

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
Кафедра геологии, геодезии и кадастра

# **ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ В ШЛИФЕ**

**Методические указания**

**Составитель**

**Н.В. Черных**

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по специальности 21.05.02 Прикладная геология

Оренбург

2021

УДК 552(076.5)

ББК 26.31<sub>я</sub>7

П16

Рецензент – старший преподаватель, кандидат геолого-минералогических наук И.В. Куделина

П16 **Породообразующие минералы в шлифе:** методические указания/ составитель Н.В.Черных; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2021. 40 с.

Методические указания содержат раздел: «Описание породообразующих минералов», где имеются два подраздела: первый раздел посвящен описанию в шлифе бесцветных минералов, второй раздел описанию в шлифе цветных минералов.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Петрография», для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология по специализациям: «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых», «Геология нефти и газа», «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» очной и заочной форм обучения.

УДК 552(076.5)

ББК 26.31<sub>я</sub>7

© Черных Н.В,  
составление, 2021  
© ОГУ, 2021

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение .....  | 4  |
| 1. Описание породообразующих минералов .....          | 5  |
| 1.1 Минералы в шлифе бесцветные.....                  | 5  |
| 1.2 Минералы в шлифе преимущественно окрашенные ..... | 24 |
| Список использованных источников.....                 | 40 |

## Введение

Предлагаемые методические указания посвящены описанию важнейших пороодообразующих минералов и их оптических свойств. При этом подразумевается, что с конструкцией поляризационных микроскопов и приемами работы с микроскопами при диагностике минералов в прозрачных шлифах студенты знакомы из раздела «Кристаллооптика».

Для внеаудиторной и самостоятельной работы студентов предлагаются следующие интернет ресурсы общего доступа:

<https://www.toybytoy.com/collection/Photos-of-thin-sections-and-polished-sections-of-rocks-and-minera>

<https://www.toybytoy.com/collection/Section-13-Photos-of-thin-sections-and-polished-sections-from-his>

[http://mineralshop.ucoz.ru/publ/petrografija/shlify\\_mineralov\\_i\\_gornykh\\_porod\\_chast\\_4/2-1-0-4](http://mineralshop.ucoz.ru/publ/petrografija/shlify_mineralov_i_gornykh_porod_chast_4/2-1-0-4)

<http://mineralshop.ucoz.ru/publ/petrografija/2>

в разделе «о минералах»: свойства, типы, формы.

<http://wiki.web.ru/wiki/%D0%A8%D0%BB%D0%B8%D1%84-> сайт «Все о геологии», дана информация о минералах их свойствах, типах и формах.

<http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-atlas-osnovnyh-tipov-magmатических-porod.pdf> - атлас магматических пород.

<http://www.toybytoy.com/collection/Pictures-of-thin-sections-of-minerals-and-rocks-De-Agostini> оптика минералов в шлифах

# **1 Описание пороодообразующих минералов**

## **1.1 Минералы в шлифе бесцветные**

### **Кварц $\text{SiO}_2$**

Тригональный. Оптически положительный. Показатель преломления 1,544 – 1,553. Двупреломление 0,009. Выделяются разновидности кварца: альфа кварц и бета-кварц. Образуются они при разных температурах и давлениях, на разных глубинах. Кварц в горных породах образует зерна неправильной формы, заполняет промежутки между другими минералами.

Кварц – самый распространенный минерал в земной коре. Огромная роль принадлежит кварцу в сложении терригенных обломочных пород – песчаников, алевролитов. В этих породах он присутствует в виде округлых, хорошо окатанных песчинок, сцементированных кремнистым, карбонатным или глинистым материалом. Здесь мы говорим о кварце магматических и метаморфических пород. Зерна кварца часто присутствуют в скелетных формах, прорастающие зерна и кристаллы полевых шпатов в пегматитах. В этих случаях вроски кварца часто имеют клиновидную форму и тогда пегматит очень напоминает древнюю клинопись. Спайности у кварца нет. В шлифе под микроскопом он бесцветен, прозрачен, всегда очень чистый, т.е. не загрязнен вторичными новообразованиями. В скрещенных николях имеет интерференционную окраску от белой первого порядка до темносерой в зависимости от того, как ориентирована в зерне оптическая ось по отношению к плоскости среза в шлифе. Отличительная особенность кварца – это его волнистое угасание. В скрещенных николях зерно кварца угасает не сразу полностью все, а как бы отдельными участками и потемнение переходит постепенно от одного участка зерна к другому, но это бывает не всегда. Можно часто видеть и одновременное угасание минерала. И в этом случае его очень легко спутать с ортоклазом. Тогда приходит на помощь определение показателя преломления по полоске Бекке. У кварца показатель преломления больше, чем у канадского бальзама и значит полоска будет перемещаться на минерал. У

ортоклаза показатель меньше и полоска будет перемещаться на бальзам. Кварц часто содержит большое количество включений газов и жидкостей в виде мелких пузырьков, располагающихся то в виде полос, то в полном беспорядке. Шагреневая поверхность отсутствует. Если шлиф толще, чем положенные 0,3 мм., кварц будет иметь желтоватую окраску. При раздроблении, т.е. катаклазе зерна, оно распадается на множество более мелких, каждое из которых угасает по-своему. Получается агрегатное угасание. Такая структура называется **м о з а и ч н о й**.

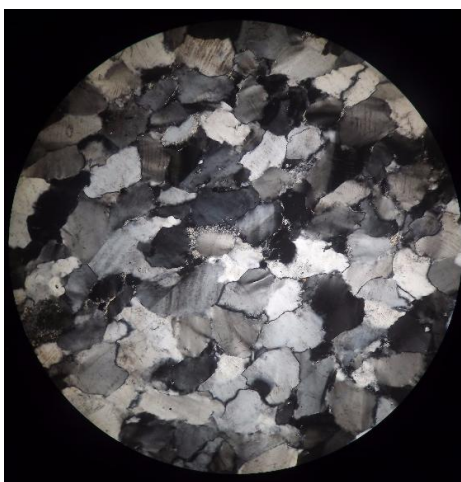


Рисунок 1- Зёрна кварца в шлифе

Отличия от сходных минералов: от полевых шпатов – отсутствием продуктов выветривания, показателем преломления, спайностью и одноосностью, от кордиерита – отсутствием спайности, одноосностью и отсутствием плеохроичных оболочек. Если окатанные или частично окатанные зерна кварца сцементированы агрегатом ксеноморфных мелких бесформенных выделений кварца, в результате чего сформировалась единая кварцевая порода, то такая порода называется **к в а р ц и т о м**. Кварц легко замещает органические соединения – древесину, скопления костей животных. При полном замещении так образуются **в т о р и ч н ы е к в а р ц и т ы**. Чистый прозрачный кварц при условии отсутствия сростков нескольких кристаллов, двойникования, инородных включений называется **г о р н ы м х р у с т а л е м**.

Но собственно кристаллическим кварцем и его «семейство» не ограничивается. Сюда входят халцедон, опал, тридимит, кварцин, лютецит, кристобалит.

### **Халцедон $\text{SiO}_2$**

Образует конкреционные формы, цемент в песчаниках, присутствует в пустотах и трещинах магматических пород, замещает окаменелости. В шлифе бесцветный. Показатель преломления 1,533 – 1,539. Оптически двуосный, угол оптических осей до  $40^\circ$ . Оптически положительный. Образуется при более низких температурах, чем кварц. Часто замещает кварц в известняках, слагает панцири диатомей в диатомитах. Главная составная часть кремней и кремнистого цемента в песчаниках.

### **Опал $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$**

Скрытокристаллический, происхождение гипергенное. В цементе песчаников, опок, кремней, образует панцири диатомей, скелеты радиолярий, спиккули губок.

### **Ортоклаз $(\text{K},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$ .**

Моноклинный, показатель преломления 1,519-1,526. Двупреломление 0,007. Оптически отрицательный. Очертания ортоклаза иногда ясно кристаллографические в порфировых породах, таблитчатые, но чаще неправильной формы. В шлифе спайность видна либо в одном направлении, либо по взаимно перпендикулярным направлениям. Продукты выветривания придают ортоклазу мутноватый характер. В чистом виде он водянопрозрачный (а д у л я р). От кварца отличается отсутствием волнистого угасания, меньшим показателем преломления и сероватой окраской. Шагреневая поверхность слабая. Полоска Бекке при подъеме тубуса микроскопа передвигается на канадский бальзам. Интерференционная окраска серая и ниже, чем у кварца. Образует простые широкие двойники и тогда при вращении столика

микроскопа одна половина зерна гаснет, а другая просветляется. При разрушении превращается в к а о л и н и т (в шлифе неразличимую муть). Этот процесс называется п е л и т и з а ц и е й ортоклаза. Серицит и мусковит при разложении ортоклаза образуются в небольшом количестве. От нефелина и кордиерита может быть отличим только точными оптическими методами. Ортоклаз очень легко спутать с несдвойникованным олигоклазом. Главное отличие в этом случае по показателям преломления методом Бекке – у ортоклаза показатель меньше, чем у олигоклаза и бальзама, а значит полоска Бекке будет с ортоклаза уходить.

