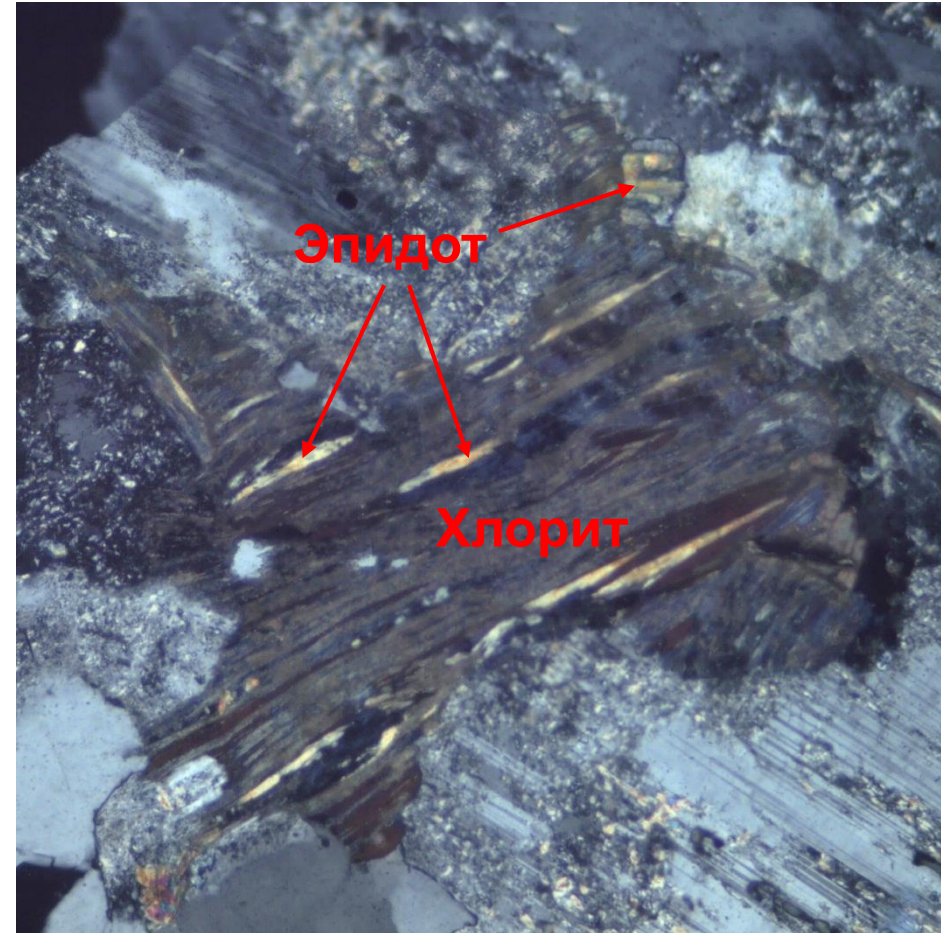
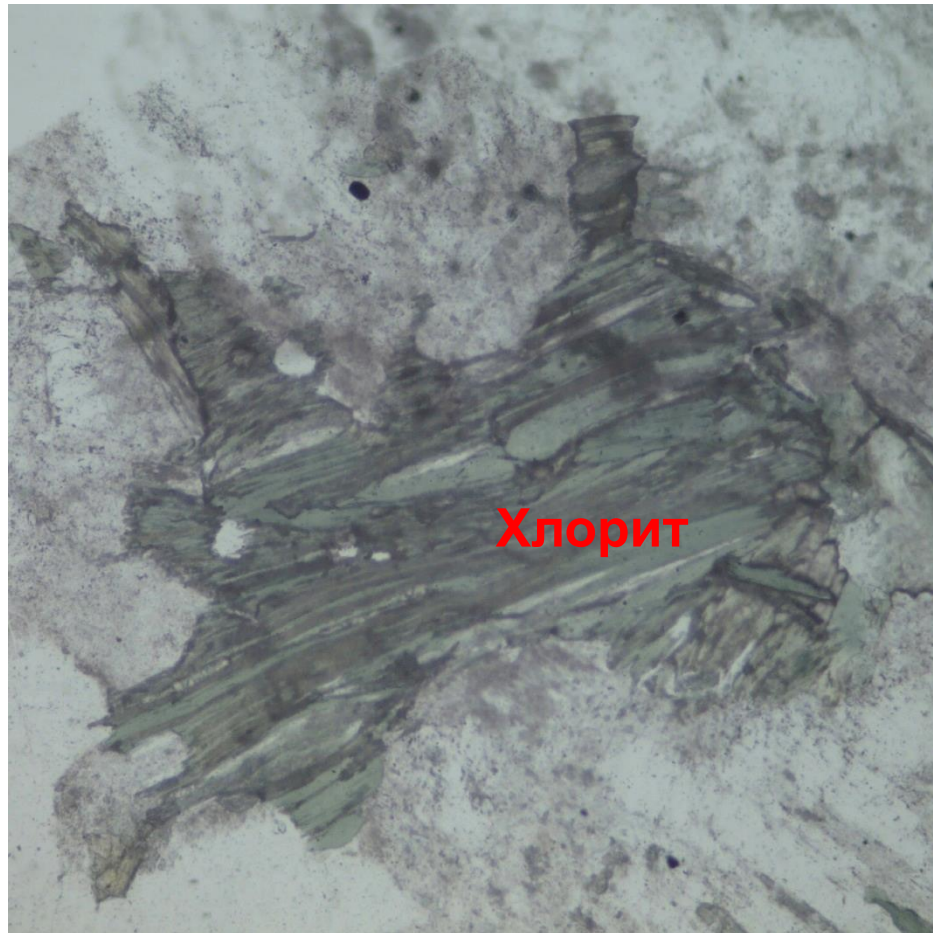
