

Лекция № 23

Щелочные породы – 1



Распространенность щелочных пород

Щелочные магматические породы пользуются гораздо меньшим распространением в природе по сравнению с породами нормальной щелочности. Как и в случае пород нормальной щелочности, щелочные породы могут образовываться в *плутонической, жильной и вулканической* фациях глубинности.

Выделяют собственно щелочные породы (полевошпатофельшпатоидные или бесполевошпатовые), а также образования умеренной щелочности (в них выделяются нормативные фельдшпатоиды — по старой систематике это породы *повышенной щелочности и субщелочные*).

Разнообразие щелочных пород определяется довольно широким набором фельдшпатоидов и структурными особенностями пород.

Несмотря на малую распространенность, щелочные породы имеют большое промышленное значение — с ними связаны *месторождения редких металлов* (Ta, Nb, REE, Zr и др.)

Фельдшпатоиды — главные минералы щелочных пород

Feldspathoid = Foid (фоид):

нефелин $\text{Na}\{\text{AlSiO}_4\}$;

кальсилит $\text{K}\{\text{AlSiO}_4\}$;

лейцит $\text{K}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\}$;

анальцим $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

содалит $\text{Na}_8(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{Cl}_2$;

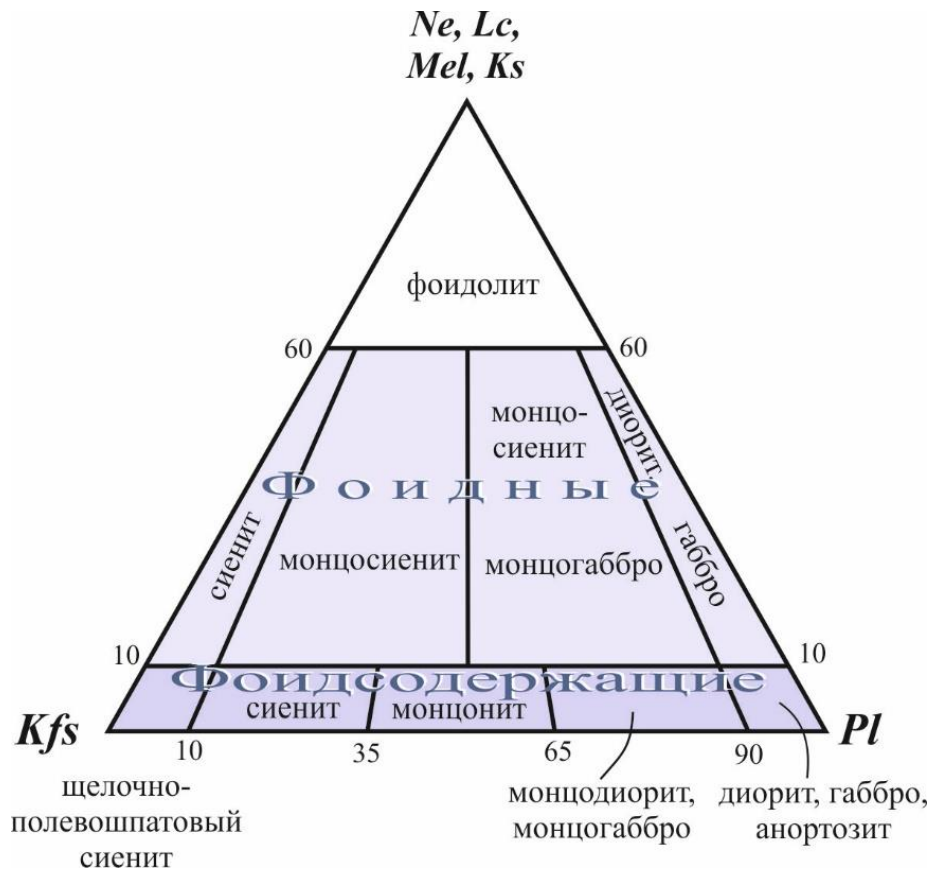
канкринит $\text{Na}_6\text{Ca}(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

.....

альбит $\text{Na}\{\text{AlSi}_3\text{O}_8\}$.

Важно! Все фельдшпатоиды, в сравнении с альбитом, значительно недосыщены кремнеземом.

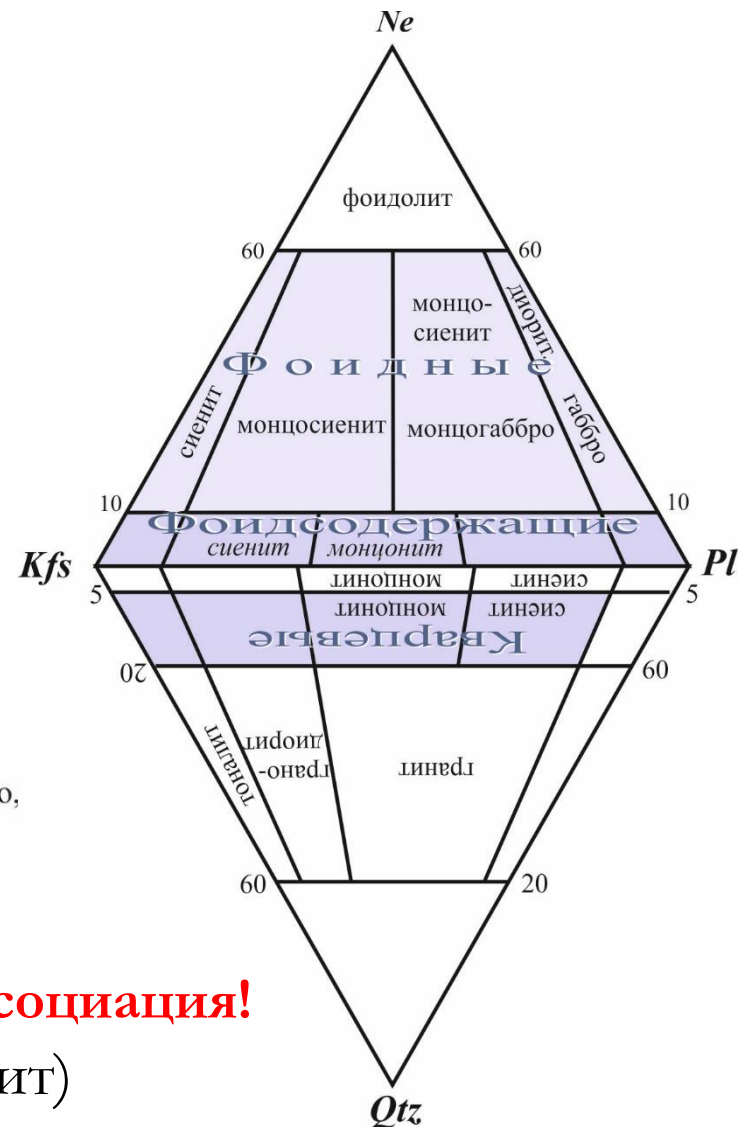
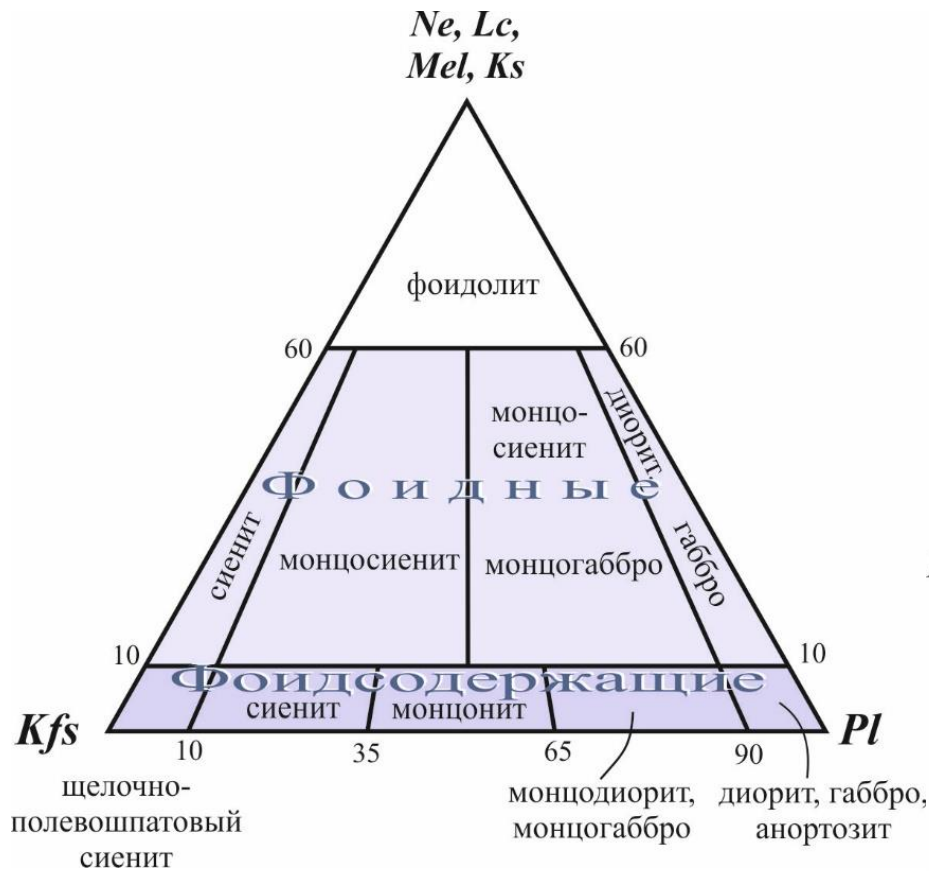
Классификация щелочных пород



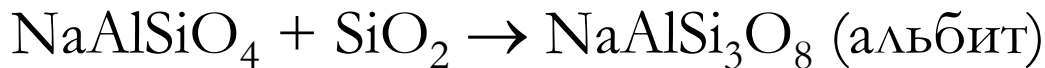
Фоидалиты —
плутонические породы,
содержащие не менее 60%
фельдшпатоидов. Их
вулканические аналоги —
фойдиты.

Среди пород полевошпат-фельдшпатоидного состава наиболее широкую распространенность имеют **нефелиновые сиениты** (щелочные породы). **Сиениты** (умеренно-щелочные породы без фельдшпатоидов) распространены в гораздо меньшей степени.

