

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Л.Г. Ананьева

МИНЕРАЛОГИЯ

КЛАСС СИЛИКАТОВ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 549(075.8)

ББК 26.31я73

А64

Ананьева Л.Г.

А64

Минералогия. Класс силикатов: учебное пособие / Л.Г. Ананьева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 77 с.

В пособии даны методические указания по определению минералов. В приложении приводятся диагностические таблицы минералов с их физическими свойствами, условиями образования и применением.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 020804 «Геоэкология» дневной и заочной форм обучения. Может быть использовано при изучении минералогии студентами других геологических специальностей.

УДК 549(075.8)

ББК 26.31я73

Рецензенты

Доктор геолого-минералогических наук, профессор ТГУ

А.И. Чернышов

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент ТГУ

С.И. Коноваленко

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент ТПУ

А.К. Полиенко

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Ананьева Л.Г., 2011

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2011

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии в краткой и доступной форме изложены современные представления о классификации силикатов и их аналогах, которые основаны на структурно-химическом принципе. Описание подклассов силикатов дается по общей схеме: общая характеристика минералов, кристаллоструктурные особенности, характерный внешний вид, а также некоторые физические свойства, характерные для данного подкласса минералов. Каждый минерал характеризуется формулой химического состава и примесных компонентов, видовыми разновидностями и основными диагностическими свойствами, характерными для конкретного минерала. Учебное пособие снабжено иллюстрирующими рисунками, наглядно поясняющими содержание излагаемого материала, которые были заимствованы из классических учебников: А.Г. Бетехтина «Курс минералогии», А.Г. Булаха и др. «Общая минералогия» и Л. Берри и др. «Минералогия» [1–3, 5]. В учебном пособии используется практический опыт преподавания курса минералогии в Томском политехническом университете и автор с большой благодарностью вспоминает своих учителей Т.И. Полуэктову, А.И. Баженова, А.Г. Бакирова.

В учебном пособии размещены диагностические таблицы, позволяющие на основании определяемых простейших физических свойств, морфологии, генетической принадлежности к тем или иным породам, осуществить диагностику минералов.

Рекомендуется для студентов дневной и заочной формы обучения, по специальности 020804 «Геоэкология». Может быть использовано при изучении минералогии студентами других геологических специальностей.

КЛАСС СИЛИКАТЫ И ИХ АНАЛОГИ

Класс силикатов является самым многочисленным и распространенным среди минерального многообразия, на их долю приходится примерно одна треть числа известных в природе минеральных вида. По данным А.Е. Ферсмана на долю силикатов приходится 75 об. % земной коры, 40–45 % от всего объема литосферы составляют наиболее распространенные породообразующие минералы – полевые шпаты, далее по распространенности следуют такие минералы как слюды, пироксены, амфиболы и гранаты. Силикаты представляют собой породообразующие минералы магматических, метаморфических горных пород. В осадочных горных породах силикаты являются реликтовыми или вновь образованными минералами. Многие минералы этого класса встречаются как спутники многих рудных минералов. Среди силикатов встречаются нерудные полезные ископаемые (керамическое и огнеупорное сырье, строительные материалы и др.), а также драгоценные и поделочные камни. Некоторые силикаты представляют собой рудные полезные ископаемые.

В качестве главных химических элементов, в классе силикатов, выступают Si, Al, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Be, Zr, Ti, O, F, B, H. Другие химические элементы присутствуют в силикатах в малых количествах. В химическом отношении силикаты представляют собой соли известных и гипотетических кремниевых и алюмокремниевых кислот: $H_4[SiO_4]$ и $H_4[AlO_4]$.

Во всех силикатах основной структурной единицей является кремнекислородный тетраэдр $[SiO_4]^{4-}$, анионный комплекс, где атом кремния находится в окружении четырех атомов кислорода, например, $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ – оливин. Связи между кремнием и кислородом настолько сильны, что при любой конфигурации структуры четыре атома кислорода всегда располагаются в вершинах тетраэдра, имеющего почти строго постоянные размеры и правильную форму (рис. 1). Алюминий, являющийся, после кремния, вторым по распространению элементом в земной коре может замещать кремний в $[SiO_4]^{4-}$ -группах и образовывать анионные группы $[AlO_4]^{5-}$, а также может быть катионом. В некоторых соединениях алюминий присутствует как в качестве катиона, так и в анионной группировке, замещая позиции кремния. Например, $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ – мусковит. Минералы, в которых присутствуют $[SiO_4]$ -группы, называются силикатами, минералы в которых присутствуют $[AlO_4]$ -группы, являются их аналогами и называются алюмосиликатами. Например, сподумен $LiAl[Si_2O_6]$ – силикат лития и алюминия, ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$ – алюмосиликат калия.

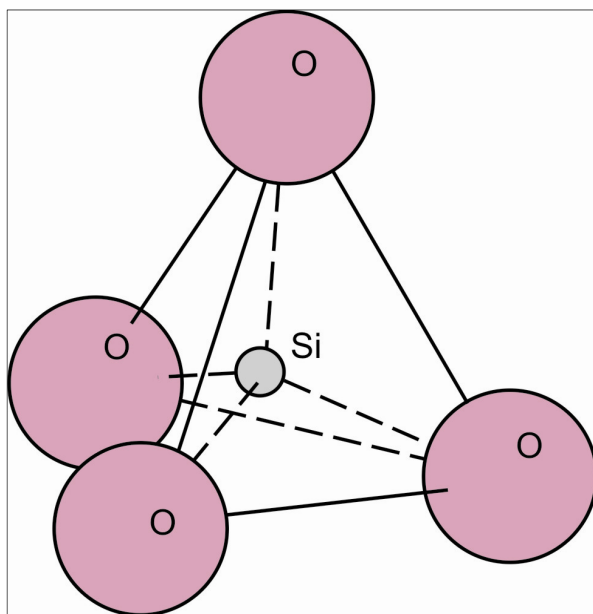


Рис. 1. Кремнекислородный тетраэдр: изображение тетраэдра с увеличенными расстояниями между ионами, показывающее расположение относительно крупных ионов кислорода по вершинам и маленького иона кремния в центре тетраэдра

Кроме того, в силикатах могут присутствовать дополнительные анионы – Cl^- , $(\text{CO}_3)^{2-}$, OH^- , F^{4-} и другие. Например, в серпентине присутствуют дополнительные анионы $(\text{OH})^- - \text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$.