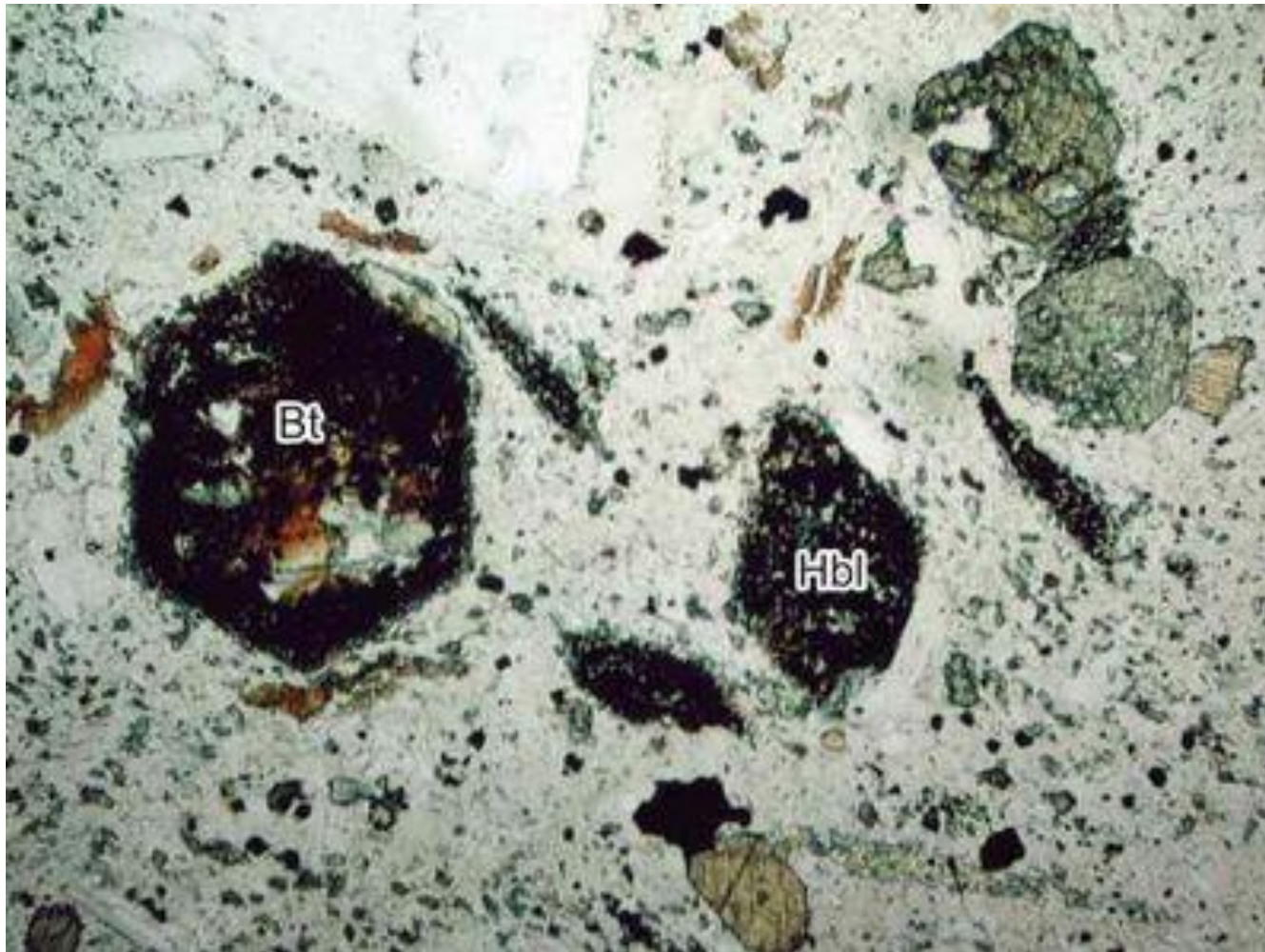