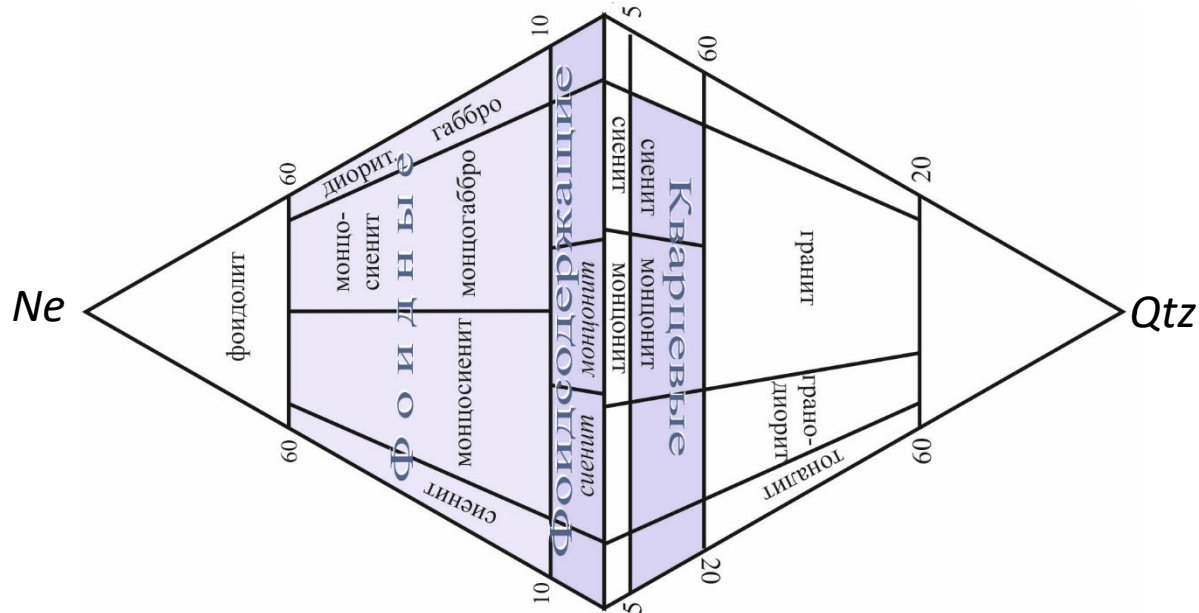
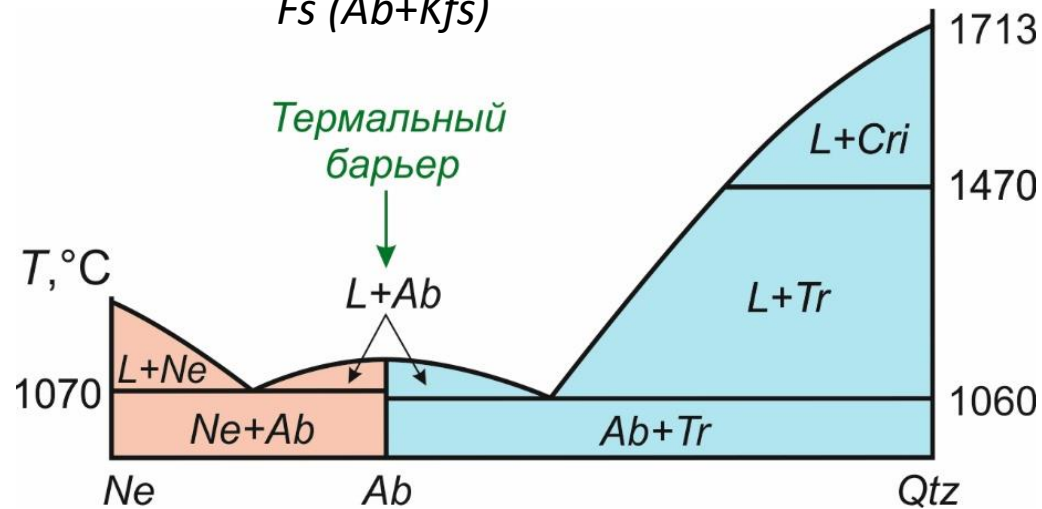
Классификация щелочных пород



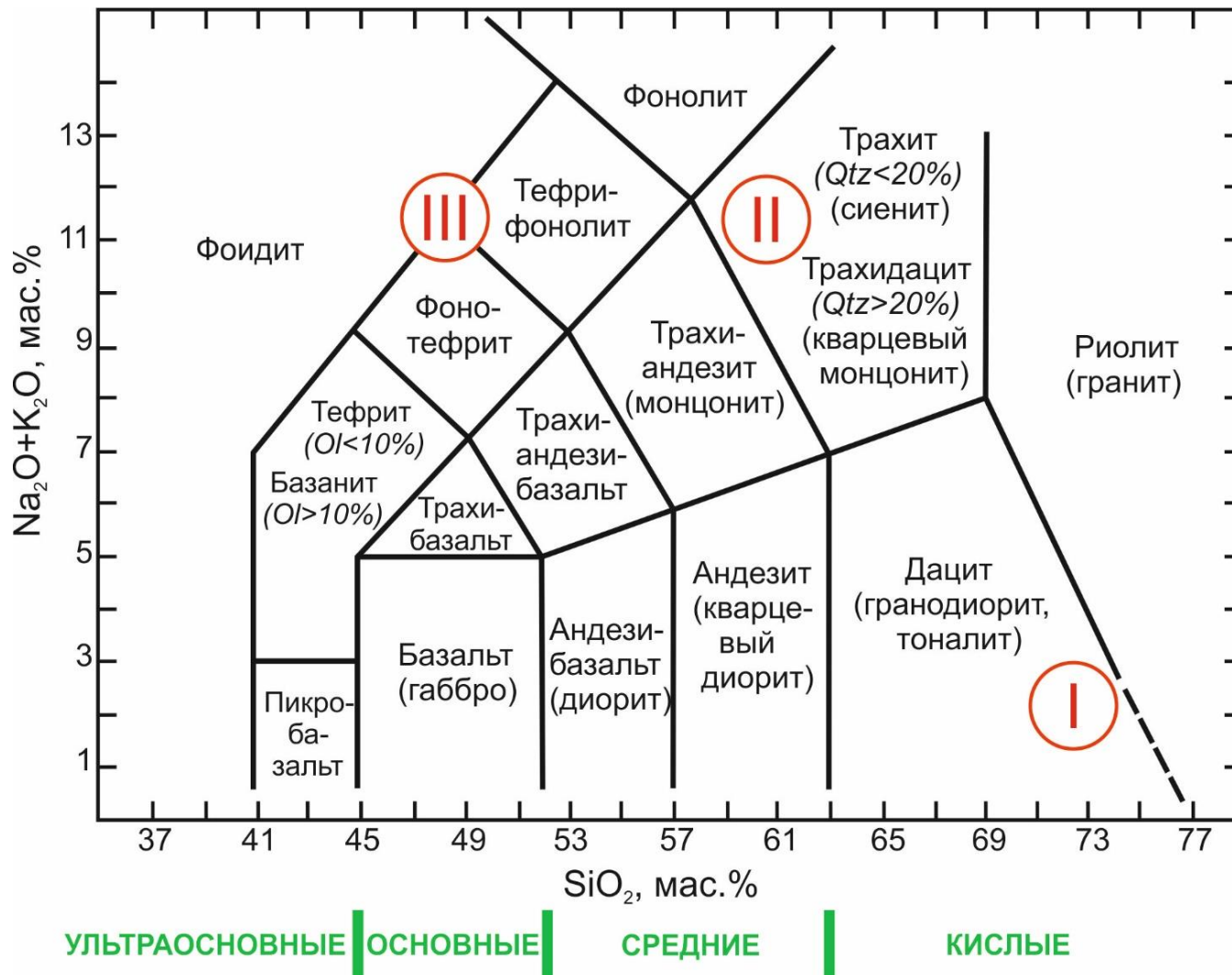
Нефелин + кварц – запрещенная ассоциация!



Почему Ne не встречается вместе с Qtz ?


$$F_S (Ab+Kfs)$$


Классификационная диаграмма вулканических пород (**TAS** – **T**otal **A**lkalis–**S**ilica)



Ряды щелочности

Для выделения рядов щелочности используются данные как по **модальному минеральному составу**, реально установленному в породе, так и по **нормативному минеральному составу**, который рассчитывается по валовому химическому составу породы посредством пересчета содержаний оксидов на содержания конкретных минералов (крайних членов твердых растворов) главных породообразующих минералов.

Одним из наиболее широко используемых методов петрохимических пересчетов является метод ***CIPW*** (по первым буквам фамилий петрологов – W. Cross, J.P. Iddings, L.V. Pirsson и геохимика – H.S. Washington, которые предложили этот метод в начале XX века).

Нормативный пересчет позволяет получить гипотетическую упрощенную минеральную ассоциацию (нормативный состав), которая может не соответствовать модальному составу породы. В частности, в результате пересчета может появиться нормативный *нефелин*, который будет отсутствовать в модальном составе породы.

Ряды щелочности

Например, в составе сиенита (существенно полевошпатовой плутонической породы) или трахита (его эффузивного аналога) устанавливаются следующие компоненты системы $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O}$:

$\text{Na}\{\text{AlSi}_3\text{O}_8\}$ – альбит, алюмосиликат натрия, компонент твердого раствора щелочных полевых шпатов и плагиоклазов.

$\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – жадеит, силикат натрия и алюминия, компонент твердого раствора моноклинных пироксенов.

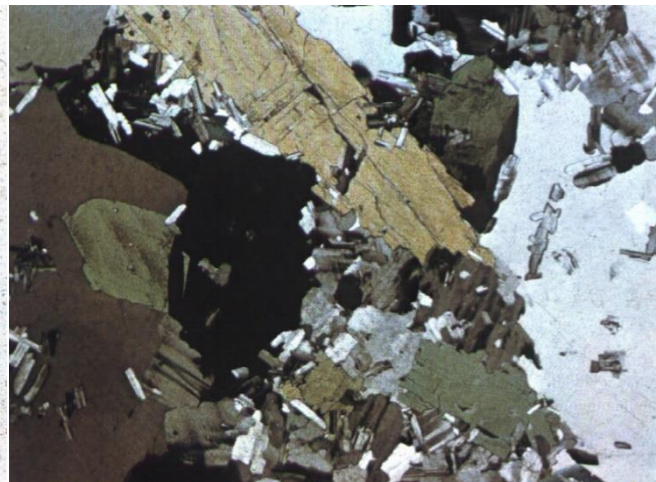
В отличие от альбита, жадеит не включается в нормативный пересчет, а его компоненты искусственно создадут другой компонент, $\text{Na}\{\text{AlSiO}_4\}$ – нефелин, алюмосиликат натрия, фельшпатоид. Таким образом, появление нормативного нефелина – особенность *ряда пород умеренной щелочности*.

В щелочных породах, которые подразделяются на полевошпат–фельшпатоидные и бесполевошпатовые, всегда устанавливается присутствие модального нефелина.

Коэффициент алкаитности

$$K_A = (\text{Na} + \text{K}) / \text{Al}$$

Это еще одна важная характеристика щелочности горных пород. Если $K_A > 1$, то порода относится к **алкаитовым** или щелочным. Для большинства пород нормального ряда и бедных щелочами глиноземистых пород характерен показатель $K_A \leq 1$. Такие породы называют **пеллазитовыми**. Так как в полевых шпатах и фельдшпатоидах эта величина равна 1, более высокое значение K_A достигается, если в породе присутствуют щелочные темноцветные минералы: пироксен (эгирин, эгирин-авгит), щелочные амфиболы.

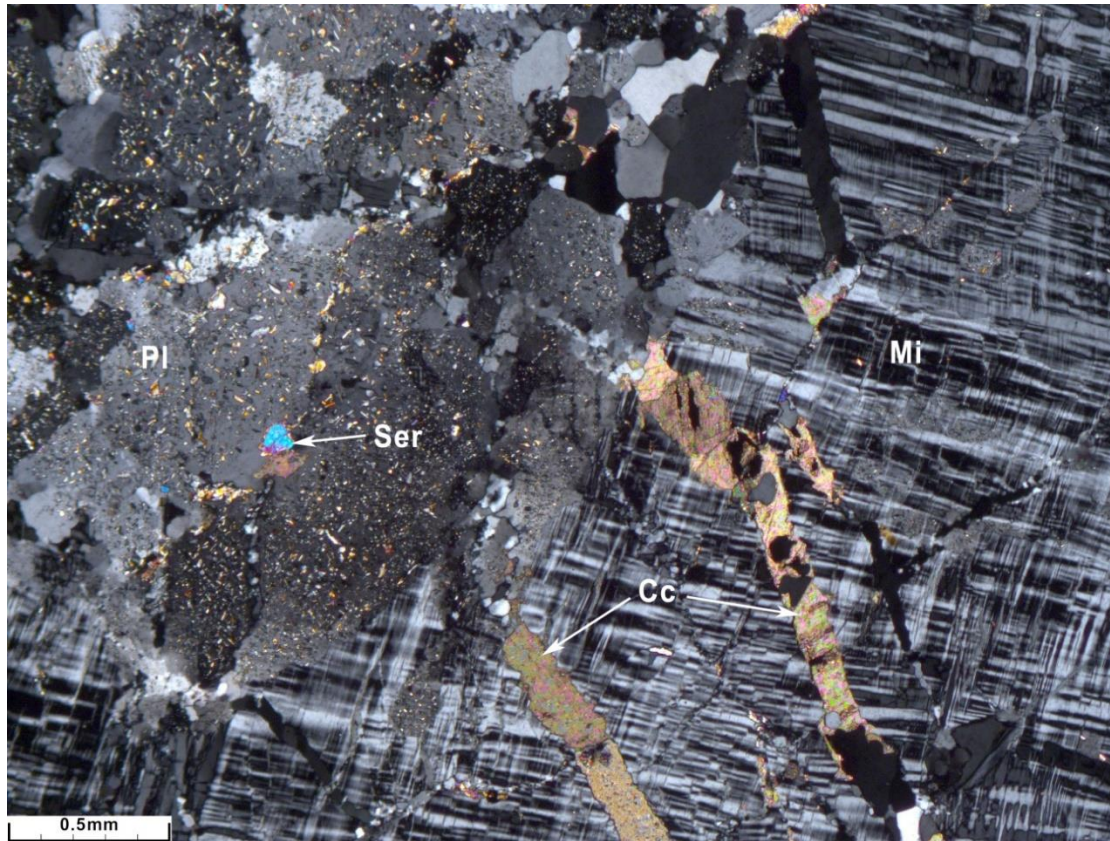


Арфведсонит (Arf) в щелочном граните.