Расстояние между ионами кремния и кислорода в тетраэдрах равно 1,6 Å, а между ионами кислорода 2,65 Å. Связь кремния и кислорода в силикатах в значительной мере является ковалентной. Размеры элементарных ячеек этих минералов зависят, главным образом, от числа кислородных ионов в ячейке и их расположения в пространстве. Степень симметрии кристаллов, морфология и физические свойства силикатов во многом определяются их структурными особенностями.

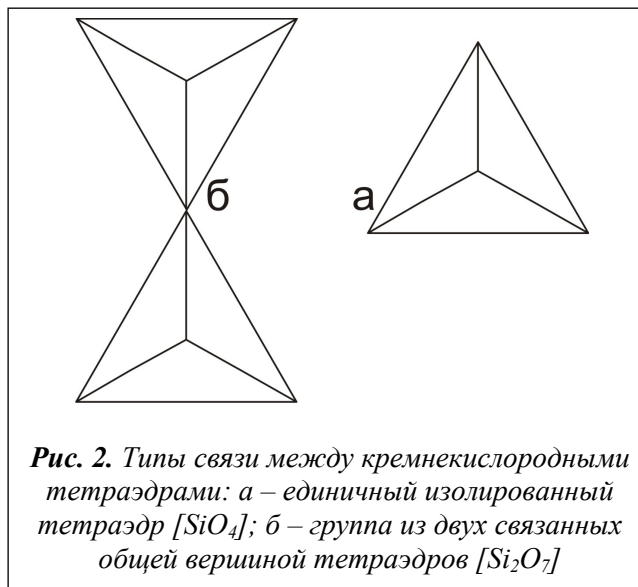
Многие силикаты имеют сложный и непостоянный состав за счет включения изоморфных примесей в минерал и образования изоморфных смесей. Например, оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ является изоморфной смесью форстерита $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ и фаялита $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$.

Классификация силикатов построена на кристаллохимическом принципе, в зависимости от типа сочленения кремнекислородных тетраэдров и образующихся при этом звеньев. Тетраэдры в силикатах либо существуют как самостоятельные структурные единицы, либо сочленяются вершинами тетраэдров через атомы кислорода. В связи с этим выделяются следующие подклассы силикатов, характеризующиеся своими особенностями строения и типовыми анионными группировками: островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, слоистые, каркасные.

ОСТРОВНЫЕ СИЛИКАТЫ

Островные силикаты – это многочисленный подкласс минералов. К числу наиболее распространенных в природе относятся оливин, гранаты, дистен, эпидот, циркон и другие.

В этом типе силикатов кремнекислородный тетраэдр существует как отдельная структурная единица $[\text{SiO}_4]^{4-}$, соединяясь между собой с помощью катионов других металлов. Общий отрицательный заряд такой группы равен четырем. Например, циркон – $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$, фаялит – $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$. Или два кремнекислородных тетраэдра сочленяются через один общий атом кислорода, образуя изолированные группы $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ (рис. 2). Общий отрицательный заряд этого комплекса равен шести. Например, гемиморфит – $\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$.



Группа оливина. В эту группу входят силикаты типа $\text{R}_2[\text{SiO}_4]$, где R – Mg, Fe, Mn, Ni, Co, Zn, Ca и Pb. Все они за исключением Ca и Pb изоморфно замещают друг друга в кристаллических структурах. Кальций и свинец, в следствии больших размеров их ионных радиусов, обуславливают образование двойных соединений. Ряд оливина является примером непрерывного твердого раствора двух компонентов:

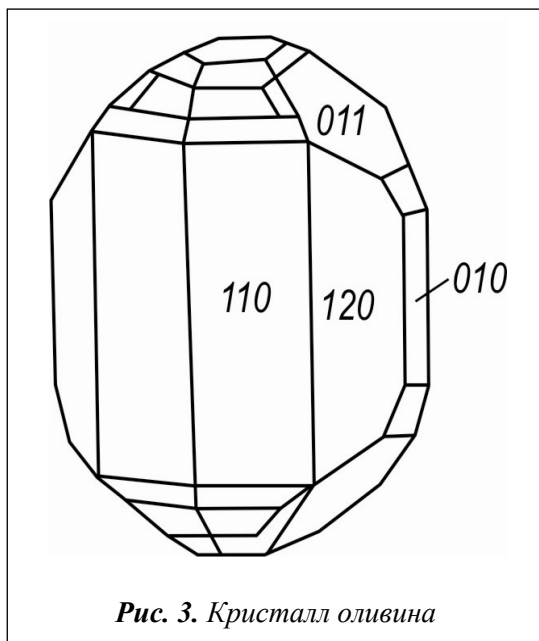


Рис. 3. Кристалл оливина

Mg_2SiO_4 и Fe_2SiO_4 . В качестве общепринятых употребляются три названия: «форстерит» для чистого или почти чистого Mg_2SiO_4 , «фаялит» для чистого или почти чистого Fe_2SiO_4 и «оливин» для распространенных промежуточных разновидностей. Форстерит и оливин несовместимы со свободным кремнеземом, потому что они реагируют с ним, образуя пироксен. Как следствие оливин и кварц не могут вместе кристаллизоваться в породах. Однако фаялит не реагирует с кремнеземом и поэтому может встречаться в некоторых гранитах и риолитах.

Оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$, по химизму представляет собой непрерывный ряд изоморфных смесей от форстерита $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ до фаялита $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$, часто присутствует марганец, образуя ряд до

тефроита $\text{Mn}_2[\text{SiO}_4]$ (рис. 3). Диагностика: узнается по бутылочно-зеленому цвету, стеклянному блеску, зернистым агрегатам, твердости, парагенезисом с энстатитом, бронзитом, основными плагиоклазами, хромшпинелидами, магнетитом. При гидротермальном изменении замещается серпентином. Разновидности: хризолит, перидот прозрачные ювелирные разновидности оливина.

Группа циркона. *Циркон* $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ (Th, Ce, Hf, Nb, Ta, Al) (рис. 4). Диагностика: узнается по форме кристаллов, цвету, высокой твердости, алмазному блеску, несовершенной спайности. Схож с рутилом, отличается большей твердостью, отсутствием штриховки на гранях призмы; касситеритом, отличается по удельному весу,

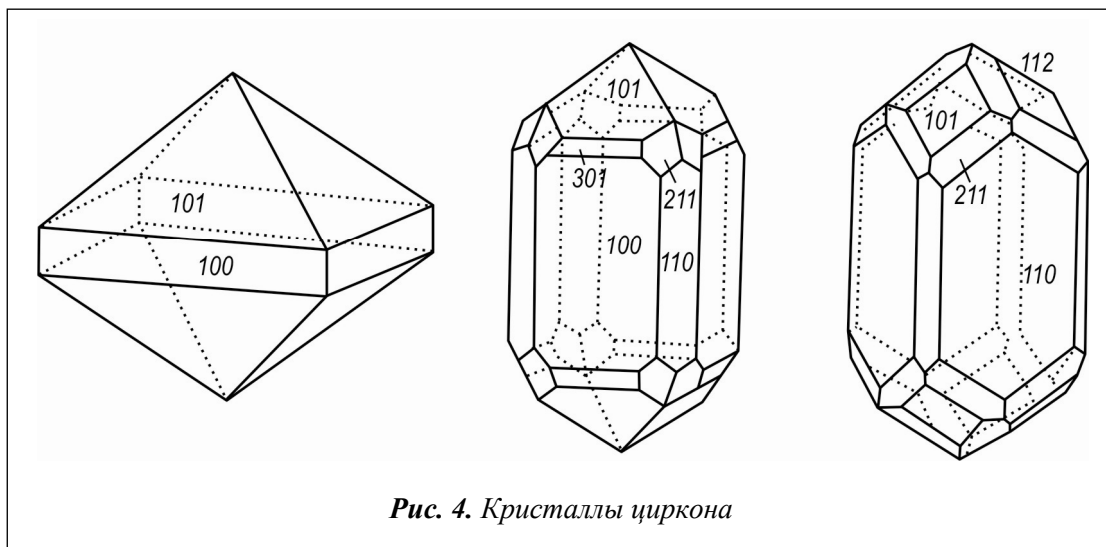


Рис. 4. Кристаллы циркона

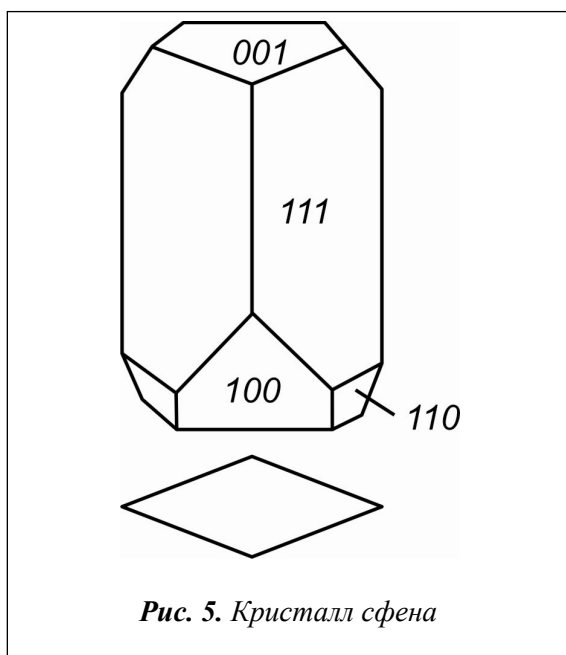
твердости, парагенезису; монацитом, отличается большей твердостью, несовершенной спайностью, обликом кристаллов. Разновидности: гиацинт, прозрачная желто-

красная или красно-коричневая драгоценная разновидность; малакон, циртолит, разновидности богатые радиоактивными элементами. Радиоактивные разновидности подвергаются метамиктному (под действием собственных радиоактивных элементов) распаду, при этом увеличиваются в объеме, разбиваются трещинками окружающие минералы, образуя ореолы ожелезнения.

Группа сфена. *Сфен* $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ (Nb, Ta, Fe), синоним титанит (рис. 5). Диагностика: узнается по цвету, клиновидным формам кристаллов (как раздутые почтовые конверты), поперечным сечениям в

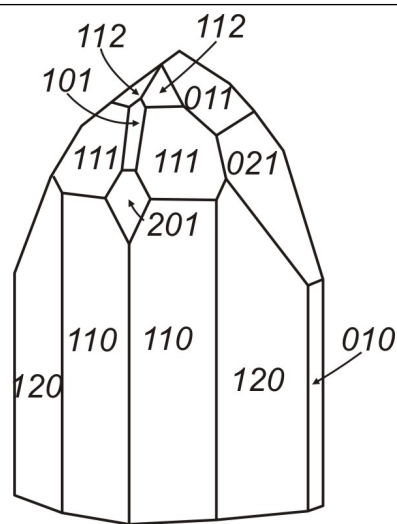
виде ромба или клина, сильному стеклянному (до алмазного) блеску.