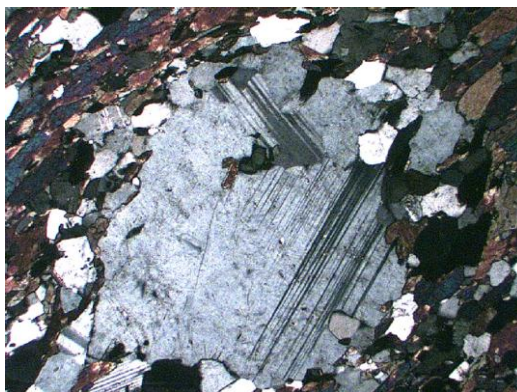


Рисунок 2 - Ортоклаз в шлифе

### **Микроклин ( K,Na) AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>**

Триклинный. Белый, зеленый- а м а з о н и т Показатель преломления 1,523-1,530. Двупреломление 0,007. От ортоклаза микроклин отличается практически только в скрещенных николях. Угасание от 5 до 200 . Интерференционная окраска серовато-белая и белая первого порядка. Наиболее надежным отличием микроклина от ортоклаза является наличие под микроскопом у микроклина резко выраженной решетчатой структуры. Это связано с тем, что все зерно микроклина состоит из огромного количества веретенообразных волокон, угасающих не одновременно и пересекающихся по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Но при иных срезах в шлифе может проявляться только одно положение волокон. Появление решетки связано с полисинтетическим двойникованием. Не решетчатый микроклин



практически не отличим от ортоклаза, т.к. все остальные оптические свойства у них одинаковы. Часто наблюдается как макро-, так и микро прорастания полевых шпатов кварцем с образованием пегматитовой структуры. Калиевый полевой шпат прорастает длинными взаимно параллельными столбами кварца, носящими характер скелетного кристалла. Поперечные срезы остроугольные, в совокупности напоминают древнюю клинопись. Если такие прорастания мелкие и могут изучаться под микроскопом, то такая порода называется микропегматитом. Тонкий, несколько радиальнолучистый агрегат мельчайших зерен образует породу, называемую м и к р о ф е л ь з и т о м. Иногда наблюдается прорастание ортоклаза нефелином. Присутствие тончайшей железной слюдки, образующейся за счет частичного разложения присутствующего в полевых шпатах ничтожного количества железистого силиката  $FeAl_2Si_2O_8$  в образце и в шлифе может придавать микроклину розоватую окраску.

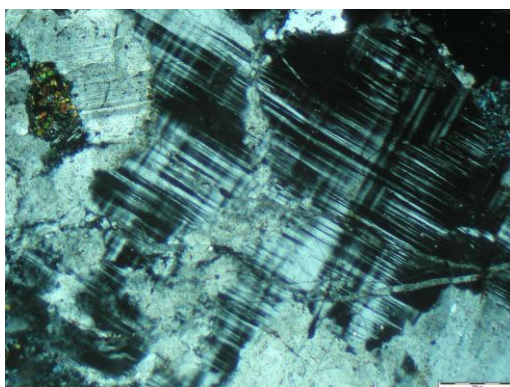


Рисунок 3 - Микроклин в шлифе

### **Плагиоклазы (Известково- натровые полевые шпаты).**

Это изоморфные смеси двух крайних компонентов – альбита  $NaAlSi_3O_8$  и анортита  $Ca,Na,Al_2Si_2O_6$ , которые смешиваются в самых различных соотношениях как в жидком, так и в твердом состоянии. Каждой разновидности плагиоклазов Е.С.Федоровым присвоены номера: альбиту №10, олигоклазу №25, андезину №50, лабрадору №75, битовниту № 75, анортиту №90-100. Все плагиоклазы триклинной сингонии. Таблитчатые или образуют неправильные

зерна. Цвет в образцах белый, зеленоватый, зеленый, почти черный, иногда красноватый. плагиоклазы обычно образуют полисинтетические двойники. Спайность совершенная под углом около  $87^{\circ}$ . В шлифе плагиоклазы бесцветны, часто водянопрозрачны. Показатели преломления разные, у одних они меньше, чем у канадского бальзама, у других равны или немного выше. У альбита он 1,528-1,538, у олигоклаза 1,541- 1,546, у андезина 1, 553-1,557, у лабрадора 1,555-1,563, у битовнита 1,564-1,573, у анортита 1,575-1,588. Двупреломление 0,007-0,013. В скрещенных николях интерференционная окраска близка к кварцевой: серовато-белая, а у анортита желтоватая. Полисинтетические двойники всегда имеют параллельные границы между полосками, т.е полоски двойников не бывают клинообразными.

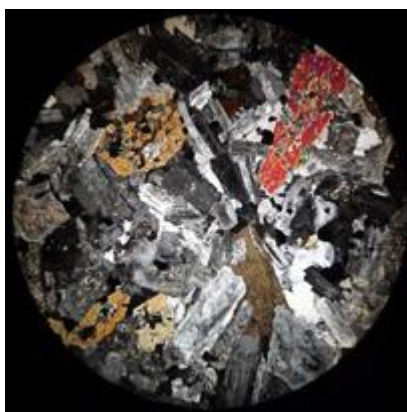


Рисунок 4 - Разноориентированные призмы плагиоклаза в шлифе породы

Существует характерная черта у двойникования: чем кислее плагиоклаз, тем тоньше полоски двойников, чем ближе к анортиту, тем полосы двойников шире. Под действием внешних агентов – давления, пневматолита, выветривания разные плагиоклазы изменяются по-разному. Кислые плагиоклазы – альбит, олигоклаз-альбит, олигоклаз превращаются в мусковит, серицит, каолинит. Одновременно выделяется кремнекислота в виде кварца, иногда опала. Более основные плагиоклазы разрушаются с образованием эпидота, цоизита, реже кальцита и вторичного чистого альбита. Такой агрегат зерен называется с о с с ю р и т о м.

Соссюрит бесцветный, малопрозрачный. Часто основные плагиоклазы переходят в альбит, Это процесс а л ь б и т и з а ц и и. Наиболее доступными методами для оперативного определения. плагиоклазов являются оптические.

#### **Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$**

Моноклинный. Показатель преломления 1,520-1,529. Оптически положительный. Угасание  $cNp=37^\circ$ . Спайность весьма совершенная. Интерференционная окраска как у кварца. В шлифе бесцветен или окрашен гидроокислами железа.

#### **Барит $\text{BaSO}_4$**

Ромбический. Показатель преломления 1, 636-1,648. Двупреломление 0,012. Угасание прямое. В шлифе бесцветен. Часты зернистые агрегаты. Характерен для рудных жил и образует самостоятельные жилы. Может присутствовать в песчаниках, известняках, в миндалинах вулканитов.

#### **Санидин $(\text{K},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$**

Моноклинный. Показатель преломления 1,517-1, 526. Двупреломление 0,007 Оптически отрицательный. Угасание  $0-5^\circ$ . Водянопрозрачный, стекловидный, без продуктов выветривания. Трещины спайности почти или совсем незаметны. Интерференционная окраска серая, серовато-белая первого порядка. Санидин входит в состав излившихся пород, особенно в состав липаритов, трахитов, и их туфов.

#### **Нефелин $(\text{Na},\text{K})\text{AlSiO}_4$**

Гексагональный, оптически отрицательный. Показатель преломления 1,529–1,547. Двупреломление 0,003-0,005. Образует либо зерна неправильной формы, либо неправильной формы шестиугольные или четырехугольные кристаллы, либо заполняет промежутки между другими минералами. Спайность видна только в очень тонких шлифах. В шлифе абсолютно

бесцветный. Иногда видна слабая шагреновая поверхность. В скрещенных николях обладает слабой низкой интерференционной окраской, более низкой, чем у полевых шпатов. Угасание прямое.

Встречается в щелочных горных породах – нефелиновых сиенитах, тефритах, фонолитах, часто полностью замещая альбит. Не встречается одновременно с кварцем, т.к. при избытке кремнезема переходит в альбит.

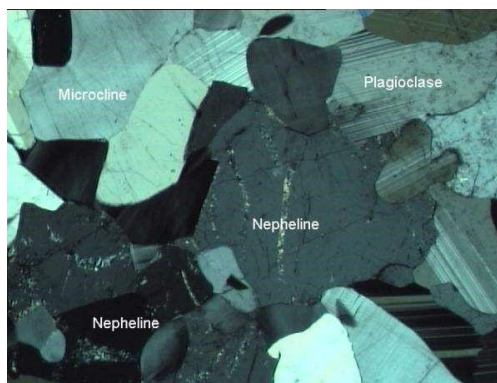


Рисунок 5 - Зёрна нефелина в шлифе породы

### **Канкринит** ( $6 \text{ Na, Al, SiO}_4 \cdot \text{Ca}(\text{HCO}_3)$ )

Гексагональный, оптически отрицательный. Показатель преломления 1,490-1,524. Двупреломление 0,023-0,029. Спайность весьма совершенна. В шлифе бесцветный. Интерференционная окраска яркая сине-красная. Очень похож на мусковит и серицит. Сернистый или сульфатный канкринит, встреченный на Урале среди нефелиновых сиенитов, легко спутать с ортоклазом. Постмагматический. Иногда образует каемки вокруг зерен нефелина. К сульфатному канкриниту близок вишневит с хорошей спайностью, сложным двойникованием, светлосиней интерференционной окраской, встреченный на Южном Урале в сопровождении полевых шпатов.