Фото без Анализатора **Псевдоморфоза хлорита по биотиту** Фото с Анализатором

сторона фото 3 мм

Биотит



Опацитизация – распад минерала на ансамбль рудных минералов +полевые шпаты+ другие силикаты, при резком повышении температуры, потере воды и изменении окислительно-восстановительных условий

Так же как и для амфибола, для биотита в лавах характерна опацитизация (не только в виде каемок, но и по всей площади минерала)

МУСКОВИТ

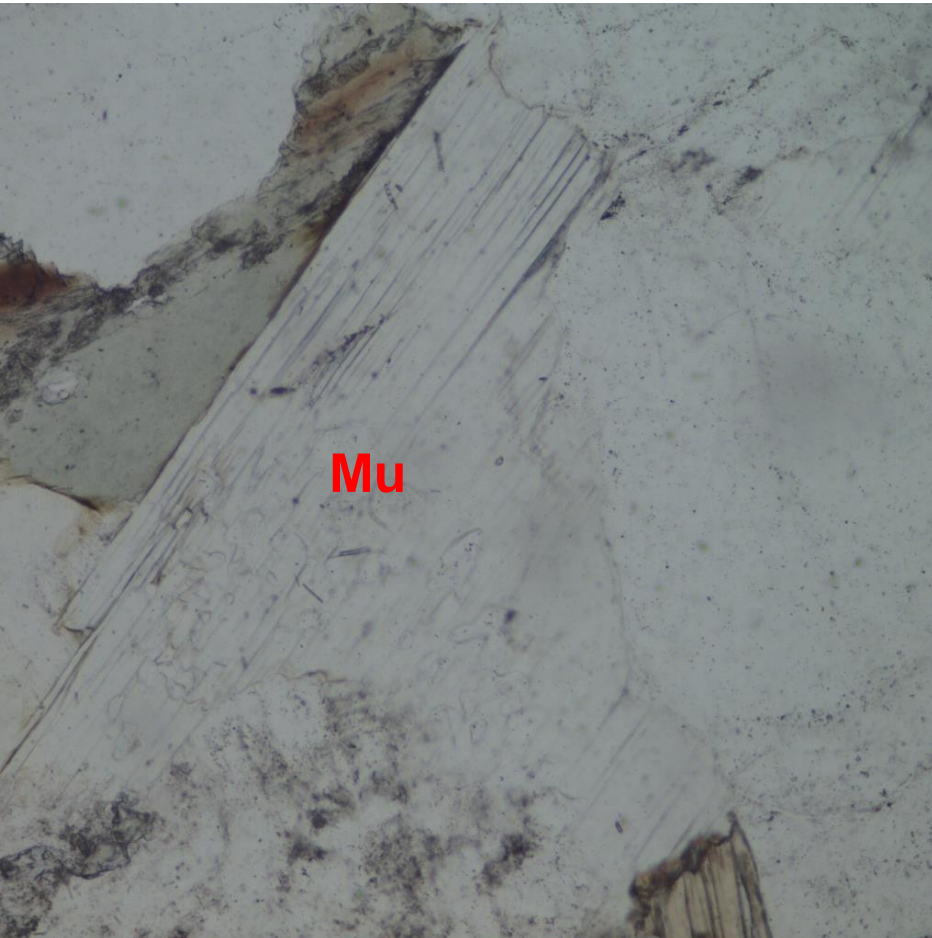
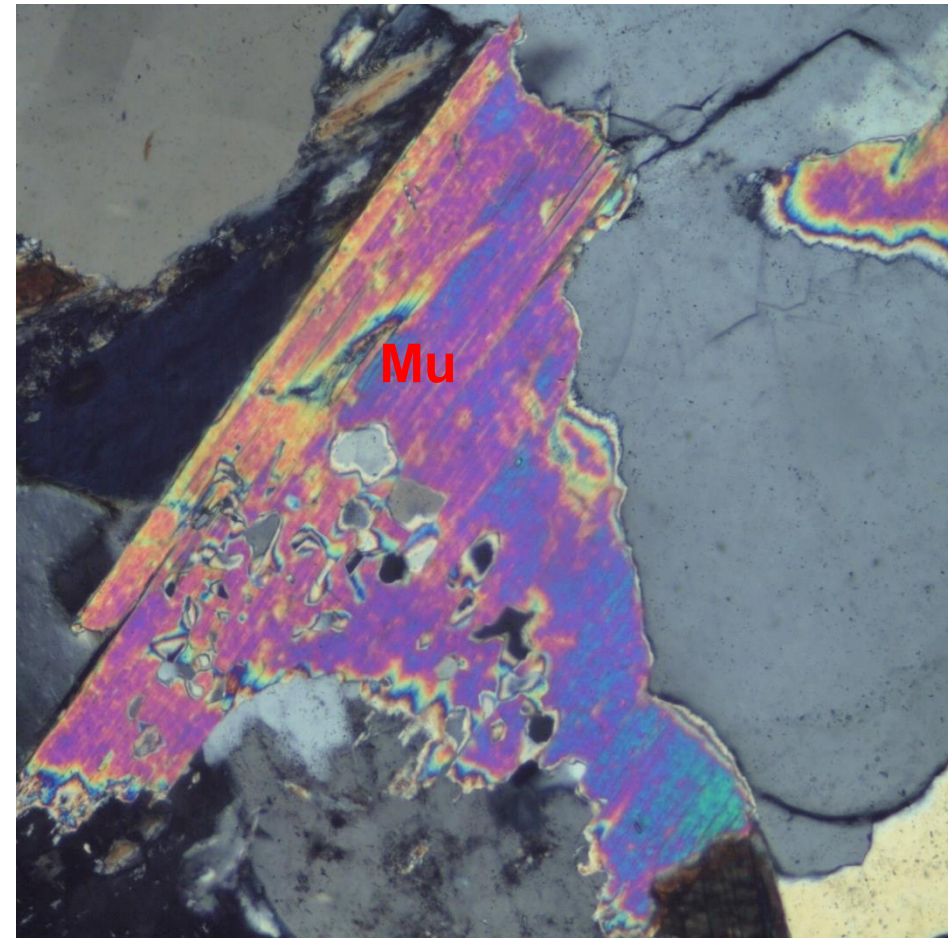