Группа топаза. *Топаз* $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$ (Fe, Cr, Mg, газово-жидкие включения) (рис. 6). Диагностика: узнается по твердости, форме кристаллов, вертикальной штриховке перпендикулярной направлению спайности, удельному весу. От похожего на него кварца отличается по форме кристаллов, штриховкой (у кварца она поперек удлинения кристаллов), спайностью (у кварца несовершенная), удельным весом $3,6 \text{ г/см}^3$ в отличие от кварца – $2,6 \text{ г/см}^3$. Разновидности: пикнит, разновидность топаза в виде столбчатых, шестоватых, стельчатых агрегатов.



дят три полиморфные модификации состава Al_2SiO_5 , отличающиеся между собой структурными особенностями. Образуются эти минералы при метаморфизме богатых глиноземом кристаллических сланцев. Сначала образуются силлиманит или андалузит, при увеличении давления появляется более плотная, по сравнению с двумя другими полиморфными модификациями, разновидность – дистен. Уверенно диагностируются по оптическим константам.

Дистен $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ (Fe, Cr), синоним кианит, псевдоандалузит, саппарит, шерл тальковый (рис. 7). Диагностика: узнается по цвету, обычно синему, голубому, синевато-зеленому; резкой анизотропии твердости, вдоль удлинения кристалла – 4,5, поперек – 6,5; удлиненно-таблитчатым, уплощенным, досковидным, часто изогнутым кристал-



лам; совершенной спайности по двум пинакоидам; стеклянному, на плоскостях спайности перламутровому блеску.

Андалузит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ (Fe, Mn). Диагностика: по характерным почти прямоугольным призматическим формам кристаллов с сечением близким к квадрату, высокой твердости, цвету. Кристаллы андалузита во время роста могут захватывать углистый или глинистый материал. Его концентрация происходит в определенных кристаллографических направлениях, в результате чего возникает характерная фигура креста; такая разновидность называется хиастолитом (греч. «хиастос» – скрещенный, «литос» – камень).

Силлиманит $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ (Fe). Диагностика: узнается по часто изогнутым мелким игольчатым, тонковолокнистым, спутанно-волокнистым и лучистым агрегатам; цвету; высокой твердости; занозистому излому; парагенезису. Природа вытянутых кристаллов обусловлена присутствием цепочек алюмокислородных групп, параллельных оси *c*. Разновидности: фибролит, тонковолокнистый войлокоподобный агрегат силлиманита.

Группа ставролита. *Ставролит* $\text{Al}_4\text{Fe}[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$ (Mn, Mg, Ni, Co, Zn) (рис. 8). Диагностика: узнается по темному цвету; часто короткостолбчатым кристаллам с ромбическим поперечным сечением; крестообразным двойникам прорастания; высокой твердости 7–7,5; парагенезису.

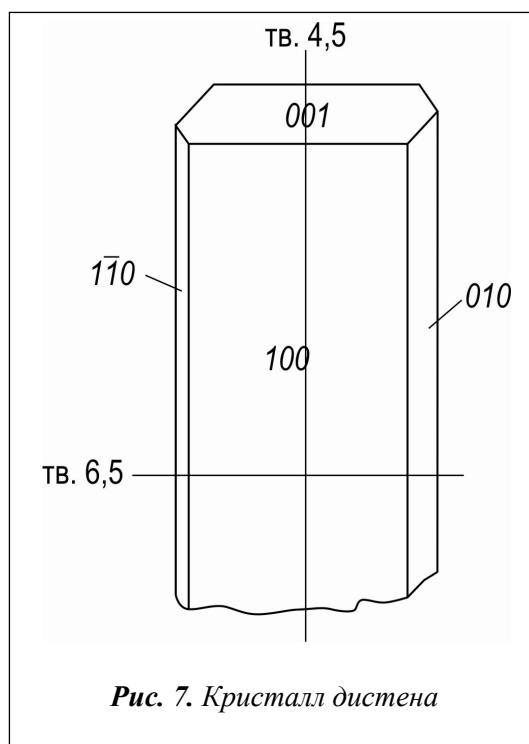


Рис. 7. Кристалл дистена

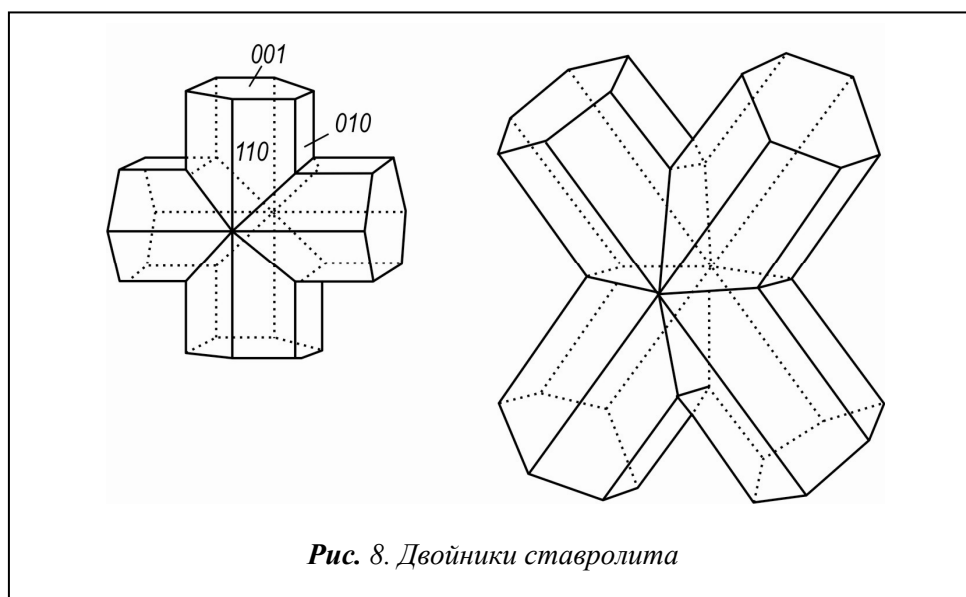
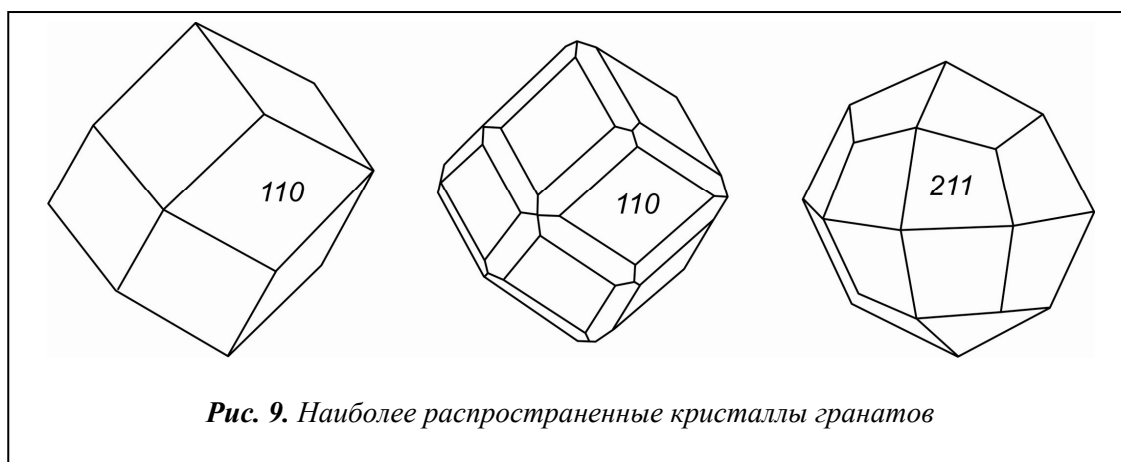