### **Тридимит** $\text{SiO}_2$

Встречается в пустотах излившихся пород – обсидианов, липаритов, трахитов, андезитов. Показатели преломления – 1,469-1,473. Оптически положительный. может переходить в кварц.

### **Кристобалит $\text{SiO}_2$**

Обнаруживает полисинтетическое двойникование. Показатель преломления 1,483-1,487. Одноосный, оптически отрицательный.

### **Брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$**

Гексагональный. Показатель преломления 1,566-1,585. Двупреломление 0,019. Оптически положительный. Угасание прямое. Обладает весьма совершенной спайностью. В шлифе бесцветный или зеленоватый. Оптически одноосный. Присутствует в филлитах и сланцах, в доломитах и кристаллических известняках, сопровождает магнезиальные минералы, присутствует в некоторых серпентинитах. От талька, мусковита, гипса отличается одноосностью, от хлорита и магнезита – большой силой двупреломления.

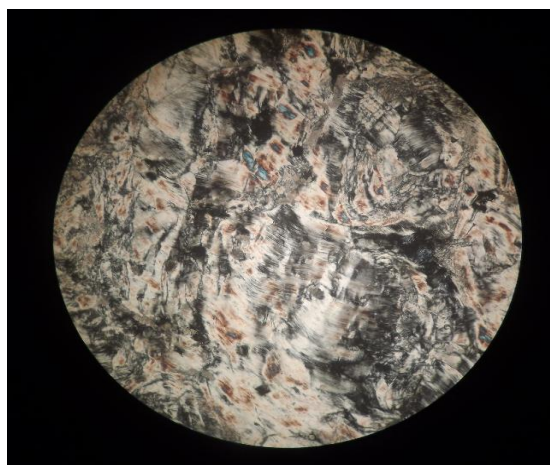


Рисунок 6 - Брусит в шлифе

### **Кальцит $\text{CaCO}_3$**

Показатель преломления 1,658-1,716. Оптически отрицательный. Угасание прямое. Двупреломление 0,172-0,180. Встречается обычно в виде зерен неправильной формы, образующих агрегаты от мелко- до крупнозернистых.

Редко встречаются кристаллики, ограниченные плоскостями ромбоэдра. Часты органогенные структуры, оолиты и сферолиты. Спайность весьма совершенна, плоскости спайности дают трещины, косо пересекающиеся друг с другом под углом  $75^{\circ}$  в разрезах, перпендикулярных к спайности. Обычны полисинтетические двойники, особенно частые в метаморфических известняках. Шагреневая поверхность меняется от очень резко выраженной до почти незаметной при вращении столика микроскопа. Получается т.н. «мерцание» при вращении столика микроскопа при включении только поляризатора. В связи с высоким показателем преломления интерференционная окраска белая или розовая, но с перламутровыми переливами или проявляются разноцветные искорки. По краям отдельных зерен могут проявляться яркие цвета интерференции.

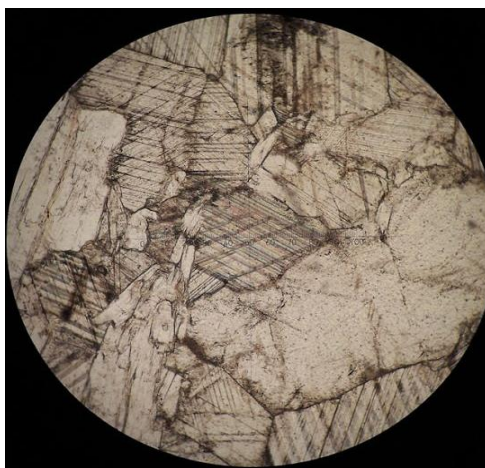


Рисунок 7- Кальцит в шлифе

Кальцит легко замещается кварцем с образованием кремней, роговиков, маршаллитов. Главная область распространения – осадочные и метаморфические известняки, магматические и метаморфические породы. Часто выполняют миндалевидные пустоты в вулканитах совместно с цеолитами (миндалекаменная текстура). Образует самостоятельные жилы или совместно с кварцем, слагая т.н. «листвениты». Жилы лиственитов бывают золотоносными.



Эти породы часто приурочены к массивам серпентинитов и формируются в процессе метасоматических преобразований последних.

От доломита и магнезита трудно отличим. Особая разновидность кальцита – и с л а н д с к и й ш п а т, обладающий очень сильным двойным лучепреломлением. Поэтому именно этот минерал использовался для изготовления поляризаторов и анализаторов в поляризационных микроскопах на заре их создания. Позже они были заменены полимерными пленками.

### **Доломит.** $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Показатель преломления 1,680-1,726. Магний часто замещается железом. Оптически отрицательный, угасание прямое по Nr. Двупреломление 0,180--0,190. Часты зонарные структуры. Спайность, шагреневая поверхность, рельеф, интерференционная окраска как у кальцита. В метаморфических доломитах часты полисинтетические двойники. Двойниковые полоски параллельны короткой диагонали ромбоэдров. Очень сходен с магнезитом.

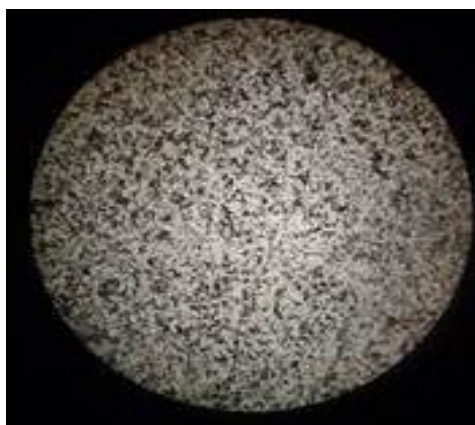


Рисунок 8 - Равномернозернистый, тонкозернистый доломит в скрещенных николях

### **Магнезит** $\text{MgCO}_3$

Показатель преломления 1,700-1,726. Оптически отрицательный, угасание прямое как у доломита. Двупреломление 0,191-0,199. Образует агрегаты неправильных зерен. Часто зерна настолько мелки, что образуются

микрористаллические фарфоровидные агрегаты. Спайность, шагреневая поверхность, рельеф, интерференционная окраска как у кальцита. Магнезит иногда образует метаморфические крупнокристаллические породы, тонкодисперсные белые агрегаты в трещинах серпентинитов, входит в состав лиственитов. От кальцита и доломита отличается только химическим путем.

### **Сидерит $\text{FeCO}_3$ .**

Показатель преломления как у магнезита. Оптически отрицательный, угасание прямое. Двупреломление 0,234-0,243. Образует агрегаты разной крупности зерен. Иногда образует оолиты, сферолиты. В шлифе бесцветный или сероватый. Шагреневая поверхность, резко выражена и при вращении столика микроскопа не исчезает как и рельеф, что отличает сидерит от остальных карбонатов. Спайность, интерференционная окраска как у кальцита и доломита. Иногда образует полисинтетические двойники, двойниковая плоскость параллельна длинной диагонали ромбического сечения. Показатель преломления как у магнезита.

### **Апатит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}(\text{F},\text{Cl},\text{OH})_2$ .**

Гексагональный. Оптически отрицательный. Угасание прямое. Показатель преломления 1,630–1,667. Двупреломление 0,001-0,005. Образует столбчатые и игольчатые кристаллы, иногда зерна неправильной формы или короткостолбчатый. Встречается в виде радиальнолучистых агрегатов. В шлифах наблюдаются его мелкие микролиты. В удлиненных кристаллах видно их четкое разделение поперечными трещинами на отдельные сегменты, смещенные относительно друг-друга. Поперечные сечения шестиугольные. В шлифе совершенно бесцветный и прозрачный. В вулканических породах апатит наоборот, мутный и плеохроичный. Имеет высокий рельеф и ясную шагреневую поверхность. Угасание прямое. От сходных везувиана, мелилита, геленита, турмалина. отличается отсутствием окраски, высоким показателем преломления, слабым двупреломлением, от цоизита несовершенной



спайностью, от силлиманита и тремолита характером удлинения и силой двупреломления, от циркона – меньшим показателем преломления и слабым двупреломлением. От зернистых полевых шпатов – резким рельефом и одноосностью, от нефелина – большим показателем преломления. Присутствует во многих магматических и метаморфических породах, в осадочных терригенных породах, в фосфоритах.