Фото без Анализатора



Мусковит

сторона фото 3 мм

Фото с Анализатором⁴²

Мусковит

Мусковит в шлифах обладает **псевдоабсорбцией** – изменением рельефа при повороте столика микроскопа. Когда спайность параллельна направлению пропускания поляризатора – трещины спайности и границы зерен хорошо видны, при повороте на 90 градусов – почти полностью пропадают, т.к. меньший показатель преломления мусковита почти равен n к.б.

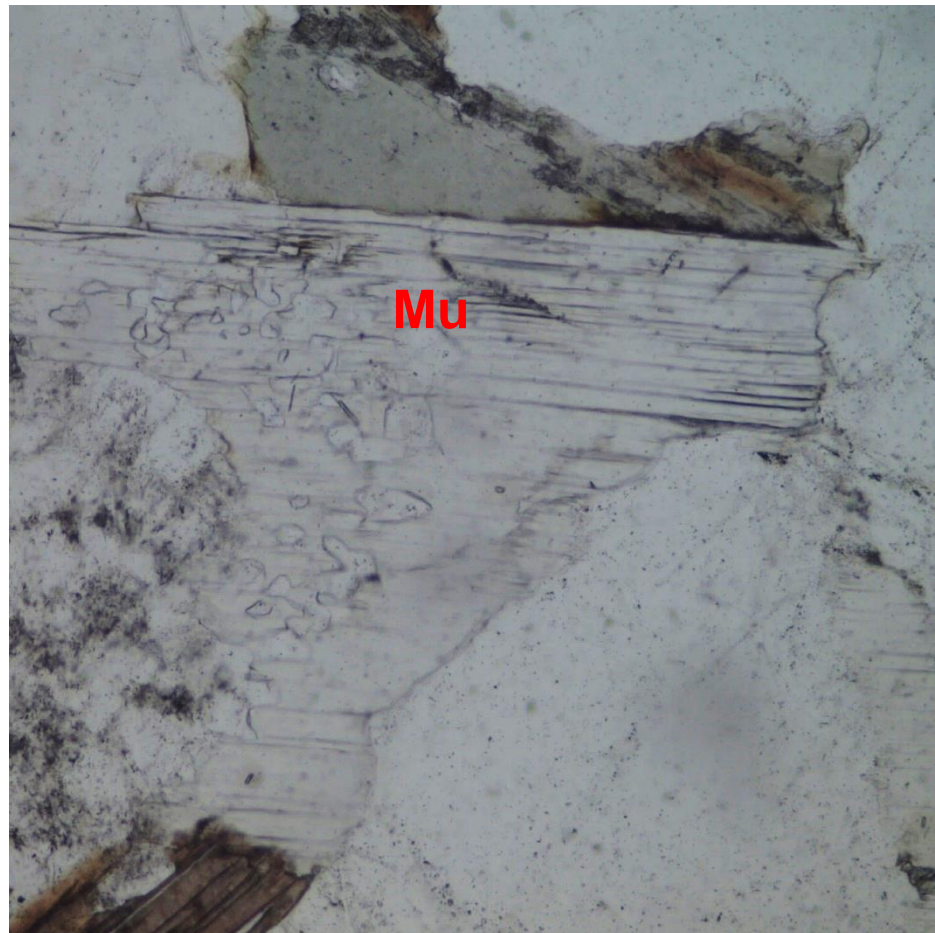
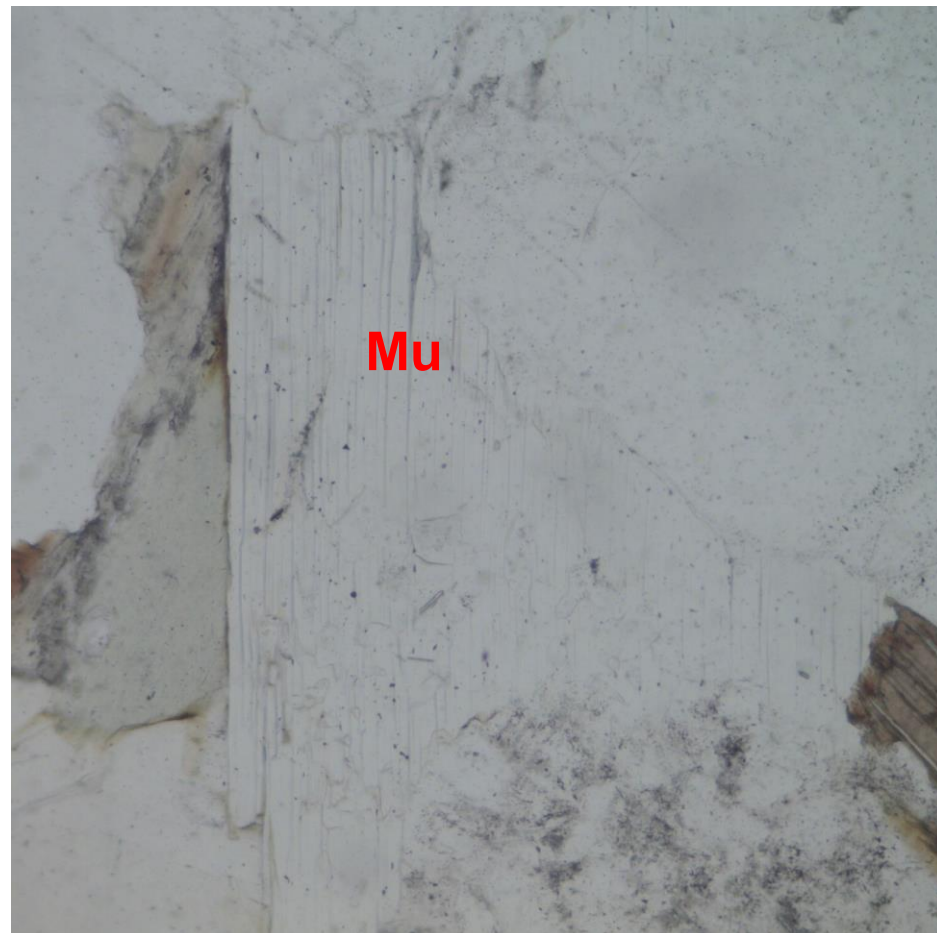