Как меняется коэффициент агаитности в породах с одинаковым содержанием SiO_2

- ❑ Гранит – 72% SiO_2 , 7% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Для связывания щелочей в составе полевых шпатов требуется ~13% Al_2O_3 . Это низкая концентрация алюминия в кислом расплаве, поэтому большинство гранитов будет относиться к *плюмазитовому ряду*. Исключение – щелочные (эгириновые, щелочно-амфиболовые граниты).
- ❑ Нефелиновый сиенит – 56% SiO_2 , 13% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Необходимо ~20% Al_2O_3 . Это умеренная концентрация алюминия в расплаве среднего состава, поэтому среди нефелиновых сиенитов примерно в равной степени распространены породы *плюмазитового (миаскиты)* и *агаитового (фойяиты)* рядов.
- ❑ Уртит – 42,5% SiO_2 , 18% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Необходимо ~30% Al_2O_3 . Это очень высокая (недостижимая) концентрация алюминия в расплаве ультраосновного состава, поэтому среди уртитов встречаются породы только *агаитового ряда*.

Сиениты



<http://metasomatoz.ru/img/s-p/s-p-ph17.jpg>

Образуют малые интрузивные тела (штоки, дайки).

Состав: $Kfs + Pl$, с примесью цветных минералов: Hbl , Vt , Px (не Orx !), изредка Ol .

Практически не содержат кварца (менее 5 %). По содержанию щелочей разделяются на низко- и умеренно-щелочные.

В низкощелочных сиенитах Pl представлены олигоклазом и андезином; в умереннощелочных — присутствуют Kfs , реже — Ab . Сиениты, содержащие щелочные пироксены и амфиболы, выделяются как *щелочные* (агпаитовые) сиениты.



Photo A. Da Mommio

Трахит пироксен-
биотитовый



Photo A. Da Mommio

Трахит эгириновый

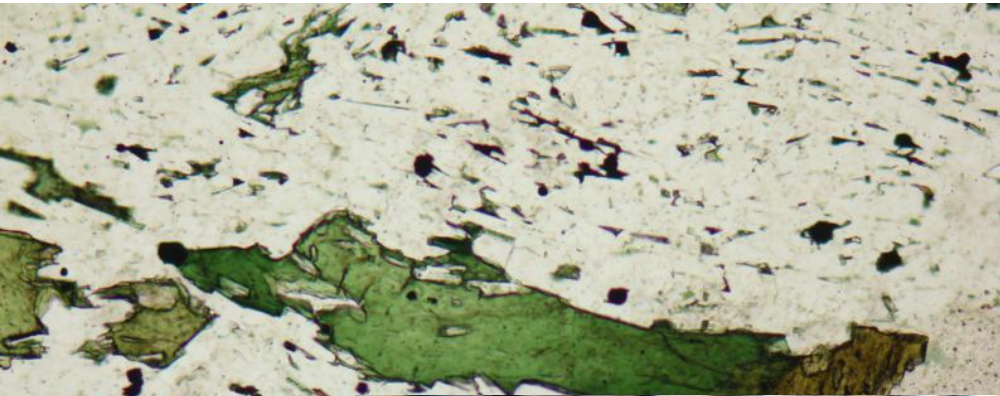
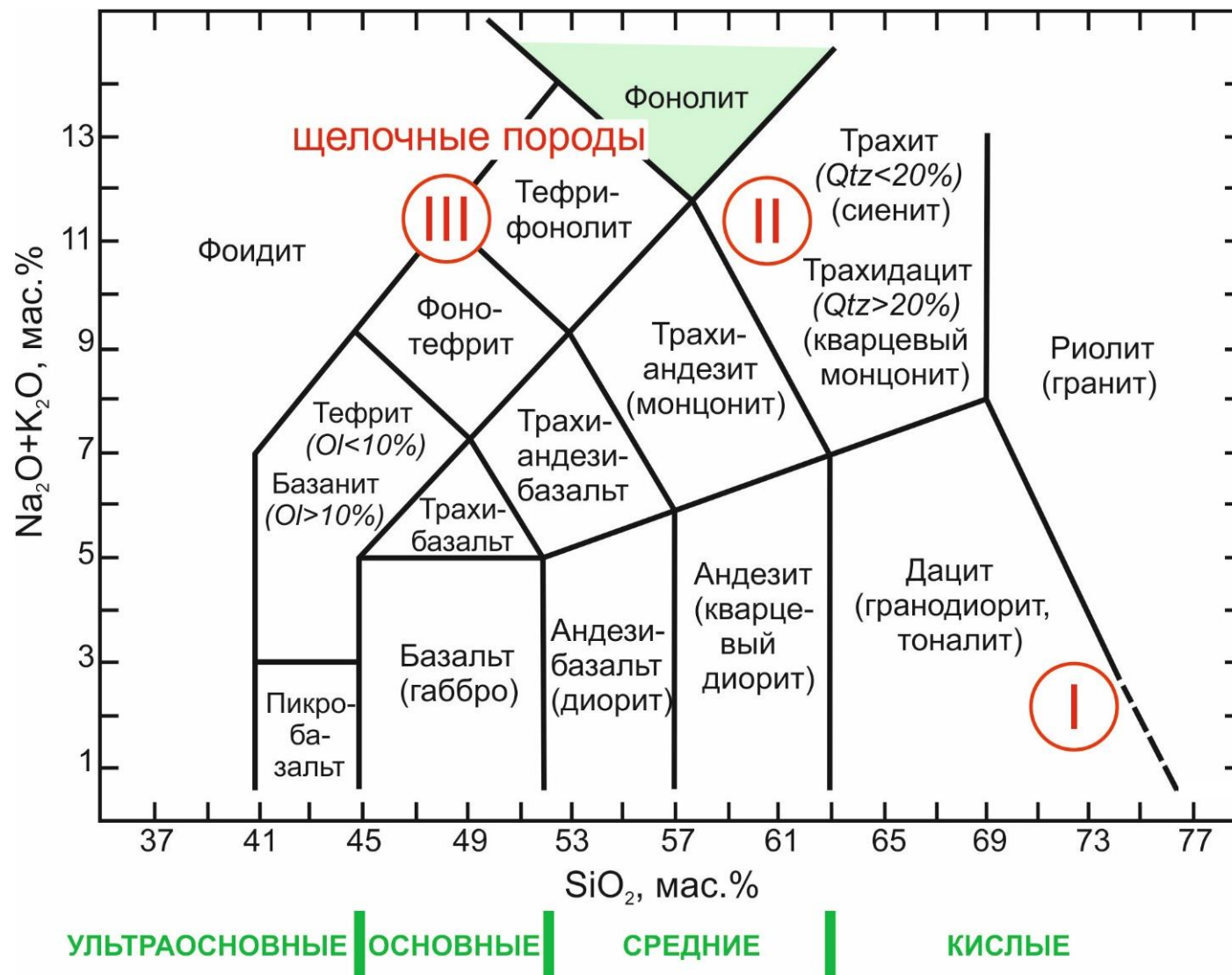
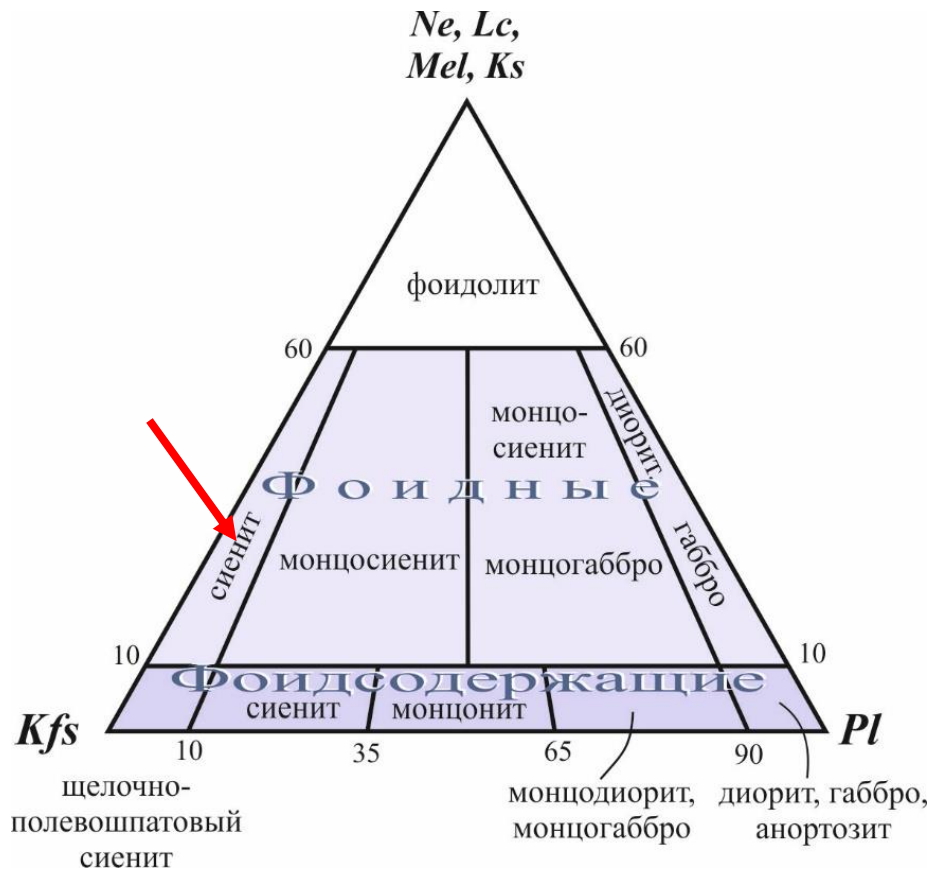


Photo A. Da Mommio

Классификационная диаграмма TAS



Нефелиновые сиениты и фонолиты



Фойдолиты —
плутонические породы,
содержащие не менее 60%
фельдшпатоидов. Их
вулканические аналоги —
фойдиты.

Среди плутонических пород полевошпат-фельдшпатоидного состава наиболее широкую распространенность имеют **нефелиновые сиениты** (щелочные породы). Эффузивными аналогами нефелиновых сиенитов являются **фонолиты**.