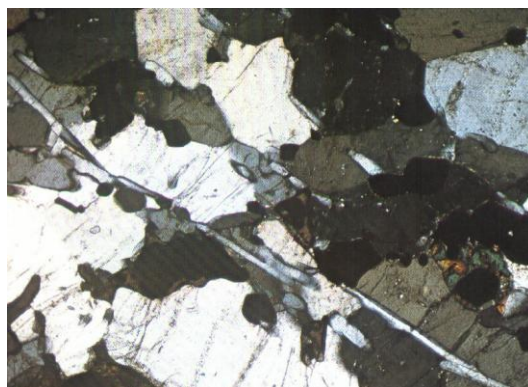


Рисунок 9 - Апатит в шлифе

**Эвдиалит и эвколит**  $\text{Na}_{13}(\text{CaCl})(\text{Ca,Fe})_5(\text{SiZr})_{20}\text{O}_{52}$  .

У эвколита еще в составе присутствует  $\text{CeOH}$ . Эвдиалит гексагональный, эвколит дитригональный. Показатели преломления: у эвдиалита 1,614, у эвколита – 1,648. Эвдиалит оптически положительный, эвколит – оптически отрицательный. Двупреломление 0,001-0,010. Эти два минерала образуют изоморфный ряд. Минералы образуют короткопризматические или таблитчатые ромбоэдрические кристаллы, либо округлые зерна. Цвет минералов красный различных оттенков, каштаново – бурый. В проходящем свете минералы почти бесцветные, желтоватые, красноватые. Интерференционная окраска от бледножелтой до карминово – красной. Характерные особенности: плеохроизм, слабое двупреломление, парагенез у эвдиалита с полевыми шпатами, нефелином, эгирином, щелочной роговой обманкой, лампрофиллитом; у эвколита – с микроклином, нефелином, титанитом, астрофиллитом, щелочной роговой обманкой, альбитом.

## Группа турмалина.

Выделяются три типа этого минерала: ш е р л (железистый турмалин), д р а в и т (магнезиальный турмалин), э л ь б а и т (литиевый турмалин). По химическим свойствам все турмалины являются боросиликатами. Их химический состав:



Показатели преломления 1,625-1,650. Двупреломление 0,021-0,029. Кристаллы обычно длинно- и короткопризматические, иногда бочкообразные, веретенообразные. Игольчатые и длинностолбчатые кристаллы собираются в радиально-лучистые агрегаты. В шлифе дравит и шерл окрашены в коричневые, иногда синие или зеленые цвета различных оттенков с резко выраженным плеохроизмом. Эльбаит бесцветный или очень слабо окрашен.. Бывает пятнистая абсорбция. Показатели преломления от 1, 625 до 1,668. Угасание прямое. Оптически одноосные, отрицательные. Могут переходить в биотит и хлорит. Характерен для кристаллических сланцев, магматических породах. особенно в пегматитах, в гнейсах, слюдяных сланцах. Спайность отсутствует, ясный плеохроизм, яркая интерференционная окраска, высокий рельеф – таковы отличительные особенности турмалинов.

## Везувиан $\text{H}\text{Ca}_2\text{Al}(\text{SiO}_4)$ .

Тетрагональный. Показатель преломления 1,701–1,723. Оптически отрицательный. Угасание прямое. Образует призматические кристаллы и неправильные зерна в зернистых известняках и контактово-метасоматических породах вместе с гранатом, диопсидом, волластонитом, эпидотом. Окрашен в бурые цвета. В шлифе почти бесцветный, красноватый или синеватый. Тогда заметен слабый плеохроизм. Рельеф и шагрeneвая поверхность резко выражены. Интерференционная окраска аномальная – желто-бурая, лазурно-

синяя, буровато-сиреневая, аномальный везувиан очень сходен с цоизитом и клиноцоизитом.

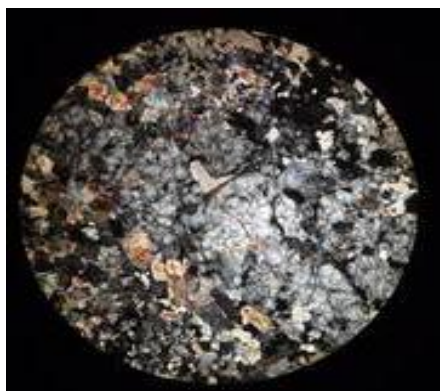


Рисунок 10 - Зерна везувиана в шлифе породы

### **Корунд $Al_2O_3$ .**

Гексагональный. Показатель преломления  $1,760 - 1,774$ . Оптически отрицательный. Угасание прямое. Двупреломление  $0,008-0,009$ . Образует призматические или остропирамидальные формы, боченкообразные, иногда таблитчатые и зерна неправильной формы. Образует полисинтетические двойники. Надо иметь ввиду, что из-за высокой твердости в шлифе корунд может быть несколько толще. Спайность очень редко может проявляться. Бесцветен или бурый, желтый, зеленый, синий (сапфир), красный (рубин). В шлифе часто бесцветен или слабо окрашен и тогда плеохроичен. Рельеф и шагреновая поверхность резко выражены. Интерференционная окраска как у кварца, но высших порядков. Может переходить в мусковит, шпинель, кианит, силлиманит. В гранитах, сиенитах, пегматитах, вторичных кварцитах, кристаллических известняках, в хлоритоидных породах. В магматических породах никогда не встречается совместно с первичным кварцем.

### **Циркон $ZrSiO_4$ .**

Тетрагональный. Показатель преломления  $1,924 - 1,993$ . Оптически положительный, двупреломление  $0,044-0,062$ . В шлифе бесцветный, рельеф и шагреновая поверхность чрезвычайно резкие. Угасание прямое, удлинение

положительное. Интерференционная окраска яркая третьего и четвертого порядка. В шлифах циркон можно увидеть в гранитах, сиенитах, часто в виде включений в других минералах. Образует очень мелкие призматические кристаллики с округленными, как бы оплавленными концевыми пирамидками, либо яйцевидные зерна.

### **Мусковит** $(\text{HF})_4\text{K}_2(\text{Al,Fe})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$

Моноклинный. Показатель преломления 1, 587 – 1,611. Оптически отрицательный. Удлинение положительное. Двупреломление 0,037-0,041. Химический состав непостоянный. По данным Трегера присутствуют:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ ,  $\text{BeO}$ . Обычно встречается в виде листочков неправильной формы, их агрегатов, тонко- и мелкочешуйчатые их агрегаты – серицит, образующийся за счет калиевых полевых шпатов. В шлифе бесцветный, иногда светлозеленоватый. Ясно видна шагреневая поверхность а при вращении столика микроскопа почти полностью исчезает при положении спайности перпендикулярно к сечению поляризатора. Плеохроизм отсутствует. Интерференционная окраска очень чистая, яркая высших цветов второго порядка ( желтая, красная, сине-зеленая). Угасание прямое.

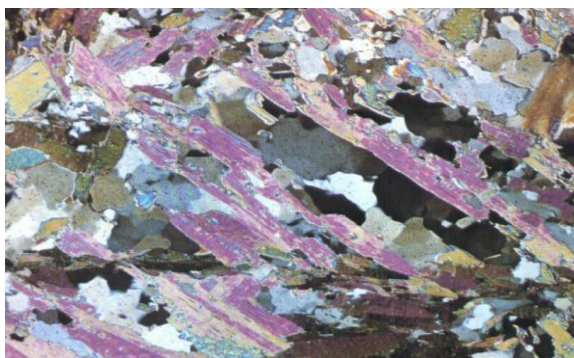


Рисунок 11 - Мусковит в шлифе

Мусковит особенно широко распространен в метаморфических породах – гнейсах, слюдястых сланцах, филлитах. Важную роль играет в гранитах, пегматитах, грейзенах. От биотита отличается отсутствием плеохроизма.

### **Лепидолит** $(\text{H,F})\text{Na}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$ .

Моноклинный. Показатель преломления 1,537 – 1, 566. Двупреломление 0,027-0,031. Оптически отрицательный. Угасание от 0 до 6°. Удлинение положительное. Двупреломление 0,027-0,031. Обычно образует листочки неправильной формы. Спайность как у мусковита. Бесцветный, персиково-розовый, зеленоватый, в шлифе бесцветный. Интерференционная окраска яркая середины третьего порядка. Может образовывать полисинтетические двойники, двойники прорастания. Присутствует в гранитных пегматитах, высокотемпературных жилах. Характерен парагенез с турмалином, бериллом, топазом, кварцем, альбитом. От мусковита отличается углом угасания (обычно 6-7 градусов).

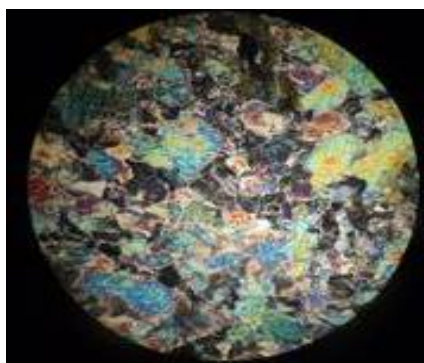


Рисунок 12 - Лепидолит в шлифе

### **Апатит** $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}(\text{F,Cl,OH})_2$

Гексагональный. Показатель преломления 1,654-1, 667. Двупреломление 0,001-0,005. Оптически отрицательный. Угасание прямое. Часто вытянут по вертикальной оси, образует столбчатые, игольчатые кристаллы или неправильной формы зерна. В кристаллических известняках и сланцах образует зернистые агрегаты. Встречаются и радиально-лучистые агрегаты. В шлифах можно увидеть и его микролиты. Столбчатые кристаллы поперечными трещинами делится на отдельные части, часто смещенные относительно друг – друга. В шлифе абсолютно бесцветный, прозрачный. Иногда в связи с обилием различных включений бурый. В излившихся породах мутный и плеохроичный.