Фото без Анализатора



Мусковит

сторона фото 3 мм

Фото без Анализатора

МУСКОВИТ

Мелкодисперсная разновидность мусковита называется **серицит**.

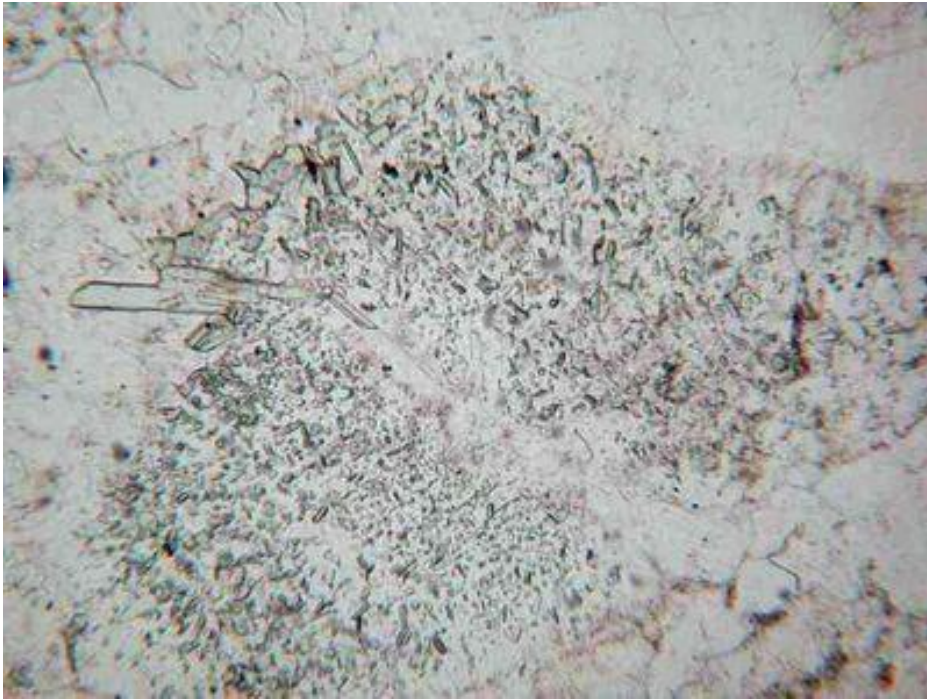
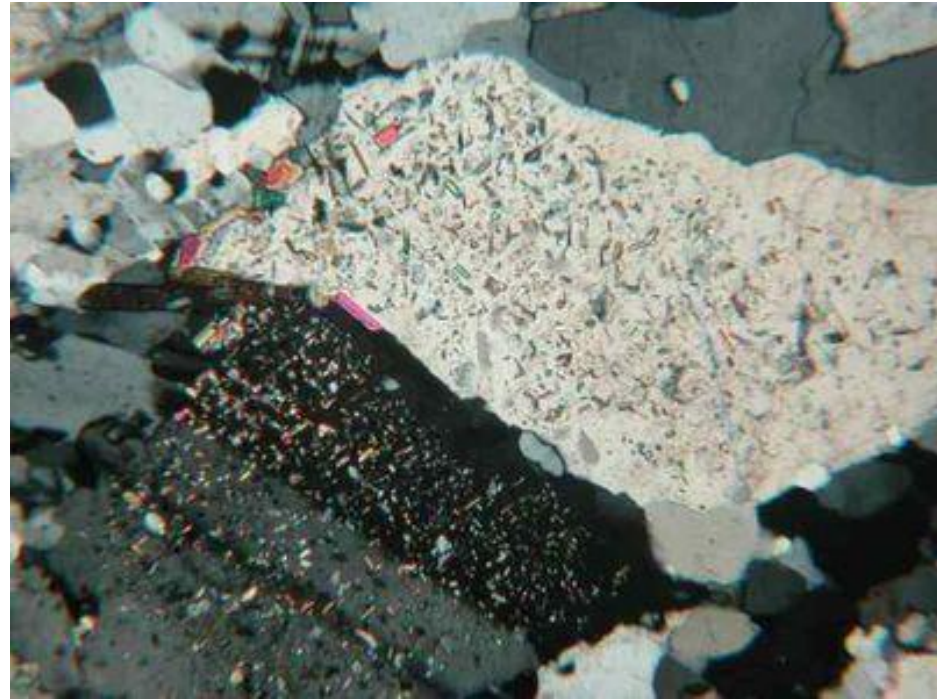