Рис. 8. Двойники ставролита

Группа гранатов. В эту группу входят обширная группа минералов с общей формулой $R_3R_2[SiO_4]_3$, где $R_3^{2+} - Mg, Fe, Mn$, $R_2^{3+} - Al, Fe, Cr, Mn$. Среди минералов этой группы наиболее распространены минералы двух изоморфных рядов:

Андрадитовый ряд	Альмандиновый ряд
(уграндиты)	(пиральспиты)
$Ca_3(Cr, Al, Fe)_2[SiO_4]_3$	$(Mg, Fe, Mn)_3Al_2[SiO_4]_3$
кальций содержащие гранаты	алюминий содержащие гранаты
Уваровит $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$	Пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$
Гроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	Альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$
Андрадит $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$	Спессартин $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$

Составы гранатов редко соответствуют приведенным формулам, т.к. имеют место изоморфные замещения элементов. Fe^{3+} , Mg и Mn, взаимозамещаемые элементы, и между альмандином, спессартином и пиропом существует ряд промежуточных составов. Аналогично, промежуточные составы существуют между альмандином, гроссуляром и андрадитом. Встречаются гранаты и другого состава Ti-содержащие гранат – шорломит, меланит, Zr-содержащий – кимцеит, V-содержащий – голдманит, гибшит – разновидность гроссуляра, содержащая гидроксильные группы и др. Диагностика: узнаются по форме кристаллов (рис. 9), жирному в изломе блеску, высокой твердости и относительно высокому удельному весу, продольной штриховке на гранях по диагонали ромба, которая имеет в некоторых агрегатах секториальный вид. Между собой гранаты визуальнo определяются по агрегатам и парагенетической ассоциации минералов, с которыми встречаются. Для гранатов андрадитового ряда характерны друзы, зернистые и плотные агрегаты. Для альмандинового ряда – вкрапленники отдельных кристаллов или зерен.



Группа эпидота. В эту группу входят цоизит, эпидот, ортит (алланит), с общей формулой $R_2R_3[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$. Эти минералы относятся к категории сложных островных силикатов, в структурах которых присутствуют одиночные и спаренные

кремнекислородные тетраэдры с дополнительными анионными группами (кислородом и гидроксидом).

Цоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ (Fe, Mn, Cr) (рис. 10). Синоним: сосюрит –

скрытокристаллическая разновидность в смеси с актинолитом, хлоритом и другими минералами, возникающими за счет основных, богатых кальцием плагиоклазов при процессах их гидротермального изменения. Разновидности: тулит – розового цвета, марганецсодержащий; хромцоизит – хромсодержащий, зеленого цвета. Диагностика: по цвету; призматическому облику кристаллов с вертикальной штриховкой; совершенной спайности по удлинению кристалла, уверенно диагностируется лишь по оптическим константам.

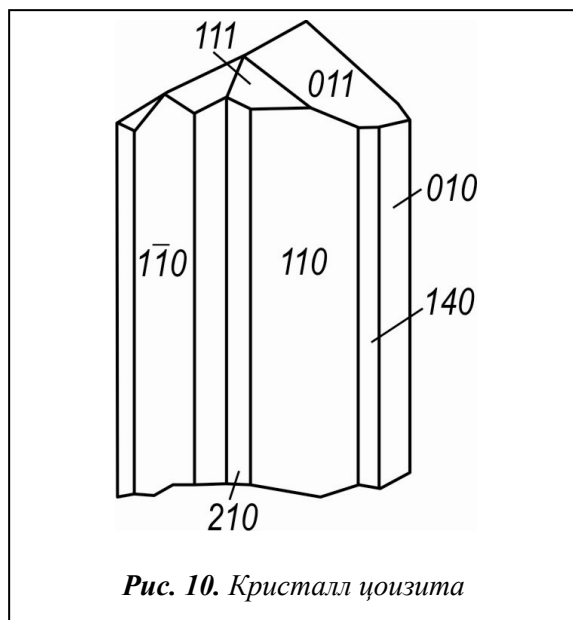


Рис. 10. Кристалл цоизита

Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ (Cu, Mg, Mn) (рис. 11). Разновидности: пьемонтит, манганэпидот – марганецсодержащий коричнево-красный, вишнево-красный до черного; хромэпидот – ярко-зеленый. Диагностика: узнается по цвету, облику кристаллов; совершенной спайности в одном направлении по удлинению кристаллов; штриховке, параллельной удлинению кристаллов; твердости; парагенезису.