Рельеф и шагреневая поверхность ясные. Угасание прямое. В породах обычно присутствует в совершенно свежем виде. От сходных везувиана, геленита, мелилита, турмалина отличается отсутствием окраски, значительным показателем преломления, слабым двупреломлением; от цоизита – несовершенной спайностью; от силлиманита и тремолита – оптическим характером удлинения и силой двупреломления; от зернистых полевых шпатов – резким рельефом; от нефелина – большим показателем преломления. В магматических и метаморфических породах. Может формировать самостоятельные месторождения (Кольский полуостров).

### **Группа серпентина $H_4(Mg,Fe)_3Si_2O_8$ ( 5)**

Моноклинный. Образует плотные волокнистые (х р и з о т и л) или листоватые (а н т и г о р и т) агрегаты. Хризотил образует параллельно-тонковолокнистые кристаллы вплоть до нитевидных, приуроченных к трещинам в серпентинитах, причем ориентированы агрегаты хризотила перпендикулярно к стенкам трещин, от которых волокна хризотила росли. Эта картина хорошо наблюдается и под микроскопом в прозрачных шлифах. При высокой трещиноватости породы с образованием сети трещин формируются месторождения хризотил-асбеста. Основная часть породы в этом случае сложена антигоритом. Серпентин с зернистой структурой называется с е р п о ф и т о м. Это микрозернистое скопление антигорита, обычно приуроченное к зонам тектонического скольжения блоков серпентинита. Формула у всех разновидностей серпентина одина.

### **Хризотил $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$**

Ромбический. Угасание прямое, Показатель преломления 1,493-1,557, двупреломление 0,007. Оптически положительный. Удлинение положительное. В шлифе бесцветен. Интерференционная окраска не выше светложелтой первого порядка. Сходен с тремолитом, антофиллитом, крокидолитом, у которых показатель преломления выше, а у тремолита еще и косое угасание.



### **Антигорит $Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8$**

Ромбический. Показатель преломления 1,562-1,573. Двупреломление 0,007. Оптически отрицательный. Угасание прямое., удлинение положительное. Образует бесформенные зерна или листоватые и листовато-волокнистые агрегаты. В шлифе бесцветный, иногда слабо зеленоватый и тогда слегка плеохроирует. Образуется за счет пироксенов - энстатита, гиперстена, авгита; за счет оливина. Сопровождается хризотилом, серпофитом, тальком, магнетитом, хромитом, пикотитом, от сходных хлоритов отличается полным отсутствием аномальных интерференционных окрасок.

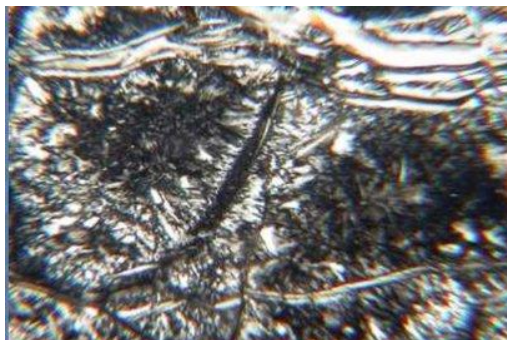


Рисунок 12- Антигорит в шлифе породы

### **Тальк $(OH)_2Mg_3(Si_2O_5)_2$**

Моноклинный. Показатель преломления 1,575-1,590. Двупреломление 0,030. Оптически отрицательный. Угасание прямое. Образует листочки, чешуйки. В шлифе бесцветный.

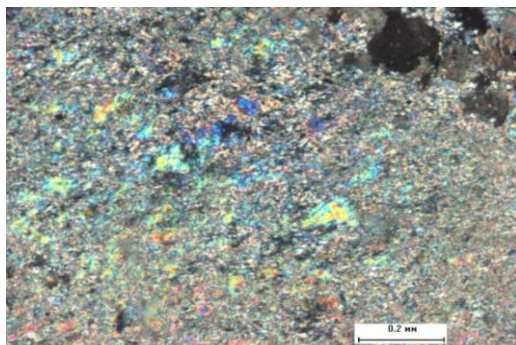


Рисунок 13- Тальк в шлифе

Присутствует в тальковых сланцах, талько-хлоритовых сланцах, в перидотитах и серпентинитах, как вторичный минерал в ассоциации с пироксенами, серпентинами, хлоритом, тремолитом, доломитом, магнезитом.

### **Цеолиты**

Это целая группа минералов, тесно связанных между собой химическим составом. Все они являются водными алюмосиликатами натрия, калия, кальция, бария, реже стронция. Кристаллизуются в различных сингониях, являясь продуктами разрушения полевых шпатов, лейцита, нефелина, сидерита. Цеолиты выполняют пустоты в изверженных породах – базальтах и габбро, в вулканитах могут выполнять пустоты миндалевидной формы и тогда текстура называется миндалекаменной. В контактовых зонах цеолиты имеют гидротермальное происхождение. Встречаются вместе с кальцитом, пренитом, датолитом. Образует пластинчатые и радиально-лучистые агрегаты. Показатели преломления у всех минералов группы цеолитов очень низкие, ниже показателя преломления канадского бальзама. Это: 1,480-1,490. В группу входят: анальцит, шабазит, натролит, томсонит, стильбит, филлипсит и др. В шлифе цеолиты бесцветны, двупреломление близко к двупреломлению кварца.

## **1.2 Минералы в шлифе преимущественно окрашенные**

### **Группа амфиболов**

Минералы этой группы состоят из большого количества магнезиально-железистых минералов, образующих друг с другом твердые растворы. Форма кристаллов близка к гексагональной с углом между плоскостями спайности  $124^{\circ}$ . В моноклинных амфиболах угасание от  $0^{\circ}$  до  $25^{\circ}$ . Двупреломление 0,025. Типичные цвета амфиболов в шлифе: зеленый, желтый, бурый. Иногда бесцветные. В щелочных роговых обманках часты синие и фиолетовые цвета. Плеохроизм резко выражен. Амфиболы подвержены выветриванию с образованием вторичных хлорита, волокнистой роговой обманки (уралит), биотита, антигорита, талька. По характеру кристаллизации амфиболы делятся



на три группы: ромбические, моноклинные и триклинные. Главная роль принадлежит моноклинным амфиболам.

**Роговая обманка обыкновенная**  $(\text{OH})_2\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22})$

Моноклинная. Показатель преломления 1,618-1,701. Двупреломление 0,019-0,026. Оптически отрицательная. Угасание  $0^\circ - 25^\circ$ . Спайность под углом  $124^\circ$  выражена очень хорошо. Образует кристаллы, сильно вытянутые в длину, или бесформенные зерна. Волокнистая разность называется уралитовой роговой обманкой. В шлифе окрашена в зеленые и коричневые цвета различной интенсивности. Плеохроизм синеватый или буро-зеленый, желтовато-зеленый, светло-желтый. Первичная в магматических породах среднего и кислого состава, в различных метаморфических породах – гнейсах, кристаллических сланцах. Бесцветная в шлифе роговая обманка называется э д е н и т о м. Он характерен для кристаллических известняков, доломитов, контактовых пород в парагенезе с биотитом, гранатом, шпинелью.

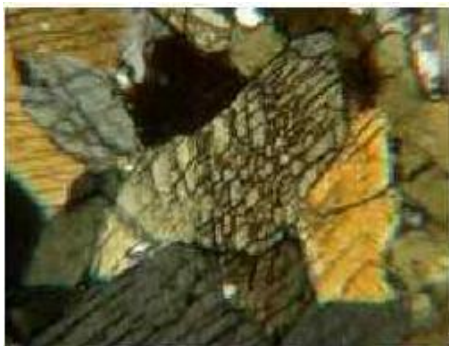


Рисунок 14- Роговая обманка в шлифе

**Тремолит и актинолит**  $(\text{OH})_2\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$ .

Моноклинные. Показатель преломления 1,613-1,655. Двупреломление 0,022. Оптически отрицательные. Угасание  $10^\circ - 20^\circ$ . Удлинение положительное. В шлифе тремолит бесцветный, либо зеленый, образует удлиненные кристаллы, длинностолбчатые, волокнистые, радиально-лучистые агрегаты. Актинолит окрашен в шлифе в светло- и темнозеленые цвета, либо буровато-

зеленые. Спайность под углом  $124^{\circ}$ . Интерференционная окраска различная первого и второго порядка. Плеохроизм ясный в окрашенных разностях. Образуются часто при переходе оливина в серпентин в серпентинитах.

**Т р е м о л и т** встречается в кристаллических известняках, кристаллических сланцах, серпентинитах, пироксенитах. В эпизоне переходит в тальк.