Фото без Анализатора



Серицит по плагиоклазу
длина фото 2 мм

Фото с Анализатором

Развитие серицита по плагиоклазу в граните. Серицит – мелкие чешуйки в крупных зернах плагиоклаза

Мусковит (фуксит)

Хромсодержащая разновидность мусковита называется **фуксит**. Фуксит, в отличие от мусковита, не бесцветен, а заметно плеохроирует в зеленых тонах.

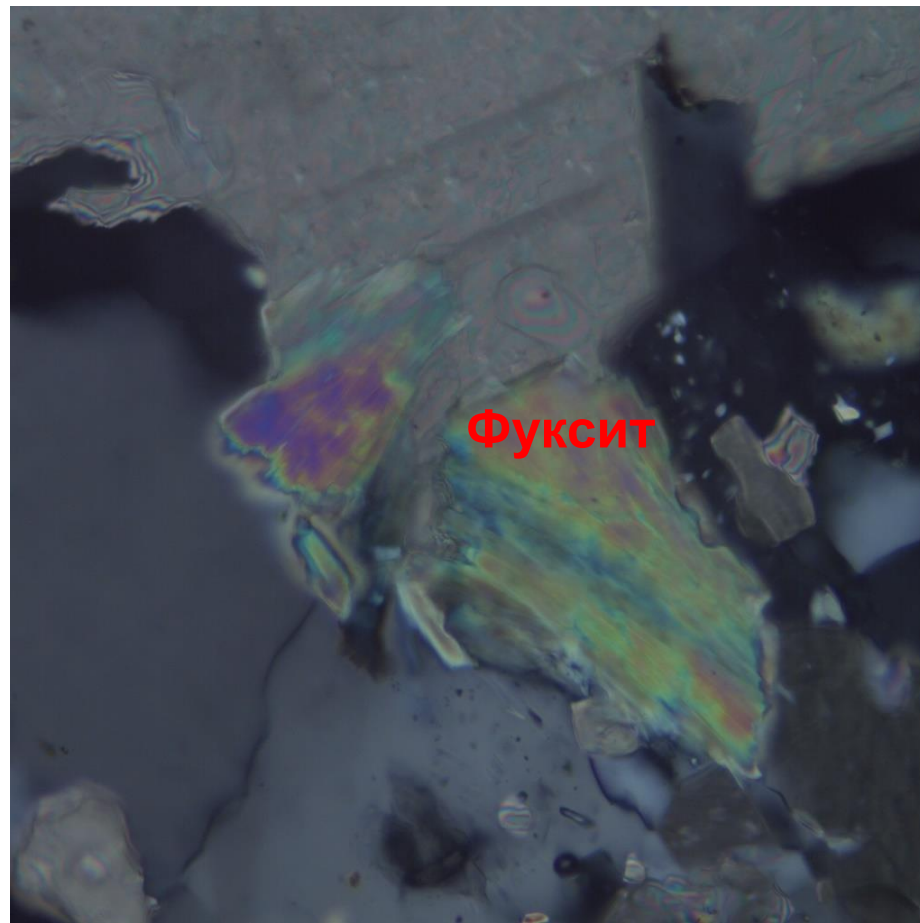


Фото без Анализатора

Фуксит
сторона фото 3 мм

Фото с Анализатором

Биотит и мусковит

Во многих породах биотит и мусковит встречаются одновременно. При этом интерференционные окраски мусковита всегда выглядят ярче, хотя и являются более низкими, чем у биотита. Это связано с тем, что темная окраска биотита, накладываясь на цвета интерференции, делает их более темными и тусклыми.