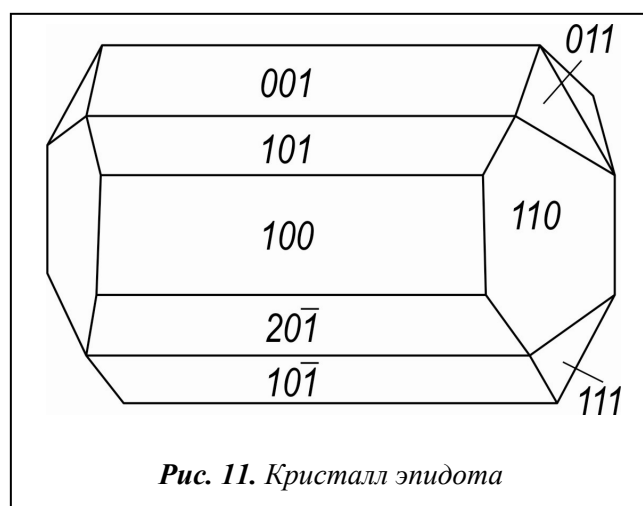
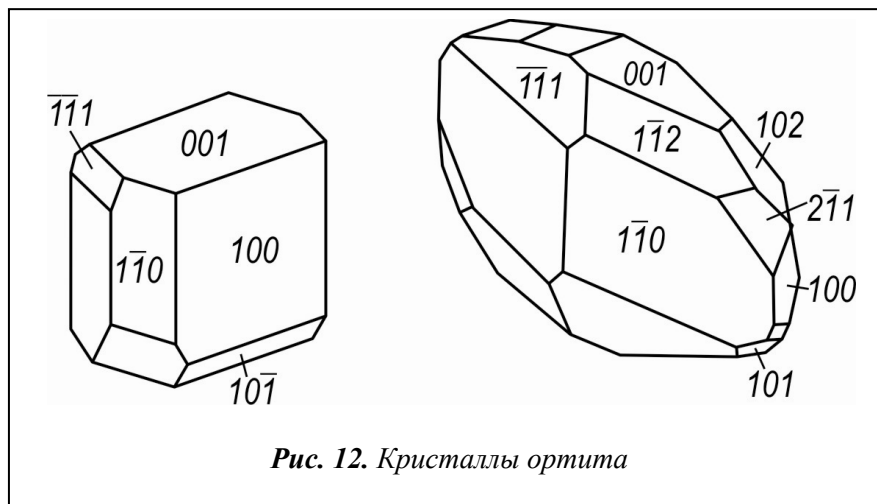


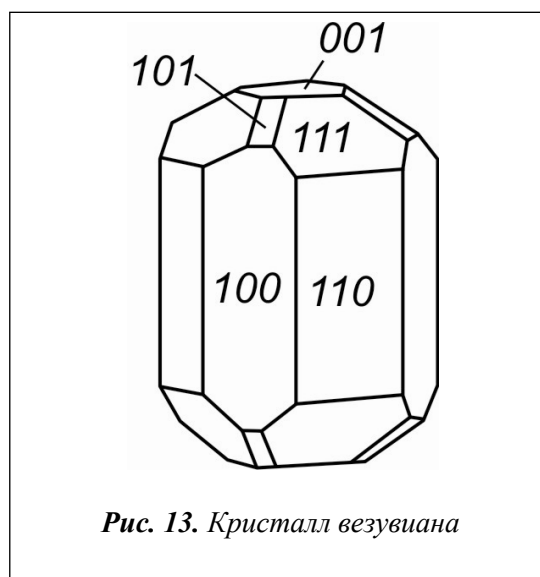
Рис. 11. Кристалл эпидота

Ортит $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Th})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ (La, Y) (рис. 12). Синоним: алланит. В химическом составе отмечаются большие колебания в содержаниях отдельных оксидов. Ce_2O_3 – до 6 %, $(\text{La} \dots)_2\text{O}_3$ – до 7 %. Также могут присутствовать

примеси Na_2O , FeO , MgO , MnO , Y_2O_3 – до 8 % (иттроортит), Sc_2O_3 , ThO_2 , иногда BeO до 3,8 %. Диагностика: узнается по цвету; толсто-таблитчатому, иногда столбчатому облику кристаллов; часто неправильной форме зерен; удельному весу; твердости; ржаво-бурой оторочке вокруг зерен.