Нефелиновые сиениты

Нефелиновые сиениты – плутонические щелочные полевошпат-фельшпатоидные породы.

$$K_{\text{агп}} \leq 1$$

плюмазитовые

- миаскиты =
биотитовые
нефелиновые сиениты

$$K_{\text{агп}} > 1$$

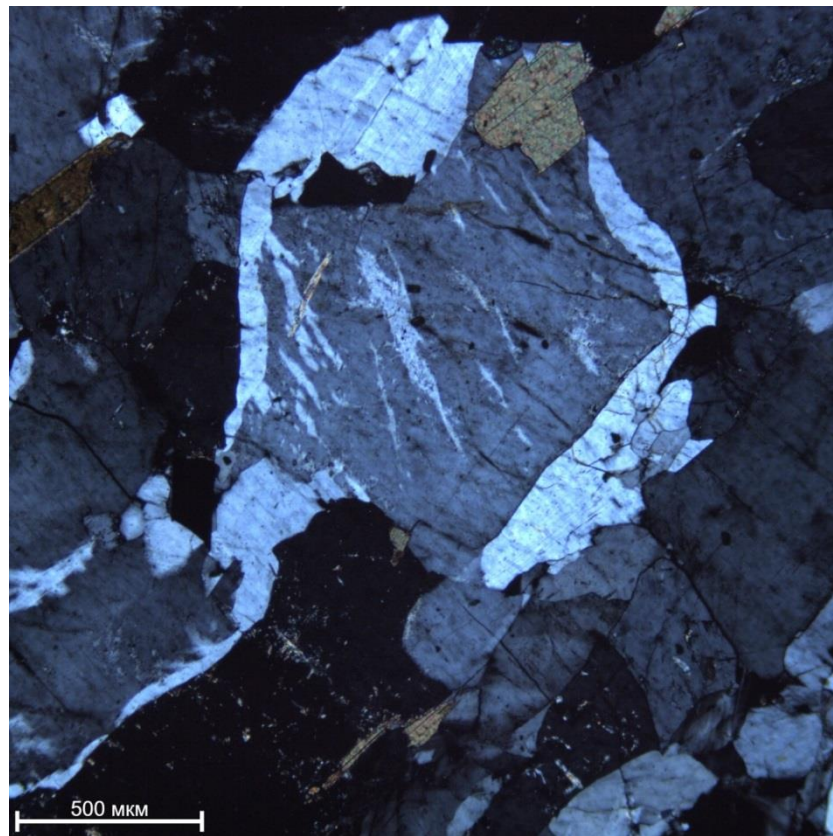
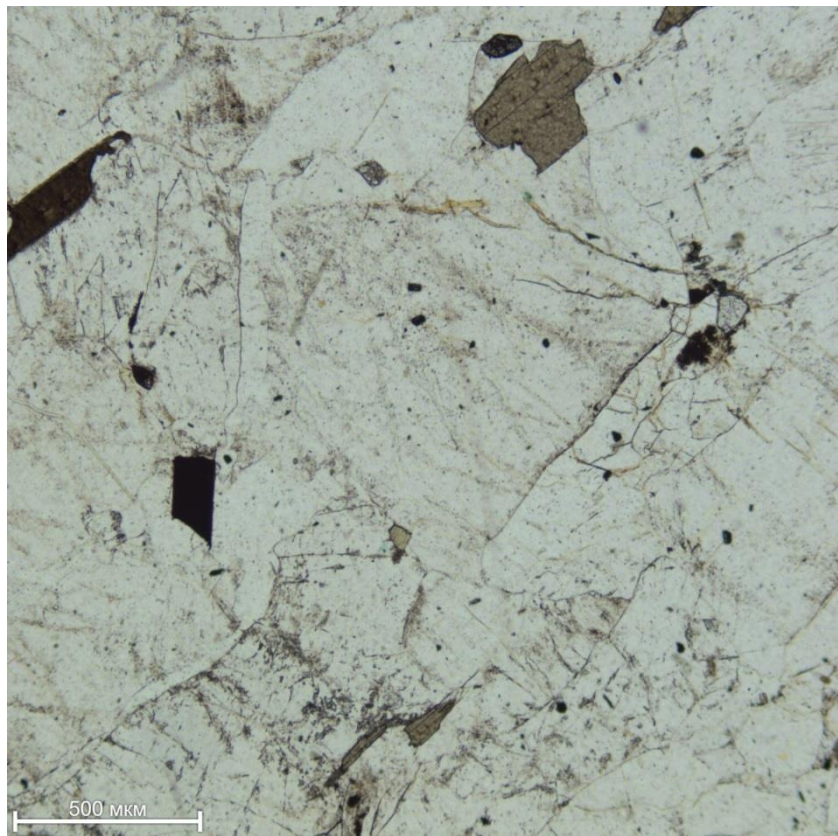
агнаитовые

- фойяиты = **щелочно-пироксеновые, -амфиболовые**
нефелиновые сиениты

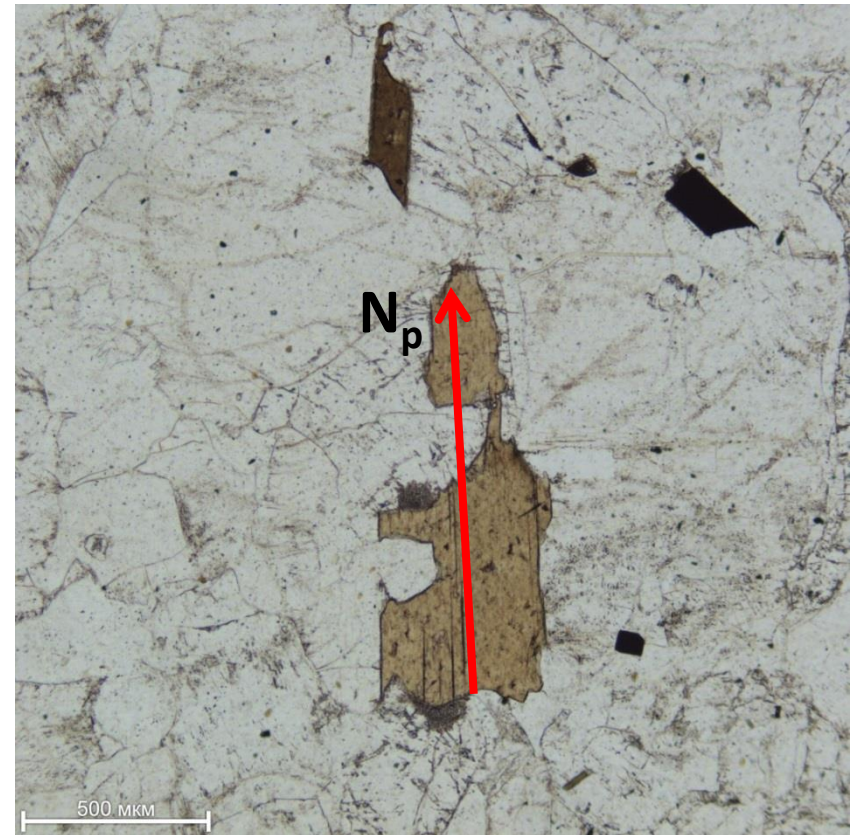
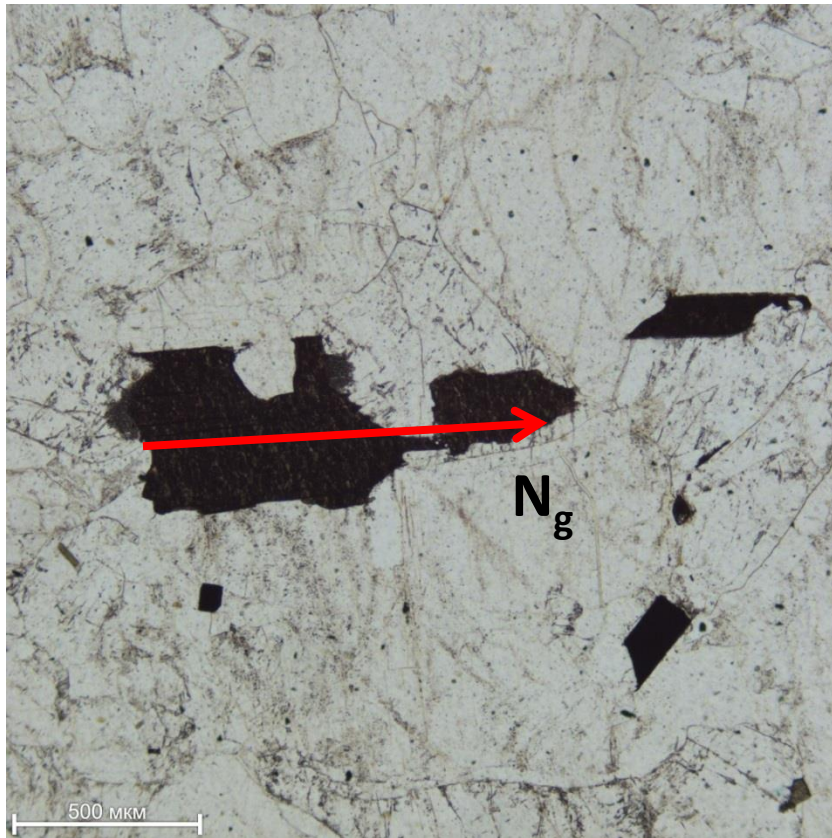
Фойяиты – плутонические породы среднего состава щелочного ряда из семейства фельдшпатоидных (нефелиновых) сиенитов. Минеральный состав: *Kfs* (30–50%), *Ne* (25–40%) *Aeg* или *Aeg-Aug* (5–10%), щелочным *Amf* (до 15%) и *Ab* (до 5%). Разновидности фойяитов выделяются по темноцветным минералам и фельдшпатоидам.

Миаскиты

Миаскиты (от названия г. Миасс в Челябинской области) – плутонические породы основного состава щелочного ряда, разновидность биотитового нефелинового сиенита. Состав: щелочной полевой шпат (20–60%), нефелин (20–30%), лепидомелан (5–20%), альбит-олигоклаз (до 20%); иногда содержат канкринит и содалит.