**А к т и н о л и т** характерен для кристаллических сланцев мезозоны и эпизоны вместе с пироксенами, хлоритом, эпидотом, кальцитом, доломитом. Может присутствовать в лиственитах вместе с кальцитом, кварцем и альбитом, в диабазе, туфах, габбро. Всегда вторичный, эпимагматичный. От андалузита отличается косым угасанием. От эпидота отличается более низкой интерференционной окраской, отсутствием синих цветов интерференции, от турмалина – положительным удлинением, спайностью и косым угасанием.

**Н е ф р и т** - это микрокристаллический спутанно-волокнистый актинолит. Очень вязкий.

**С м а р а г д и т** - это изумрудно-зеленый актинолит, тонкопризматический. В габбро, в эклогитах.

### **Рибекит** $(\text{OH})_2\text{NaFe}_2\text{Fe}_3(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$

Моноклинный. Показатели преломления 1,693-1,697. Двупреломление 0,003. Оптически отрицательный. Угасание  $5^{\circ}$ . В шлифе окраска крайне разнообразна: желто-зеленая, синеватая, синяя с фиолетовым оттенком, индигово-синяя. Рельеф, и шагреневая поверхность резко выражены. Интерференционная окраска сходна с окраской самого минерала. Рибекит почти всегда связан с щелочными магматическими и метаморфическими породами: гранитами, сиенитами, эссекситами, щелочными липаритами, рибекитовыми порфирами, трахитами, рибекитовыми гнейсами, с контактово-метаморфическими породами. Разновидность рибекита **к р а к и д о л и т**.

**Глаукофан.**  $(\text{OH})_2\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_3(\text{Al,Fe})_2\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$

Показатель преломления 1,638-1,668. Двупреломление 0,013. Оптически отрицательный. Угасание  $4^0$ - $6^0$ . Удлинение положительное. Образует призматические кристаллы, столбчатые агрегаты. В шлифе цвет синий до фиолетового. Резко выражен плеохроизм. Глаукофан может преобразовываться в смесь хлорита с альбитом с примесью гематита и эпидота, или же в зеленую роговую обманку. Сам же он получается как продукт преобразования пироксенов и других амфиболов. Характерен только для метаморфических пород – амфиболитов, филлитовых гнейсов, эклогитов, кристаллических известняков, серпентинитов. Парагенезис: омфацит, титанит, лаусонит, гранат, актинолит, эпидот, клиноцоизит, мусковит. Часто образуется в контактах с изверженными породами в результате привноса из магмы щелочей (оболочки глаукофана вокруг зерен уралитовой роговой обманки).

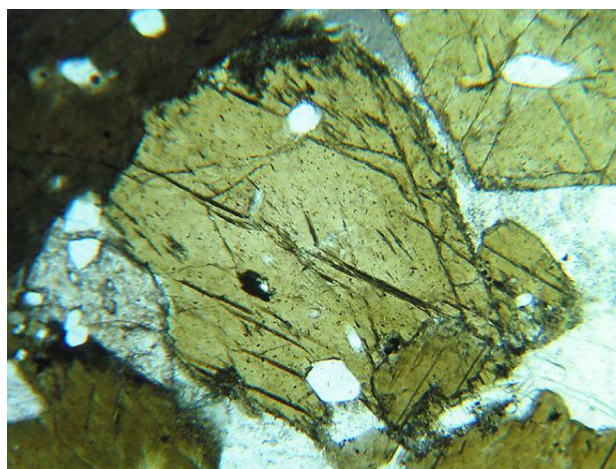


Рисунок 14- Глаукофан в шлифе

**Группа пироксенов**

Выделяются ромбические и моноклинные пироксены. Ромбические (энстатит, гиперстен) и моноклинные ( клиноэнстатит, клиногиперстен, диопсид, геденбергит, пижонит, авгит, эгирин, эгирин-авгит, жадеит). У всех пироксенов спайность по призме под углом  $87^0$ . Наиболее распространен темноокрашенный а в г и т. Но авгит может быть и светло- окрашенным. Это

т.н. п и ж о н и т. Минералы группы пироксенов связаны друг с другом постепенными переходами. В шлифе пироксены либо бесцветны, либо светлоокрашены. Плеохроизм слабый с изменением цвета, а не густоты одного цвета. Резкий плеохроизм наблюдается у эгирина и других щелочных пироксенов, окрашенных в зеленый или желтый цвет. Может быть и фиолетово-коричневая окраска в случае, если минерал обогащен двуокисью титана. При разрушении переходит в амфибол и далее в хлорит.

### **Энстатит (включая бронзит) – $(Mg, Fe)SiO_3$**

Ромбический. Показатель преломления 1,653-1,674. Двупреломление 0,005-0,009. Угасание прямое. Удлинение положительное. Образует короткопризматические кристаллы, но чаще неправильные зерна. Спайность под углом  $88^\circ$  между трещинами спайности двух направлений. В шлифе бесцветный. Интерференционная окраска белая первого порядка. При разрушении переходит в серпентин (бастит). Характерный минерал ультраосновных пород и некоторых серпентинитов, реже встречается в излившихся породах среднего и кислого состава. встречен в метеоритах.

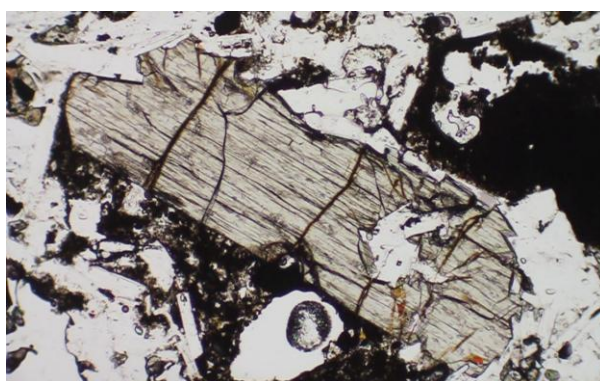


Рисунок 15- Шлиф энстатита без введённого анализатора

### **Клиноэнстатит ( $Mg, Fe$ ) $SiO_3$ .**

Показатель преломления 1,654-1,660. Двупреломление 0,009. Угасание  $22^\circ$  . Оптически положительный. Бесцветный или слабо желтоватый в шлифе.

### **Гиперстен.**

Формула та же. Показатель преломления 1, 678-1,731. Двупреломление 0,010-0,016. Угасание прямое. Удлинение положительное. Спайность под углом  $88^{\circ}$ . Интерференционная окраска желтая до оранжевой первого порядка. Входит в состав норитов, чарнокитов.

### **Клиногиперстен. $(Mg,Fe)SiO_3$**

Моноклинный. Показатель преломления 1,713-1,730, двупреломление 0,017. Оптически положительный. Угасание  $46^{\circ}$ . Найден в метеоритах. Присутствует в чарнокитовых гранитах, диоритах.

### **Диопсид $Ca,MgSi_2O_6$ , Геденбергит $Ca,FeSi_2O_6$ .**

Показатели преломления : у диопсида 1,657-1, 727. Двупреломление 0,031, угасание  $37^{\circ}$ - $44^{\circ}$ . У геденбергита показатель преломления 1, 737-1,751. Двупреломление 0,018. Угасание  $46^{\circ}$ - $48^{\circ}$ . Чистые миналы этих минералов образуют непрерывный ряд твердых растворов. Д и о п с и д образует бесцветные или зеленые различных оттенков короткопризматические кристаллы или зерна неправильной формы. Спайность совершенная под углом  $87^{\circ}$ . Иногда образует полисинтетические двойники. В шлифе бесцветный или светлозеленый. Плеохроизм слабый. Рельеф и шагреньевая поверхность выражены резко. Интерференционная окраска желтая второго порядка. Угасание прямое.

Г е д е н б е р г и т отличается более интенсивной зеленой окраской при слабом плеохроизме, более высокими показателями преломления, более слабым двупреломлением, Интерференционная окраска в пределах цветов первого порядка. При разрушении диопсид преобразуется в тремолит или актинолит. Оба минерала характерны для областей контактового метаморфизма. Парагенез – гранат, волластонит, везувиан. Встречается в гнейсах, кристаллических сланцах, пироксеновых и пироксен-амфиболовых породах.

**Пижонит**  $mCaMg(SiO_3)_2 n(Mg,Fe)SiO_3$ .

Моноклинный. Показатель преломления 1,698-1,744. Двупреломление 0,021-0,033. Оптически положительный. Угасание  $22^{\circ}$ - $45^{\circ}$ . Удлинение положительное. Спайность под углом  $87^{\circ}$ . Бесцветный, иногда слабо плеохроичный. Интерференционная окраска – низкие и высокие цвета второго порядка.

**Авгит**  $mCa(Mg,Fe)(SiO_3)_2 n(Al,Fe)_2O_3$ .

Моноклинный. Показатель преломления 1,707-1,737. Двупреломление 0,025. Угасание  $45^{\circ}$ - $54^{\circ}$ . Образует короткостолбчатые кристаллы с четырехугольными или восьмиугольными поперечными сечениями. Но часто в породах присутствует в виде неправильных зерен. Спайность совершенная с углом между линиями спайности  $87^{\circ}$ . В шлифе авгит слабо буроватый, коричневый иногда с фиолетовым оттенком, иногда зеленоватый. Плеохроизм слабый, Рельеф и шагреневая поверхность выражены резко. Интерференционная окраска второго порядка. Угасание в продольных сечениях прямое. Разновидности - д и а л л а г , о м ф а ц и т , т и т а н а в г и т . У последнего угасание  $40$ - $50^{\circ}$ , он встречается вместе с нефелином. В процессе преобразований авгита получается хлорит, серпентин, волокнистый зеленый амфибол (у р а л и т).