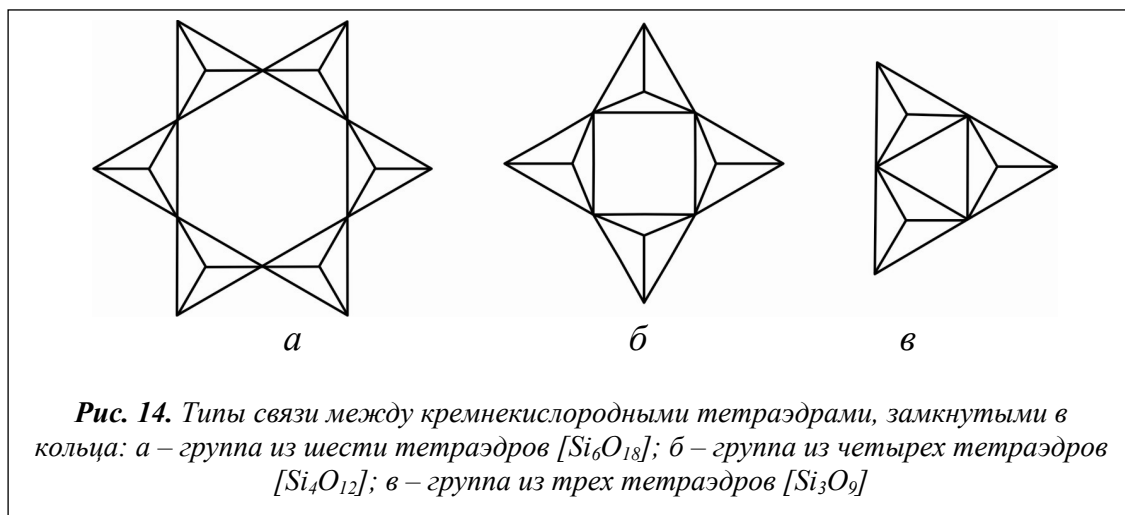
Группа везувиана. Везувиан $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_2[(\text{OH})_4]$, синоним вилуит (по названию р. Виллой в Якутии, содержащий примесь бора) (рис. 13). Более сложная формула его такова $\text{Ca}_{10}(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{F}, \text{OH})_4$. Структура везувиана близка к структуре гранатов и отличается от нее появлением изолированных групп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Диагностика: узнается по тетрагонально-призматическим кристаллам и скульптурным граням. Грани призм часто бывают покрыты вертикальными прерывающимися штрихами, а грани пинакоида – выпуклыми квадратными фигурами. В зернистых агрегатах сложно отличим отgrossуляра и андрадита, от которых везувиан можно отличить по меньшему удельному весу, а также по оптическим свойствам. Походит на циркон, от которого отличается формой кристаллов, меньшей твердостью, блеском, парагенезисом.



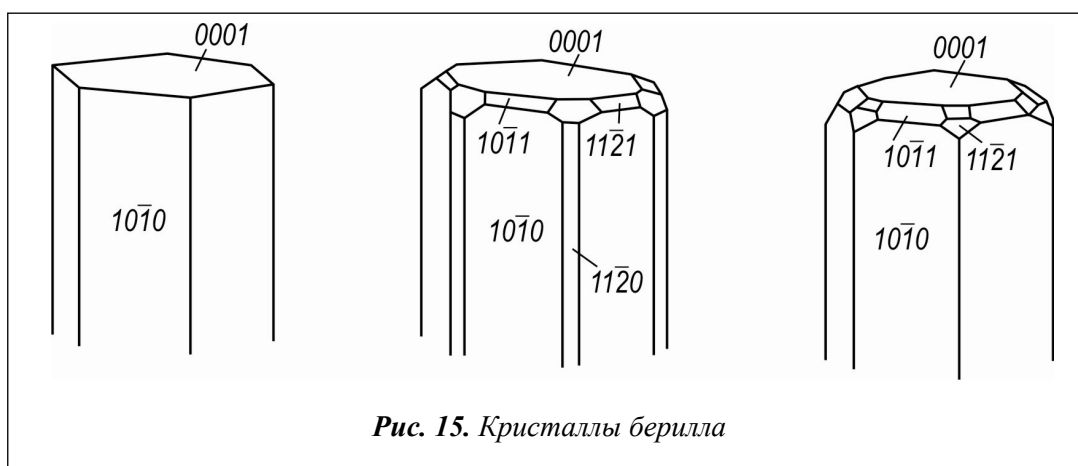
КОЛЬЦЕВЫЕ СИЛИКАТЫ

Подкласс кольцевые силикаты объединяет небольшое число минералов. К числу наиболее распространенных в природе относятся берилл и турмалин.

В этом типе силикатов кремнекислородные тетраэдры образуют замкнутые плоские изолированные кольца. Комплексный анион состоит из 3-х, 4-х, 6-ти кремнекислородных тетраэдров, связанных друг с другом через две общие вершины (рис. 14). Комплексные анионы в этих случаях представлены соответственно: $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$, $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$. К таким силикатам относятся, например бенитонит $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$, аксинит $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{BO})_3[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$, берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Сингония минералов определяется геометрией их колец.



Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (Na, Mn, Cr, Fe, Cs, Li, H_2O), синоним давидсонит, берилл благородный (рис. 15). Диагностика: узнается по цвету; облику кристаллов; вертикальной штриховке на гранях призмы; кристаллы иногда имеют скульптуры роста и растворения; твердости; парагенезису. Цвет разнообразный: зеленый, голубой – аквамарин, изумрудно-зеленый – изумруд, розовый – воробьевит, желтый – гелиодор, бесцветный до молочного – гошенит.

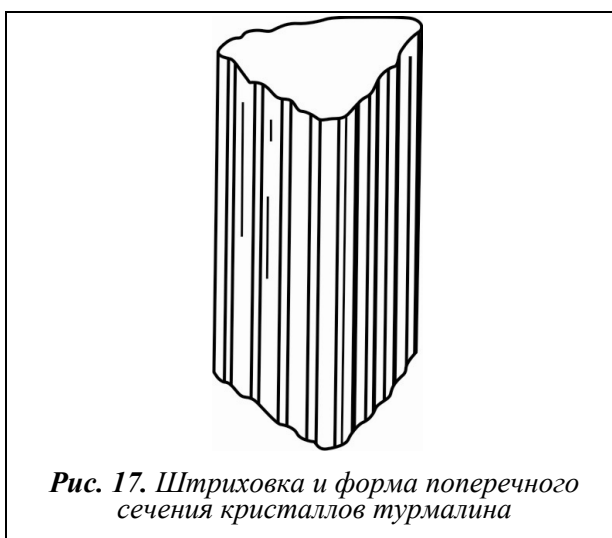


Кордиерит $\text{Al}_3(\text{Mg, Fe})_2[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$, синоним иолит, дихроит. Кристаллическая структура аналогична структуре берилла, но места ионов бериллия заняты ионами алюминия. В кристаллах встречается редко. Диагностика: узнается по цвету, чаще голубовато-синий различных оттенков, фиолетовый; спайности, отдельности, твер-

дости, парагенезису. Походит на кварц и сапфир, от кварца отличается по цвету, уверенно отличим по оптическим свойствам, от сапфира – по твердости.