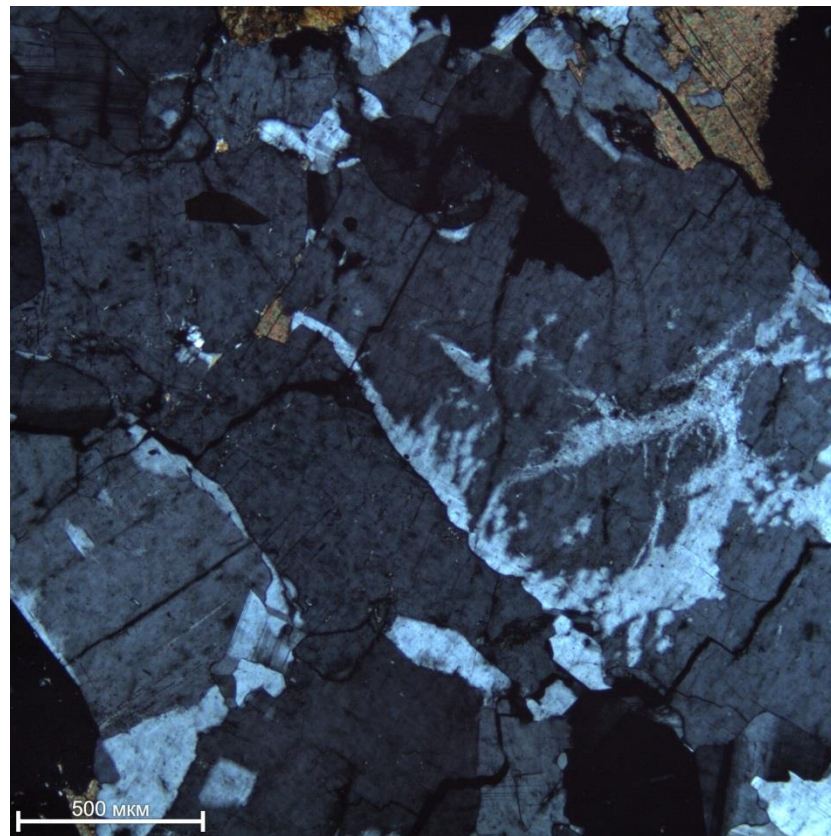
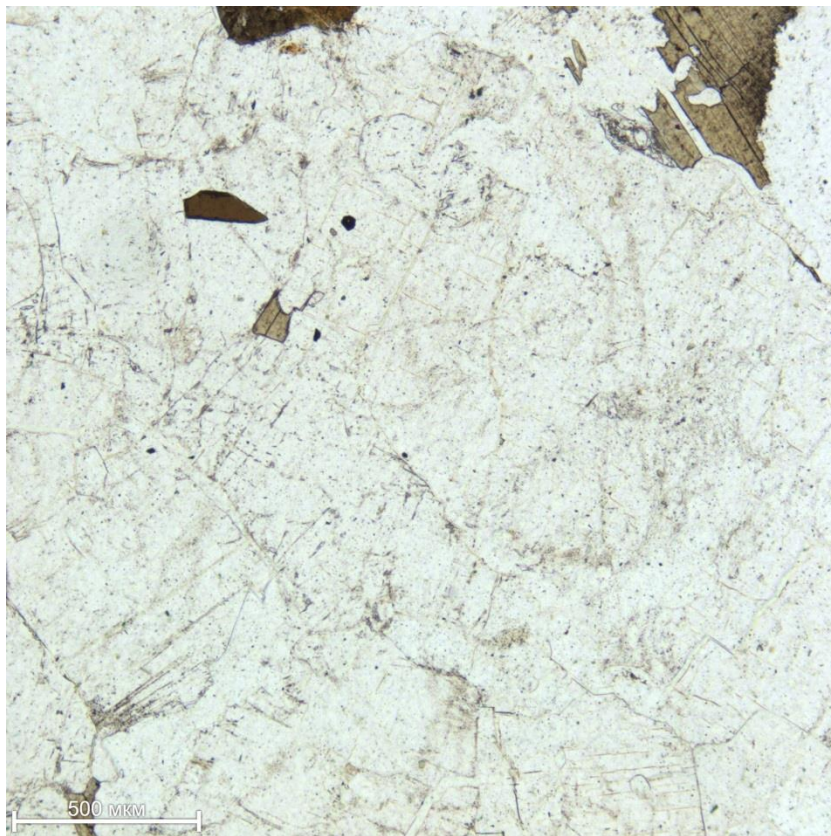


Лепидомелан в миаскитах



Лепидомелан – $K(Fe,Mg)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2$. Часть Al в слоях, а также Fe^{2+} замещаются на Fe^{3+} (до 20 % Fe_2O_3).

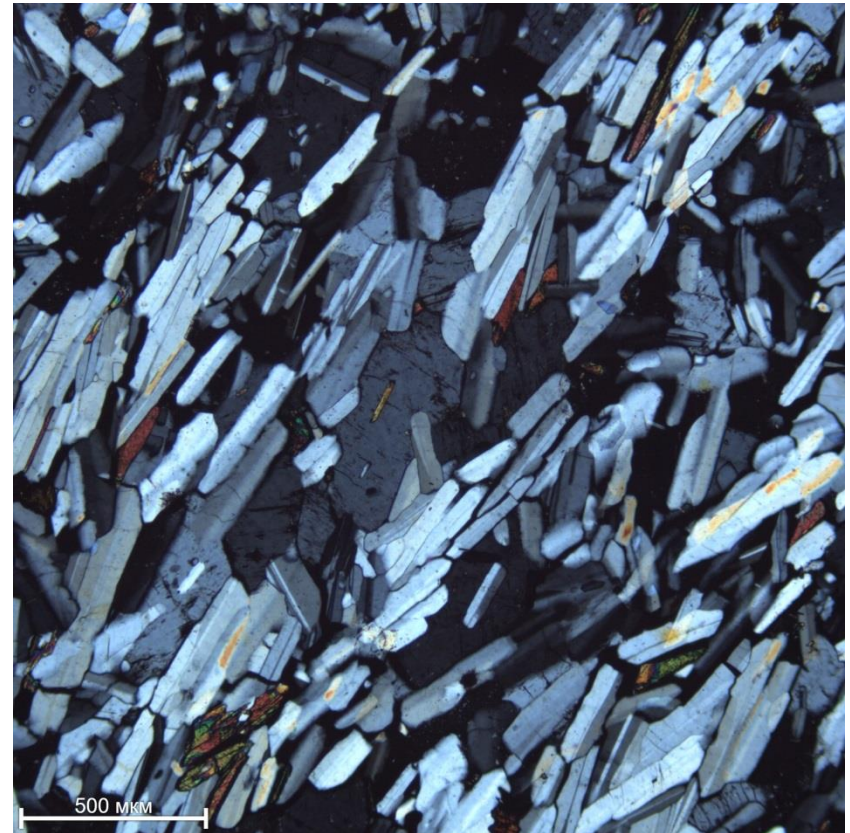
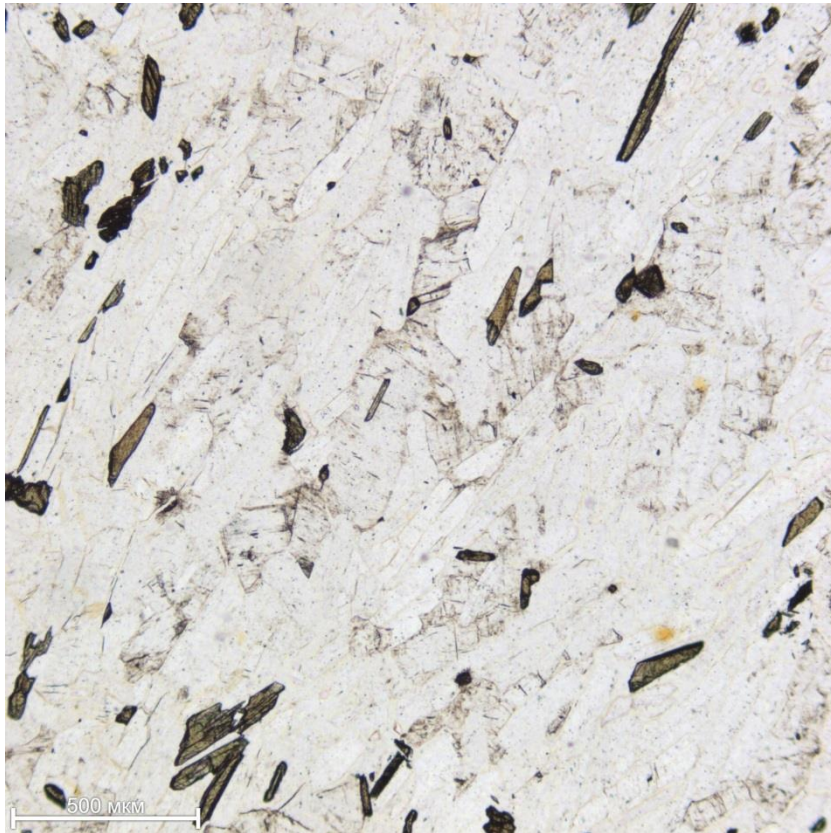
Соотношение Kfs и Pl в миаскитах



Kfs количественно преобладает над Pl , который преимущественно образует каймы на кристаллах полевого шпата и пертиты (распада и замещения) в них.

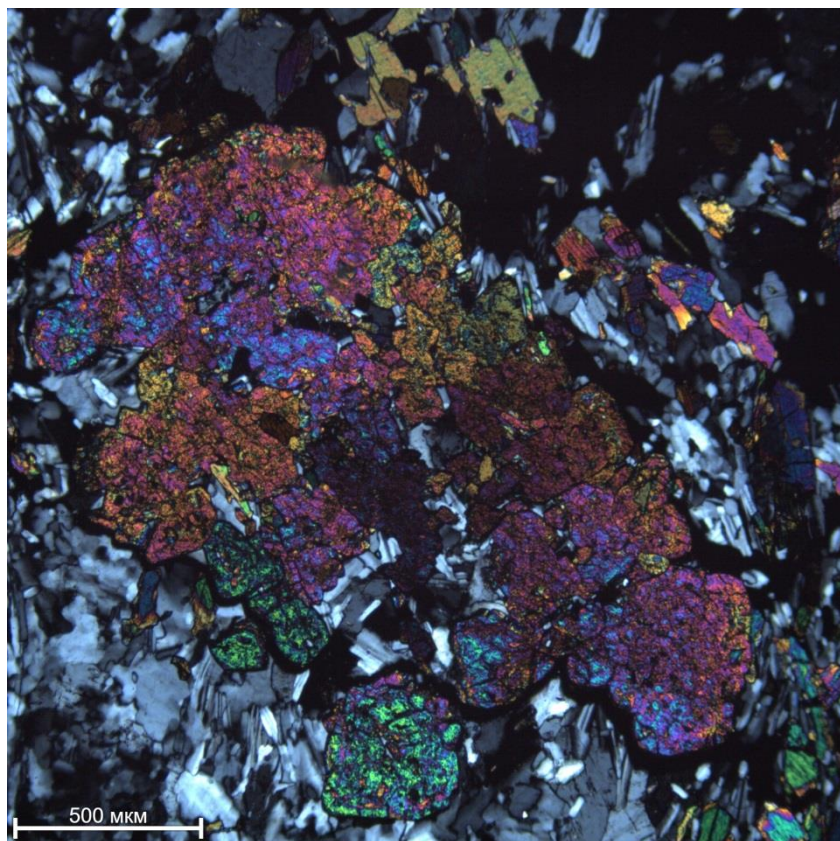
Мариуполиты

- ❑ Мариуполиты (описаны на юге ~~Украины~~ в окрестностях Мариуполя Ю.А. Морозевичем в 1901 году) – нефелин-альбитовые породы с эгирином, щелочным амфиболом, реже лепидомеланом. Нередко присутствуют содалит и канкринит; встречаются порфировидные разновидности.

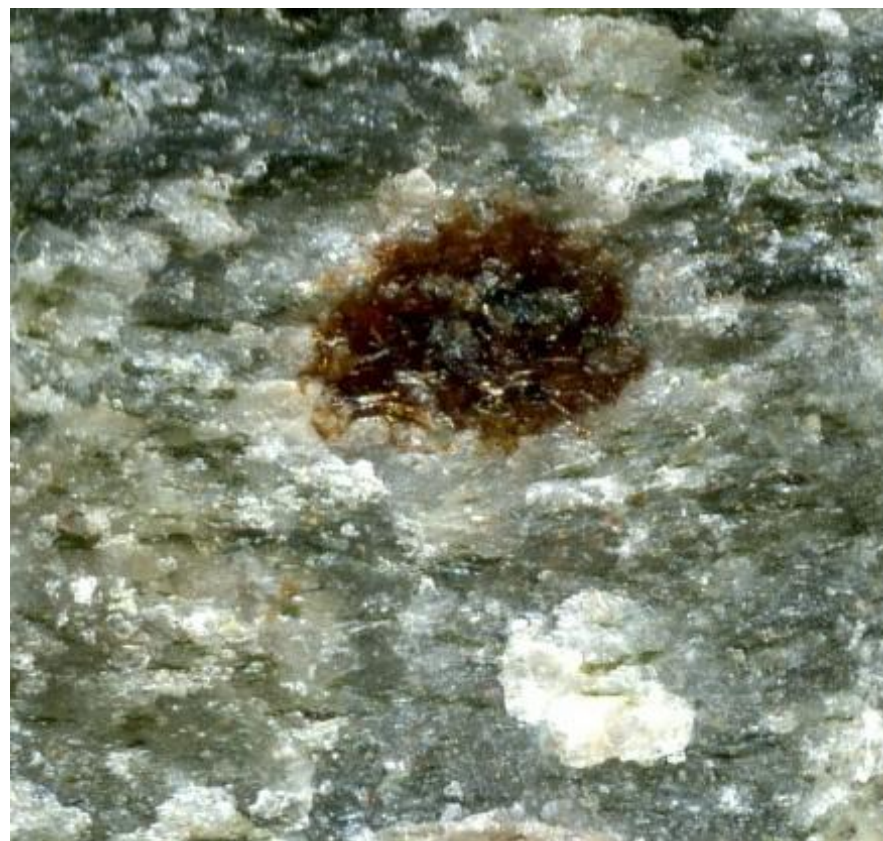


Мариуполиты

Акцессорные минералы: циркон, апатит, графит, флюорит, бритолит-(Ce), пирохлор, ильменит (*не* титаномагнетит!).