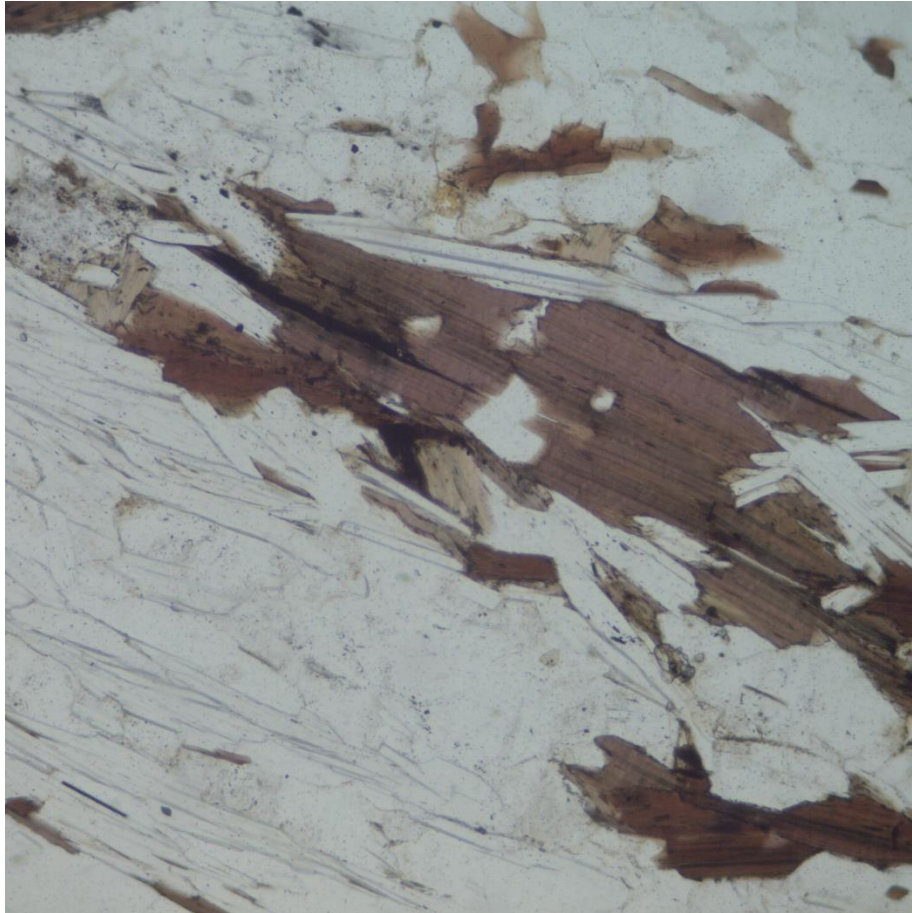
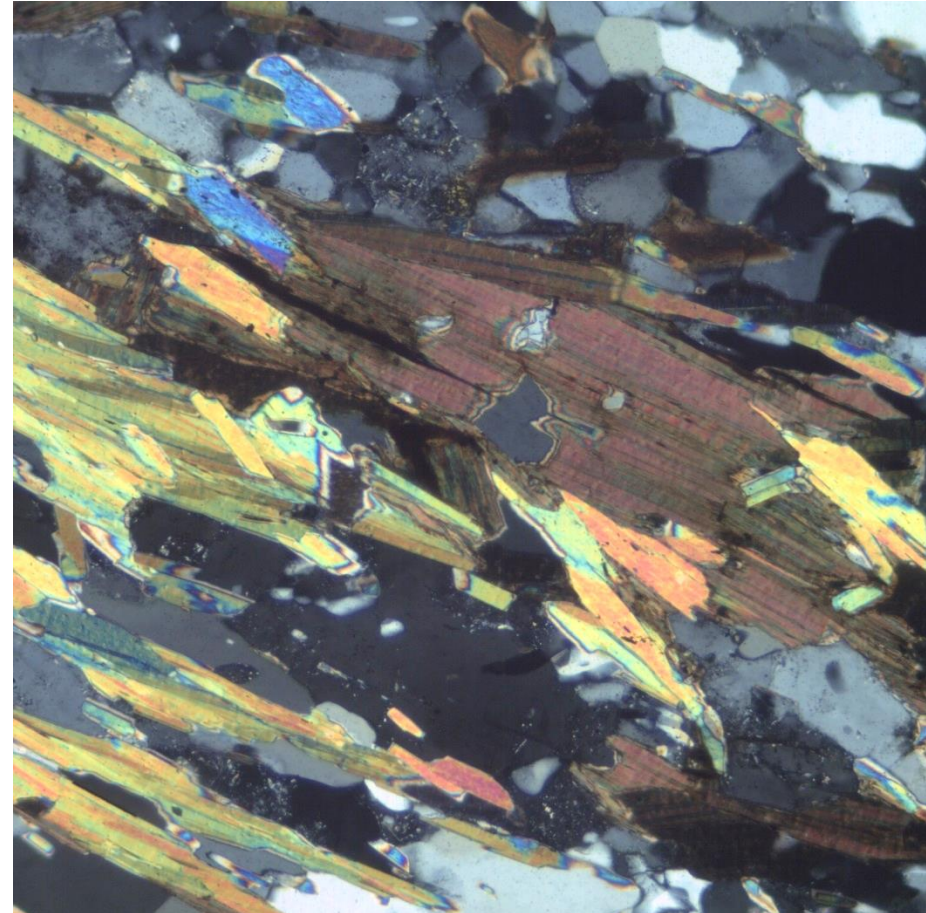