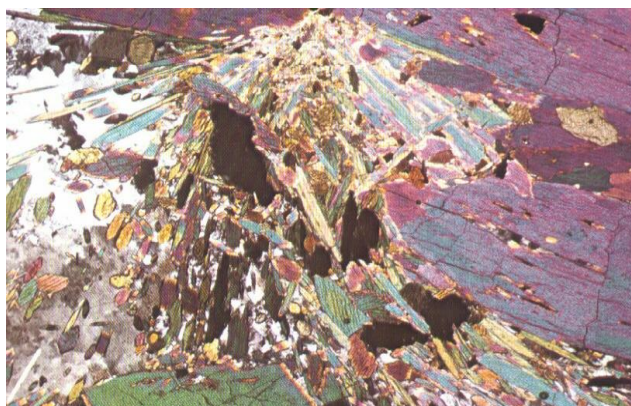


Рисунок 16 -Эгирин и авгит в шлифе



### **Эгирин** $\text{Na,FeSi}_2\text{O}_7$

Моноклинный. Показатель преломления 1,770-1,836. Двупреломление 0,037. Оптически отрицательный. Угасание  $2^{\circ}$ - $8^{\circ}$ . Спайность под углом  $87^{\circ}$ . В шлифе яркозеленый. Плеохроизм очень резкий от травяно-зеленого до синезеленого. Очень высокие рельеф и интерференционная окраска. Встречается в щелочных магматических породах.



Рисунок 17 -Эгирин в шлифе

### **Жадит** $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ .( 5)

Моноклинный. Показатель преломления 1,655-1,667. Двупреломление 0,012. Угасание  $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$ . Удлинение положительное. Образует тонкошестоватые агрегаты, спутанноволокнистые до плотных. Спайность под углом  $87^{\circ}$ . В шлифе бесцветный. При разрушении переходит в тремолит, иногда уралитизируется с одновременным образованием олигоклаз-альбита. Встречается исключительно в метаморфических породах в составе эклогитов, серпентинитов, роговообманковых сланцев, метаморфических известняков. От спутано-волокнистого актинолита - нефрита - отличается большим показателем преломления, большим углом угасания.

## Рутил $TiO_2$ .

Тетрагональный. Показатель преломления 1,616-1,903. Двупреломление 0,287. Оптически положительный. Угасание прямое. Образует игольчатые, длиннопризматические, иногда волосовидные кристаллы. Характерны коленчатые, сердцевидные двойники, скелетно-сетчатые формы (с а т е - нит). Образует полисинтетические двойники. Спайность ясная. В шлифе обычно окрашен в коричневый, желтоватый, реже в фиолетовый цвет. Интерференционная окраска белая высшего порядка. Плеохроизм ясный, но не резкий. Как первичный встречается в гранитах, андезитах, в метаморфических породах – гнейсах, слюдяных сланцах, амфиболитах, филлитах, глинистых и известковистых породах. Как вторичный продукт образует иглы в биотите, ассоциирует с кварцем, кальцитом, топазом. Сходен с касситеритом и цирконом.

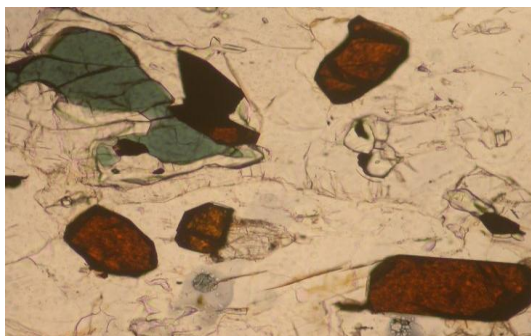


Рисунок 18- Шлиф рутила без введёного анализатора

## Группа хлорита

Хлориты представляют собой твердый раствор двух минералов – серпентина  $H_4(Mg,Fe)_3Si_2O_9$  и амезита  $H_4(Mg,Fe)_3Al_2SiO_9$ . Моноклинные, как и слюды, но отличаются от них меньшим показателем преломления и меньшим двупреломлением. Угасание прямое кроме клинохлора. Цвет хлоритов зеленый, часто плеохроичный. Спайность весьма совершенная. Подразделяются хлориты на две группы: о р т о х л о р и т ы (клинохлор, пеннин, делессит, кочубеит, прохлорит) и л е п т о х л о р и т ы (шамозит, турингит).



## **Клинохлор**

Оптически положительный Показатель преломления 1,571-1,597. Двупреломление 0,004-0,011. Образует различного размера чешуйки. Под микроскопом зеленый, плеохроичный. Входит в состав слюдястых сланцев, в парагенезисе с тальком, антигоритом, флогопитом. Является продуктом разложения биотита, амфиболов, пироксенов. От других хлоритов отличается косым угасанием, от пеннина еще и большим двупреломлением.

## **Биотит** $(\text{HF})_4\text{K}_2(\text{Mg,Fe})_6\text{F}_2\text{Si}_6\text{O}_{24}$

Моноклинный. Показатель преломления 1,574-1,638. Оптически отрицательный, Угасание  $0^0-3^0$  Двупреломление 0,033-0,066. Богатый железом биотит называется л е п и д о м е л а н о м. Спайность биотита весьма совершенная. Угасание прямое. Плеохроизм от светложелтого до темнокоричневого, почти черного. Интерференционная окраска очень высокая второго или третьего порядков. Биотит охотно срастается с амфиболами, пироксенами, мусковитом, хлоритом. При потере части калия и железа увеличивается содержание водорода и тогда биотит переходит в зеленый хлорит. При гидратации биотита он переходит в в е р м и к у л и т.



Рисунок 19- Биотит в шлифе

## **Волластонит** $\text{CaSiO}_3$

Моноклинный. Показатель преломления 1,629-1,535. Двупреломление 0,014. Оптически отрицательный. Угасание в продольных срезах прямое, в

косых  $-32^{\circ}$ . Образует столбчатые, таблитчатые, волокнистые агрегаты. Спайность совершенная под углом  $84^{\circ}$ . В шлифе бесцветный. Встречается в метаморфизованных известняках, слюдистых сланцах, в авгитовых гнейсах, в нефелиновых сиенитах часто совместно с гранатом, диопсидом, эпидотом, кальцитом.

### **Андалузит $Al_2SiO_5$**

Ромбический. Показатель преломления 1,633-1,647. Двупреломление 0,007. Угасание прямое. Удлинение отрицательное. Кристаллы в поперечных сечениях почти квадратные. В шлифе светлорозовый или бесцветный окрашенный слабо плеохроирует. Резко выражены рельеф и шагреневая поверхность. Часто присутствует углистое вещество. Иногда переходит в силлиманит, иногда в кианит. Встречается особенно часто в контактах глинистых сланцев и гранитов, в гнейсах, слюдяных сланцах вместе с силлиманитом и кианитом, с кордиеритом, гранатом, во вторичных кварцитах с корундом, кварцем и серицитом. Переполненный углистым веществом андалузит называется х и а с т о л и т о м. Углистые частички сосредоточены во внутренних частях кристаллов, образуя своеобразный черный крест.

### **Силлиманит $Al_2SiO_5$**

Ромбический. Показатель преломления 1,657-1,684. Двупреломление 0,020-0,023. Оптически положительный. Угасание прямое. Обычно волокнистые агрегаты. Встречается в кристаллических сланцах с кордиеритом, гранатом, шпинелью, отличается от тремолита прямым угасанием.

### **Оливин (хризолит) $(Mg,Fe)_2SiO_4$**

Ромбический. Показатель преломления 1,689-1,718. Двупреломление 0,037. Угасание прямое. В шлифе бесцветный или красноватый при большом содержании железа, часты трещины неправильных очертаний. Резко выражена шагреневая поверхность. Интерференционная окраска очень чистая второго

порядка – желто-красно-синяя. Для оливина характерно превращение его в серпентин. Процесс серпентинизации идет от периферии зерна к его внутренним частям по трещинам. В трещинках отлагается параллельно волокнистый хризотил. Волоконца стоят перпендикулярно стенкам трещинок. В результате роста объема минералов в трещинках образуются новые трещинки, которые тоже заполняются хризотилом. В результате создается сетчатая или петельчатая структура, в петлях которой остаются участки, сложенные оливином. На конечном этапе все зерно оливина замещается волокнистым агрегатом хризотила. При этом процессе выделяется железо в виде мелких зернышек магнетита. В других случаях помимо хризотила при серпентинизации выделяется антигорит в виде листочков и тогда структура становится решетчатой.