Агрегат зерен циркона ZrSiO_4 в мариуполите



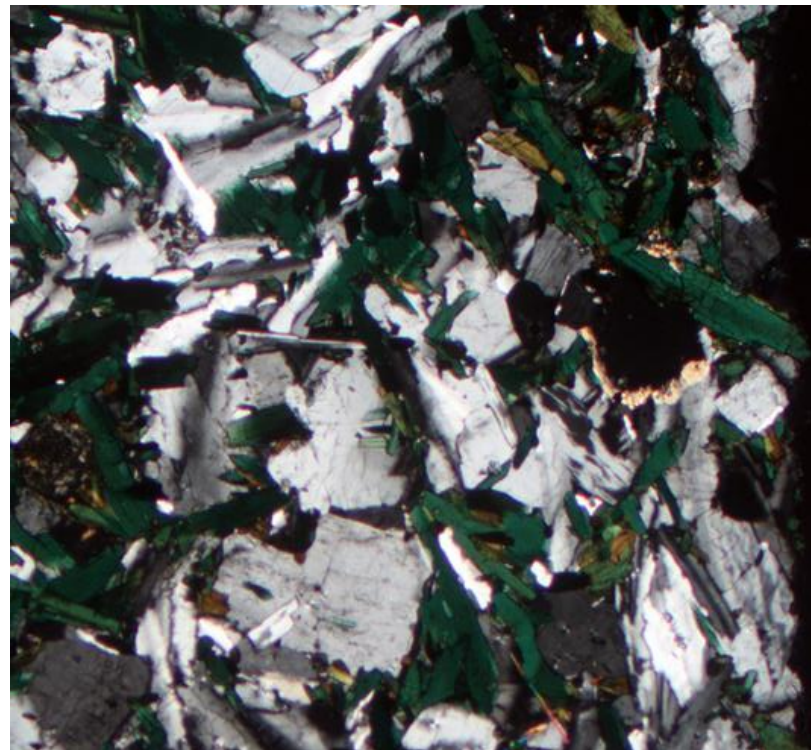
Кристалл бритолита-(Ce) $\text{Ca}_2(\text{Ce}, \text{Ca})_3(\text{SiO}_4, \text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F})$ размером 4×3 мм в мариуполите

Луявриты

- **Луявриты**, широко развитые на Кольском полуострове и получившие свое название от Массива Луявр-Урт (Бреггер, 1890), содержат много нефелина (до 55%), а темнокрасные минералы в них представлены эгирином, эгирин-авгитом, щелочным амфиболом и эвдиалитом. Нередко в породе наблюдается трахитоидность.



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

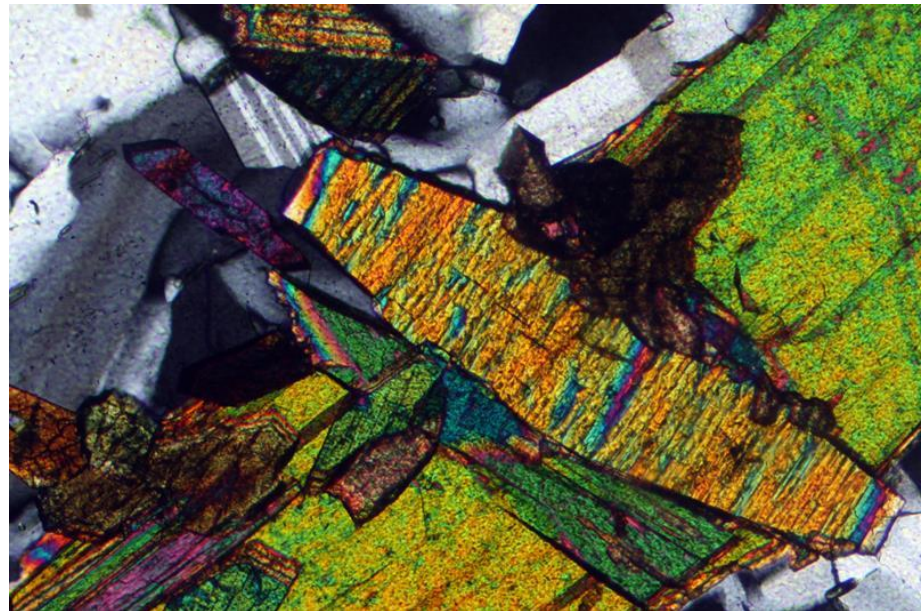
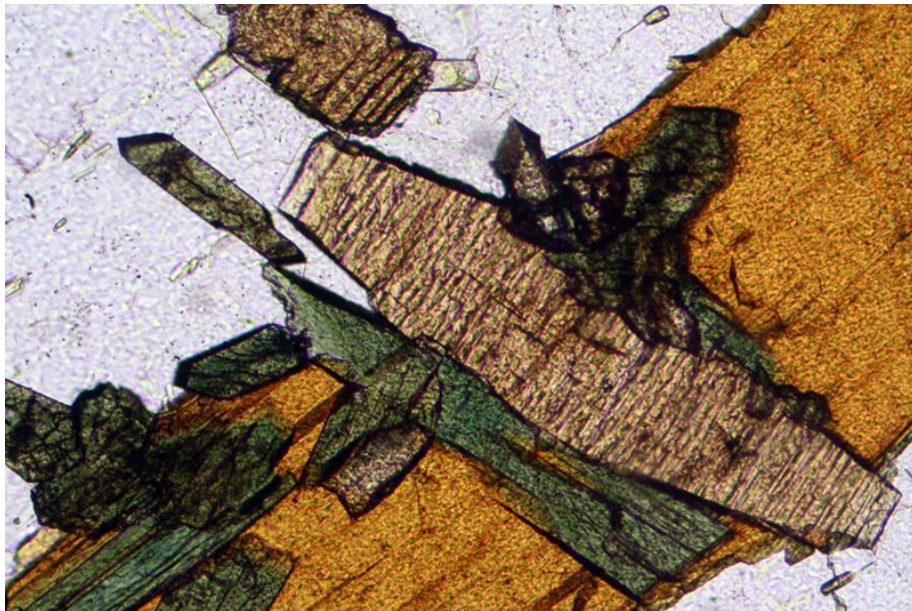


Илимауссак, Гренландия; поле зрения 2 мм

<http://www.alexstrekeisen.it/>

Хибиниты

- ❑ **Хибиниты** распространены на Кольском полуострове, в Хибинском массиве (Рамзай, 1894). Это грубозернистые породы с ***эвдиалитом***
- Главные минералы: полевой шпат (микроклин-пертит), нефелин, небольшое количество альбита, эгирин (эгирин-авгит), арфведсонит.
- Второстепенные минералы: астрофиллит $(K,Na)_3(Fe,Mn)_7Ti_2[Si_4O_{12}]_2(O,OH,F)_7$ и лампрофиллит $(Sr,Ba,K,Na)_2Na(Na,Fe,Mn)_2Ti[Ti_2(Si_2O_7)_2O_2(OH,F,O)_2]$.



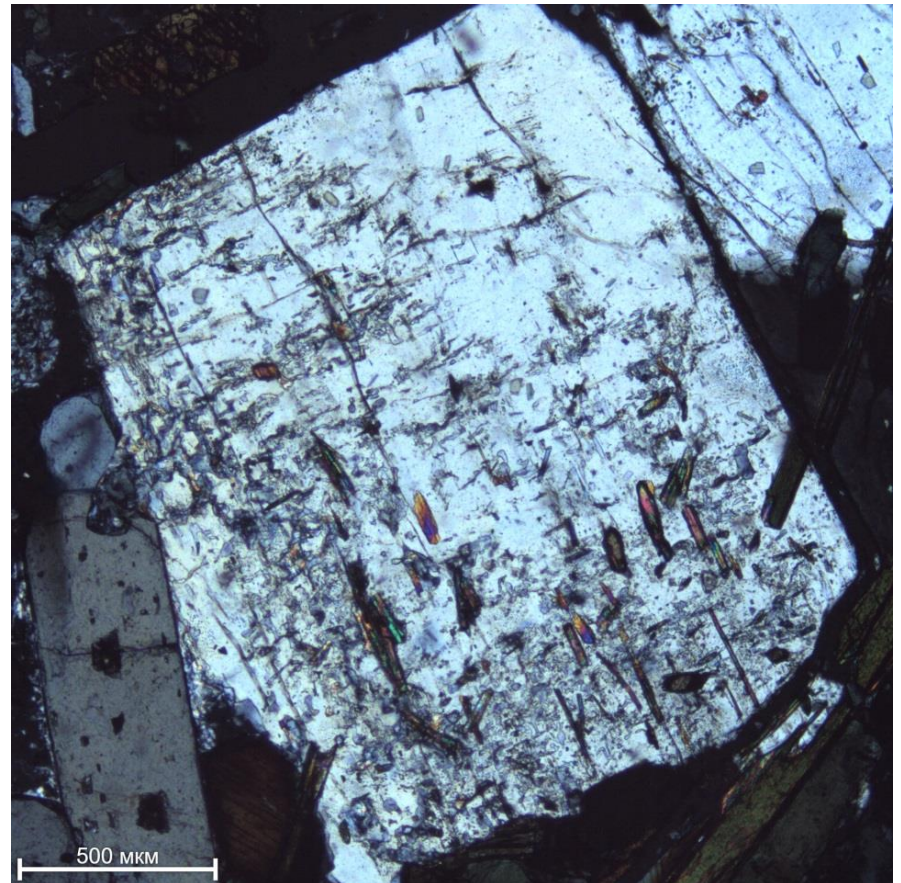
Хибинский массив, Кольский полуостров; поле зрения 1 мм. Лампрофиллит – коричнево-оранжевый, астрофиллит – светло коричневый, эгирин – зеленый.

Нефелин

В отличие от нефелина миаскитов (розовато-серого элеолита), в аппаитовых нефелиновых сиенитах этот минерал имеет густую зеленую окраску, связанную с присутствием в нем многочисленных мельчайших иголочек чистого эгирина, ориентированных в одном или нескольких направлениях.



<https://www.flickr.com/photos/47445767@N05/14850513499>



Эвдиалит в щелочных породах

Эвдиалит $\text{Na}_4(\text{Ca}, \text{Fe}^{2+})_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{17}(\text{OH}, \text{Cl})_2$ – один из наиболее распространенных минералов группы цирконосиликатов, которые кристаллизуются из щелочных расплавов и встречаются в нефелиновых сиенитах и щелочных бесполевошпатовых породах.