Фото без Анализатора



Мусковит и биотит

сторона фото 3 мм

Фото с Анализатором

Главные породообразующие минералы:

группа **ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ**



Олигоклаз (Сев. Карелия)

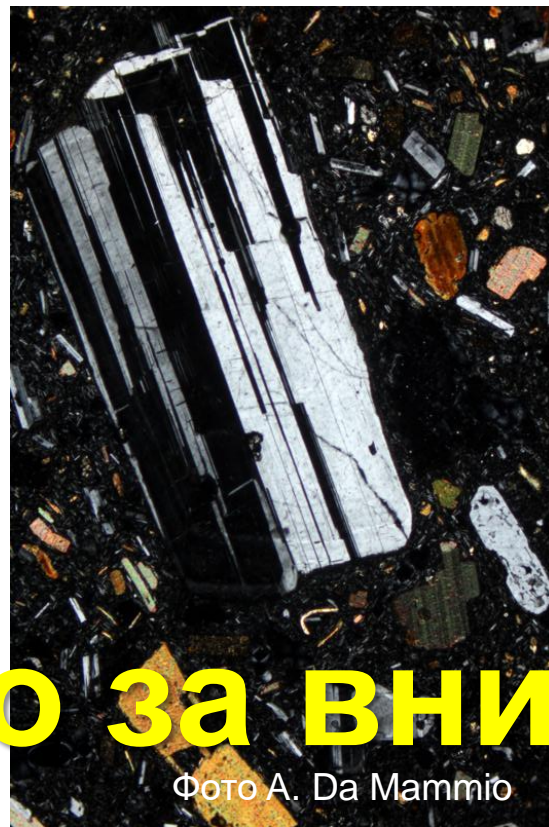
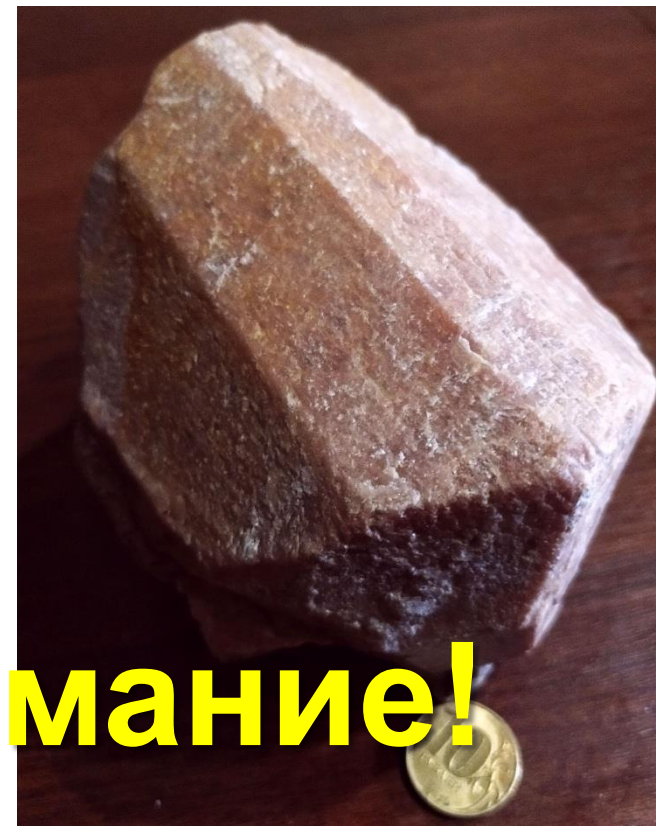


Фото А. Da Mammio

Плагиоклаз в риолите
высота фото 7 мм



Микроклин (Сев. Карелия)

Спасибо за внимание!