В некоторых случаях вместо серпентина в оливине образуется тальк или иддингсит -  $\text{H}_8\text{Mg,FeSi}_3\text{O}_{14}$ . Это листоватый слюдястый минерал ржаво-бурого или зеленоватого цвета, ярко полярирующий и плеохроичный. Показатель преломления этого минерала 1,655-1,864. Угасание прямое. Двупреломление 0,035. От моноклинных пироксенов иддингсит отличается более высокой интерференционной окраской, прямым угасанием. Оливин принимает активное участие в сложении ультраосновных пород, встречается и в средних – в габбро, диабазах, базальтах. Парагенез с пироксенами, амфиболами, биотитом. Ближайшими сородичами оливина являются фортит и файалит, разницу между которыми можно выявить лишь специальными оптическими методами. У файалита значительно более высокий показатель преломления – 1,804-1,864. Угасание прямое.

### **Шпинель** $(\text{MgFe})\text{O} \cdot (\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$ .

В шлифе образует неправильные зерна. В шлифе либо бесцветна, либо зеленая (плеонаст). Показатель преломления 1,785. Резко выражена шагреневая поверхность. Разновидности шпинели: герцинит (темнозеленый) и пико

т и т ( Зеленовато-бурый). Герцинит содержит  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  , пикотит –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Пикотит принимает участие в сложении перидотитов, дунитов, серпентинитов.

### **Группа эпидота**

В состав этой группы входят: ромбический ц о и з и т и моноклинные – к л и н о ц о и з и т , э п и д о т , п ь е м о н т и т , о р т и т .

#### **Цоизит $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$ .**

Показатель преломления 1,696-1,718. Двупреломление 0,005-0,009. Оптически положительный. Угасание прямое. Спайность совершенная. В горных породах чаще всего образует зерна неправильной формы. Резко выражены шагрeneвая поверхность и рельеф. Интерференционная окраска серая, ржаво-коричневая или индигово-синяя высоких порядков. Разновидность цоизита, обогащенная марганцем (т у л и т) имеет ярко выраженный плеохроизм в желтоватом, розово-красном, светло-розовом цветах. Цоизит характерен для метаморфических пород – гнейсов, амфиболитов, эклогитов. Образуется при разрушении плагиоклазов. От клиноцоизита отличается прямым угасанием.

#### **Клиноцоизит и эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$**

Моноклинные. Показатели преломления: у клиноцоизита 1,750, у эпидота 1,753-1,776. Двупреломление 0,005-0,050 Угасание у клиноцоизита  $12^\circ$ , у эпидота  $4^\circ$ - $5^\circ$ . Клиноцоизит оптически положительный, эпидот оптически отрицательный. Оптические свойства этих минералов зависят от содержания в них железа. Клиноцоизит образует часто тонкозернистые агрегаты серовато-зеленого цвета, но иногда шестоватые агрегаты того же цвета или светлозеленого иногда красноватого. Эпидот окрашен в характерный фиштакково-зеленый цвет. В шлифе клиноцоизит бесцветен, эпидот окрашен в светложелтый, иногда оранжевый цвета. Спайность проявляется в виде тонких трещинок параллельно удлинению зерен эпидота. Плеохроизм у эпидота

лимонно- желтый, желтый. Шагреновая поверхность и рельеф очень резкие. Интерференционная окраска у клиноцоизита низкая – серая или серовато-белая, часто аномальная и тогда индигово-синяя. Для эпидота характерна пятнистая, крайне неравномерная интерференционная окраска высших порядков. Оба минерала являются вторичными в результате разрушения плагиоклазов, пироксенов и амфиболов. Входят в состав метаморфических пород – гнейсов, амфиболитов и других.

### **Кианит (дистен). $Al_2 SiO_5$**

Триклинный. Показатель преломления 1,712-1,728. Двупреломление 0,012-0,016. Угасание косое до  $30^{\circ}$ . Образует широкотаблитчатые кристаллы с косыми четырех- и шестиугольных срезами, радиально-лучистые и сноповидные агрегаты. Спайность совершенная в виде тонких трещинок. Никогда не встречается в магматических породах, только в метаморфических породах совместно с кварцем, мусковитом, гранатом, ставролитом, рутилом, корундом: в гнейсах, гранулитах, слюдяных сланцах, кианитовых сланцах. От силлиманита и андалузита отличается косым угасанием, цветом и плеохроизмом.

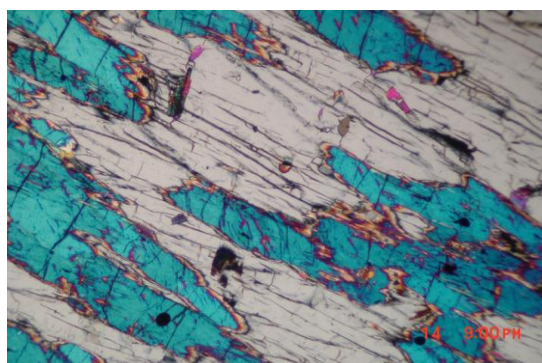


Рисунок 20 -Кианит в шлифе

### **Ставролит $Fe(OH)_2(Al_2Si_5)_2$**

Ромбический. Показатель преломления 1,741-1,763. Двупреломление 0,010-0,015. Оптически положительный. Угасание прямое. Часто образует

призматические кристаллы, шестиугольные в поперечном срезе, неправильной формы зерна. Часты двойники прораствания: кристаллы пересекаются друг с другом либо под прямым углом, либо под углом  $60^{\circ}$ . Часто ставролит содержит в себе включения кварца. Резко выражена шагреневая поверхность. Плеохроизм четкий от светложелтого до красновато-бурого. Интерференционная окраска белая и желтоватая, поэтому она не отличается от собственной окраски минерала. Встречается в слюдистых сланцах, гнейсах. Парагенез с гранатом, кианитом, силлиманитом.

### **Сфен (титанит) $\text{CaTiSiO}_5$**

Моноклинный. Показатель преломления 1,894- 2,054. Двуреломление 0,08-0,135. Угасание  $47^{\circ}$ - $57^{\circ}$ . Сфен образует часто правильные кристаллы, или зерна неправильной формы. Угол между трещинками спайности  $134^{\circ}$ . В шлифе коричневый, красновато-коричневый, зеленоватый, редко бесцветный. Плеохроизм от светложелтого до красновато-бурого. Очень сильная шагреневая поверхность и рельеф. Интерференционная окраска высокая – белая высшего порядка. Как второстепенный минерал присутствует в гранитах, сиенитах, в метаморфических породах – гнейсах, амфиболитах.

### **Группа граната.**

Все гранаты кубические. В группу граната входят шесть минералов: пироп  $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , альмандин  $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , спессартит  $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , гроссуляр  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , андрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$ , уваровит  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ . Кристаллы или зерна неправильной формы. Макроскопически альмандин красный или желто-красный, пироп кроваво-красный до черного, гроссуляр желтоватый, зеленоватый, андрадит буроватый, уваровит изумрудно-зеленый. Показатели преломления 1,705 – 1,820. Характерны резкая шагреневая поверхность и рельеф. Андрадит, содержащий двуокись титана, называется меланитом. Этот минерал часто зонален. Гранаты в горных породах при разрушении переходят в хлорит, биотит, амфибол, серпентин, эпидот, альбит.

Альмандин обычно встречается в гранитах, андезитах, в гнейсах, гранулитах, гранатовых амфиболитах, кристаллических сланцах. Гранаты часто переполнены включениями рутила, кварца. Пироп встречается в перидотитах, серпентинитах, иногда окружен радиально лучистой оболочкой зеленого цвета, состоящей из роговой обманки и полевого шпата. Гроссуляр – преимущественно в метаморфизованных известняках, спессартит – в гранитах, с топазом в пустотах риолита, в кварцитах.

Обыкновенный гранат – смесь альмандина, гроссуляра и меланита обычен в кристаллических сланцах, амфиболитах, эклогитах, пироксенитах. Чаще всего эта разновидность имеет в шлифе округлые очертания зерен.



## Список использованных источников

1. Панкратьев, П. В. Основы петрографии, петрологии магматических и метаморфических пород [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по специальности 21.05.02 Прикладная геология / П. В. Панкратьев, Н. В. Черных, А. П. Швырев; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2020. - ISBN 978-5-7410-2452-2. - 98 с- Загл. с тит. экрана.

[Электронный источник](#)

2. Дубинин В.С. Породообразующие минералы под микроскопом: методические указания к лабораторному практикуму по курсу: «Петрография магматических и метаморфических пород. Петрология» / В.С.Дубинин, Н.В. Черных. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011 – 106 с. Издание на др. носителе [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/3\\_20110609.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/3_20110609.pdf)

3. Панкратьев, П. В. Лабораторные работы по дисциплине "Петрография" [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся по образовательной программе высшего образования по специальности 21.05.02 Прикладная геология / П. В. Панкратьев, Н. В. Черных, А. П. Швырев; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. геологии. - Ч. 1. - Оренбург: ОГУ. - 2019. - 38 с- Загл. с тит. экрана.

[Электронный источник](#)

4. Шур, М.Ю. Петрография: Руководство к практическим занятиям: Учебное пособие/- М.Ю.Шур.-М.: Изд-во МГУ, 2005.-99

с.<http://wiki.web.ru/images/5/5d/ShurMYu.pdf>