Фонолиты

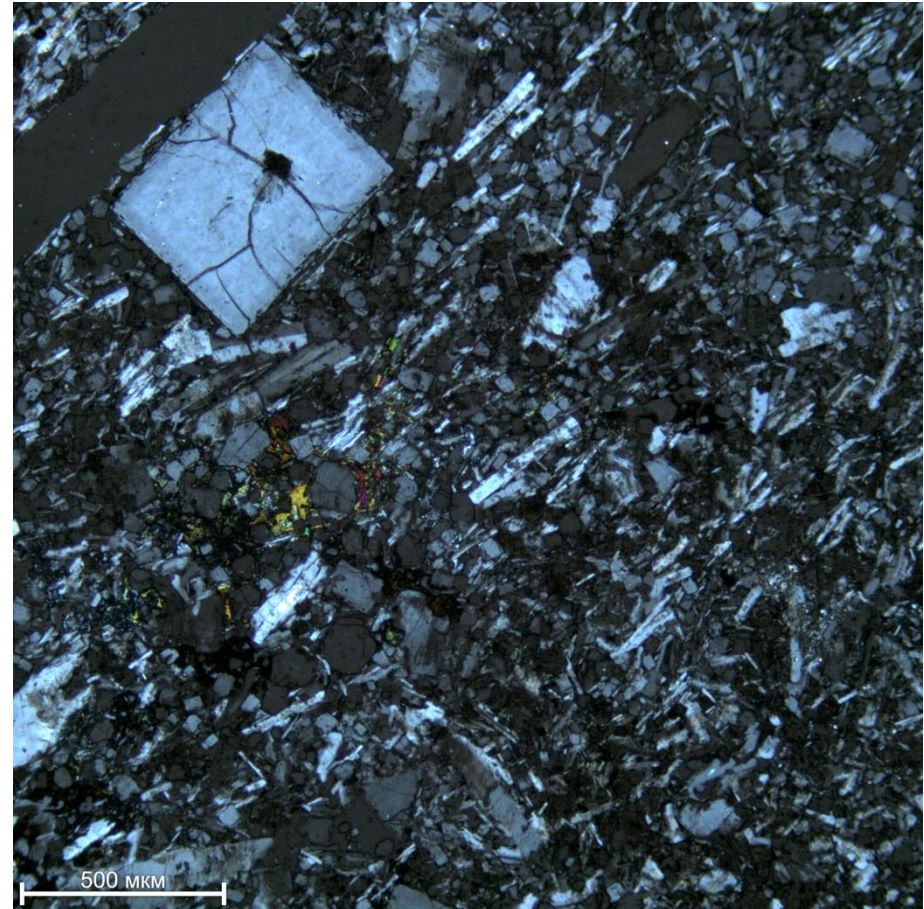
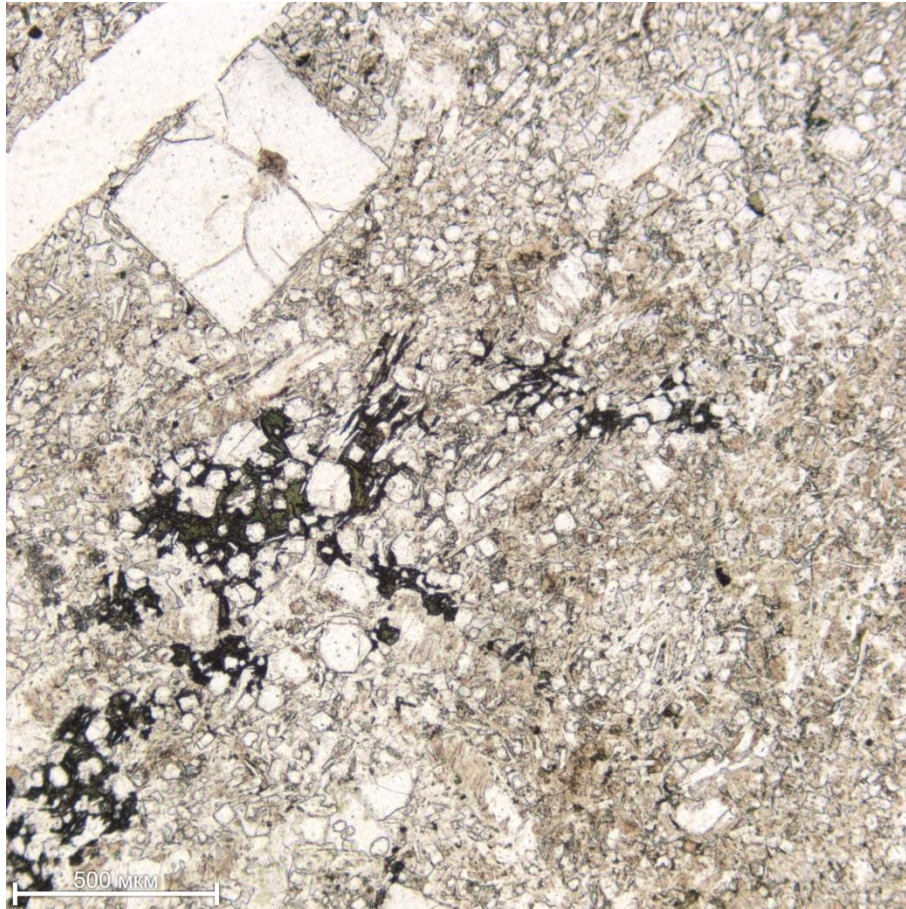
Фонолит (от греч. φωνή — звук и λίθος — камень; дословно — звенящий камень) — вулканическая порода, состоящая из полевых шпатов (альбита и щелочного полевого шпата), фельдшпатоидов, щелочных пироксена и амфибола, и являющаяся эффузивным аналогом нефелинового сиенита.



Встречаются на океанических островах (Гавайи и др.), в тыловых частях островных дуг (Индонезия) и в рифтовых зонах на континентах (Африка).

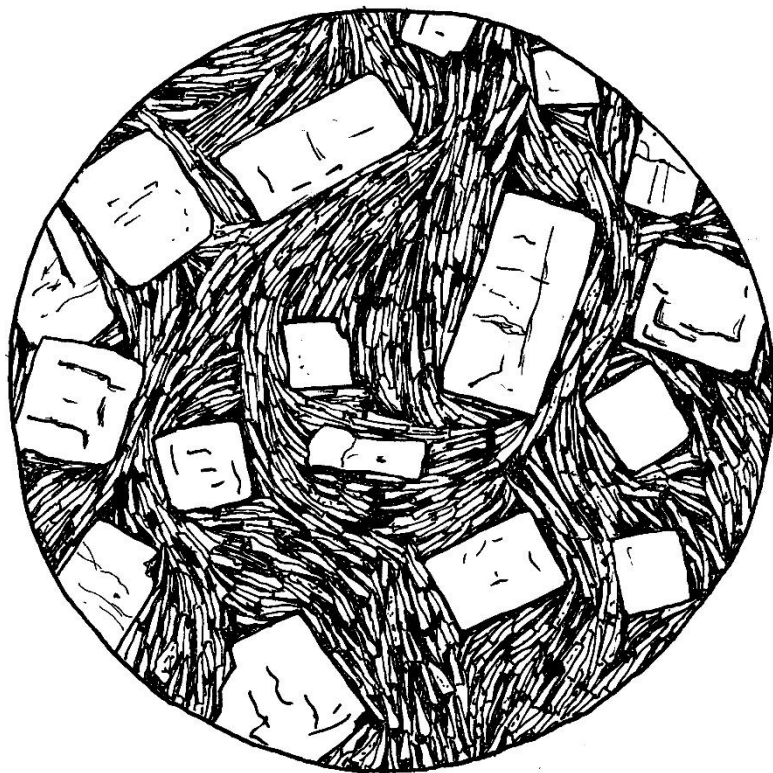
Фонолиты

Фонолит – эффузивный аналог нефелинового сиенита.

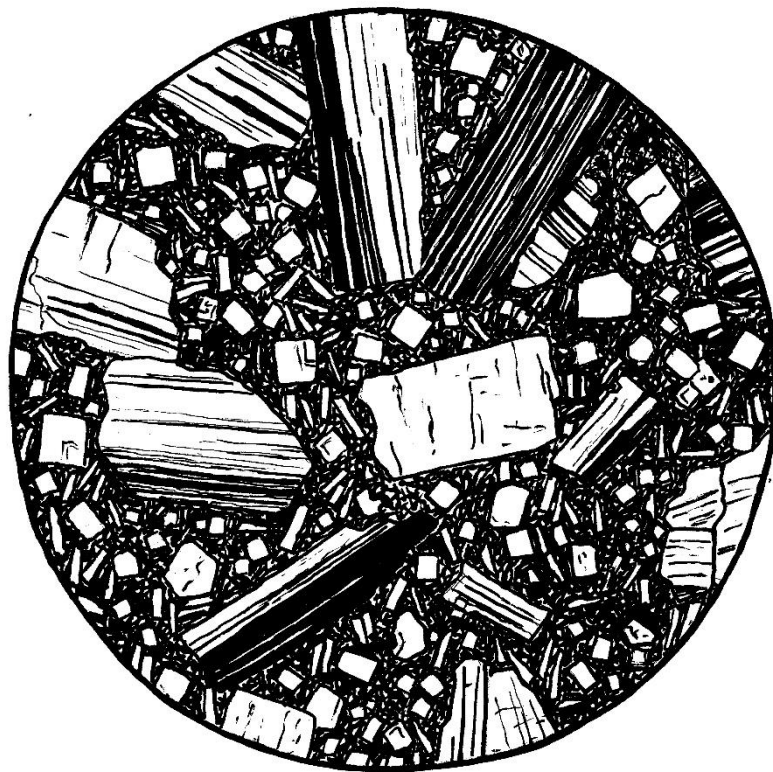


Структурные разновидности фонолитов

Различаются по преобладающим минералам основной массы и ее рисунку.

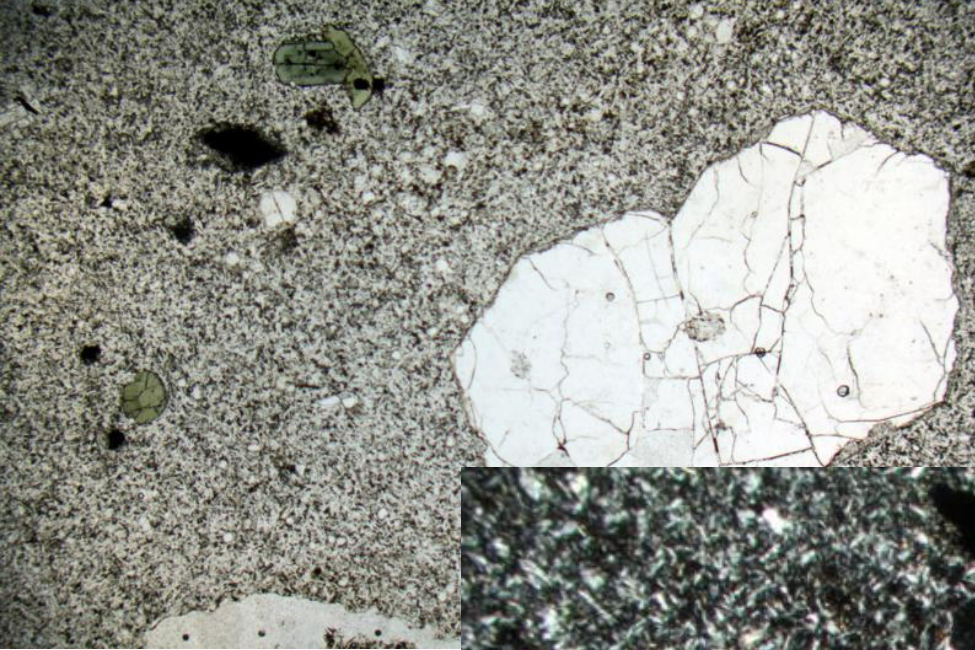


Структура основной массы
трахитовая
(преобладают полевые шпаты)

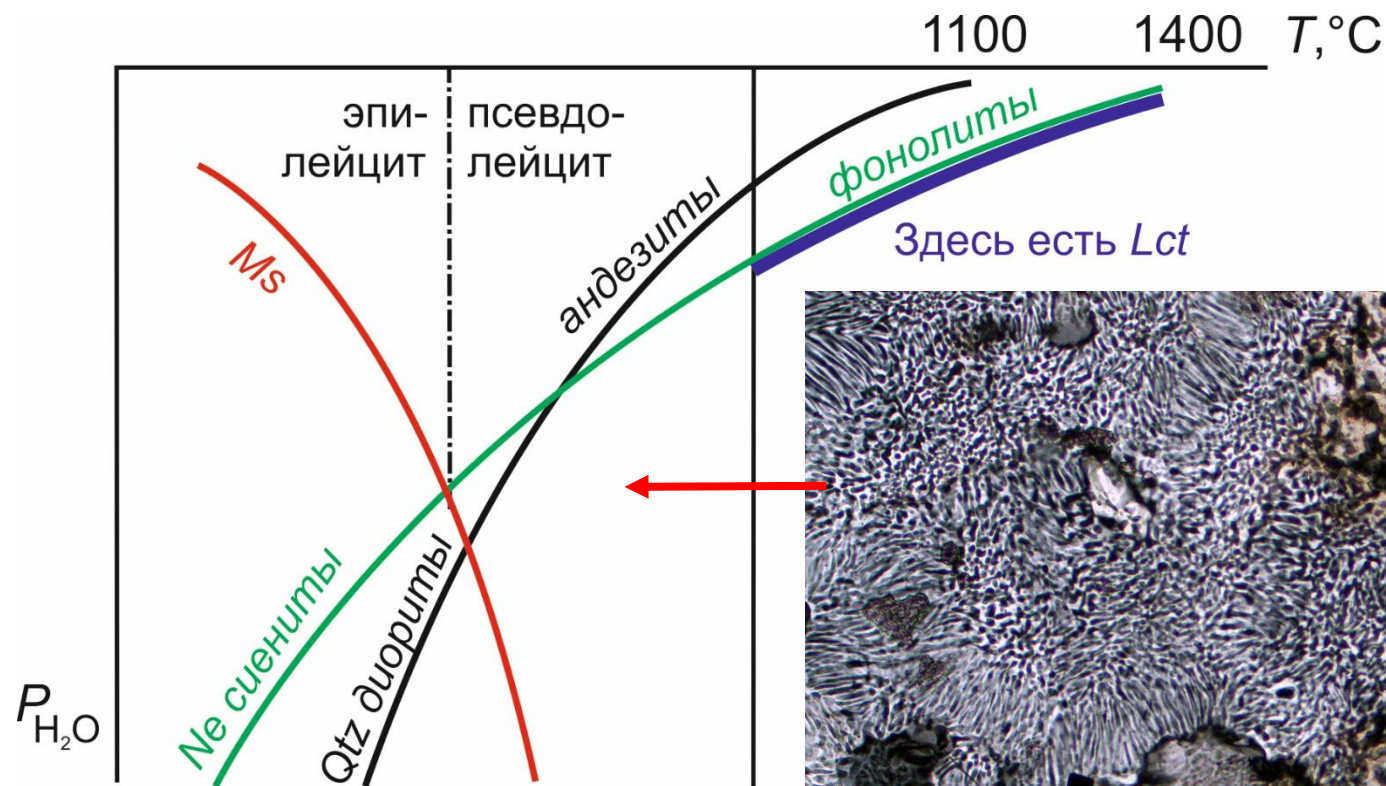


Структура основной массы
нефелинитовая
(преобладает нефелин)

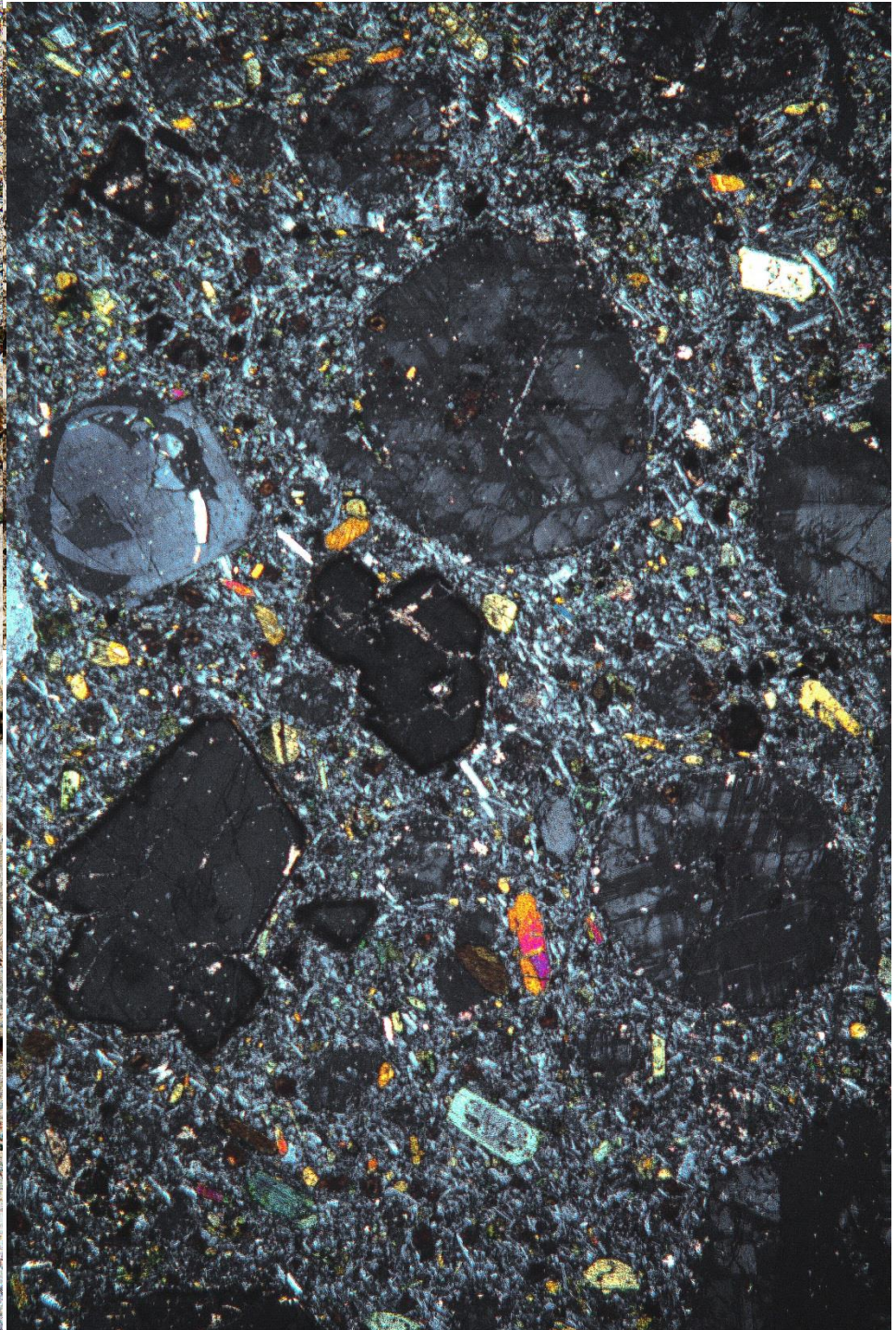
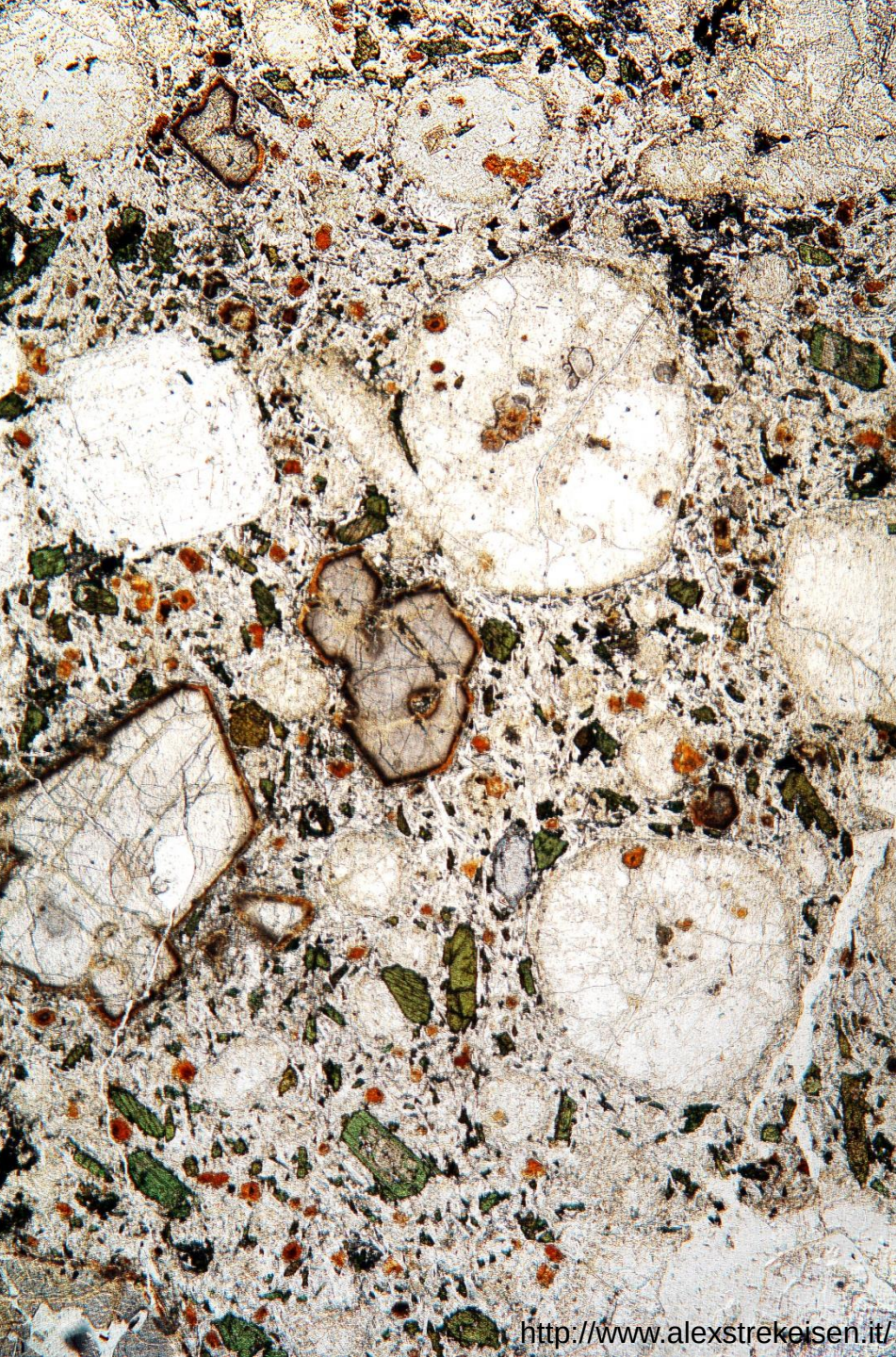
Фонолит лейцитовый (лейцитифир)



Солидус щелочных пород и поле стабильности лейцита

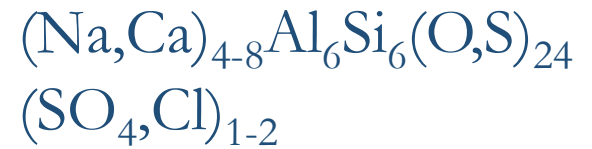


Псевдолейцит – нефелин-полевошпатовые срастания, замещающие зерна лейцита при температуре ниже 1000°C ; *эпидейцит* – плотные постмагматические псевдоморфозы мусковита по лейциту (псевдолейциту).





Гаюин в фонолите, Айфель, Германия



<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

<http://www.alexstrekeisen.it/>