Эвдиалит $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (TR, Fe, Mn, OH, Cl), синоним барсановит. Характеризуется сложным и непостоянным составом и сложной кристаллической структурой. Диагностика: узнается по цвету, твердости, облику кристаллов, парагенезису. Походит на алмадин, отличается меньшей твердостью и тем, что ассоциируется не с кварцем, а с нефелином, астрофиллитом, эгирином и др. Разновидности: эвколлит – обогащенный FeO.

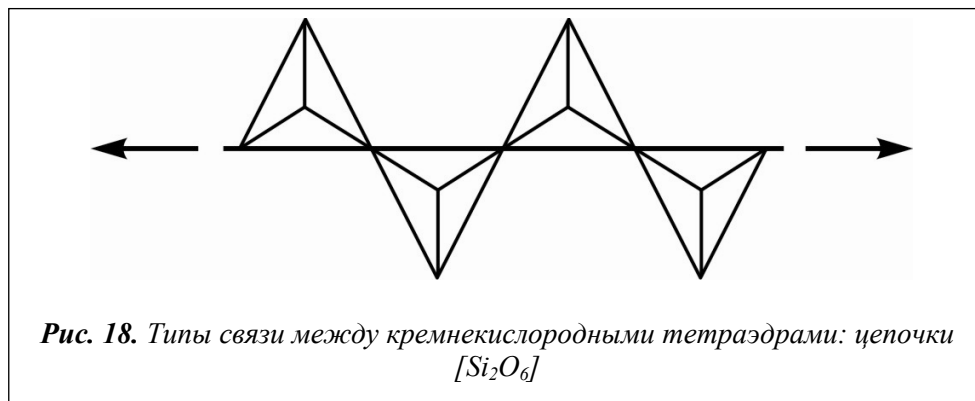
Группа турмалина. В группе объединены несколько минеральных видов с общей формулой $\text{XY}_3\text{Z}_6(\text{BO}_3)_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{O}, \text{OH}, \text{F})_4$, где X = Ca, Na, Y = Mg, Li, Al, Fe^{3+} , Mn, Z = Al, Fe^{2+} , Cr; шерл – черный, рубеллит, эльбаит – розовый. Химический состав непостоянен вследствие широкого проявления изоморфных замещений (рис. 16). Разновидности: верделит – зеленый, индиголит – синий, дравит – желтый, бурый, ахроит – бесцветный и водянопрозрачный, встречаются полихромные турмалины. Наиболее распространенные минеральные виды шерл и рубеллит. Турмалин $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$ (Mn, Cr, K, Ca). Диагностика: узнается по цвету; облику кристаллов; штриховке; несовершенной спайности; твердости; форме поперечного сечения в виде сферического треугольника (рис. 17).



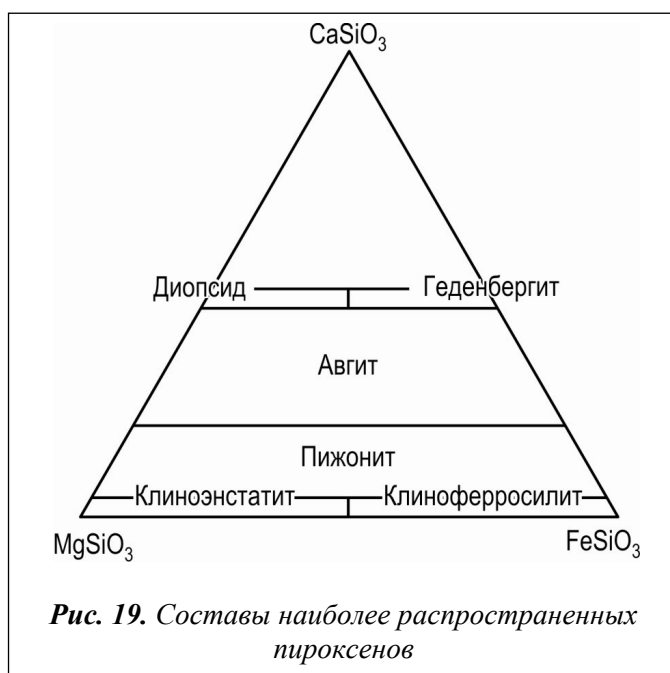
ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

К подклассу цепочечных силикатов относятся породообразующие минералы гр. пироксенов (диопсид, геденбергит, авгит, эгирин, энстатит и др.), а также другие менее распространенные минералы.

Группа пироксенов. В этом типе силикатов кремнекислородные тетраэдры образуют цепочки бесконечной протяженности, каждый тетраэдр соединен со следующим общим атомом кислорода (рис. 18). Звено цепочки характеризуется анионной группировкой $[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Цепочки кремнекислородных тетраэдров сочленяются между собой через катионы Mg, Fe, Ca, Mn, Na и Li. По преобладающему катиону выделяют магнезиально-железистые, кальциевые, натриевые и литиевые пироксены. Магнезиально-железистые пироксены представляют собой изоморфный ряд энстатит $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – ферросилит $\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ и кристаллизуются в ромбической сингонии



и клиноэнстатит $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – клиноферросилит $\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, которые кристаллизуются в моноклинной сингонии. Кальциевые пироксены представляют собой широко распространенные минералы ряда диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – геденбергит $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Натриевые пироксены представлены эгирином $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ и жадеитом $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Литиевые – сподуменом $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Реальный состав пироксенов всегда более сложен. Состав распространенных пироксенов принято изображать в виде равностороннего треугольника CaSiO_3 - MgSiO_3 - FeSiO_3 (рис. 19). Диагностика минералов



группы пироксенов. Облик кристаллов пироксенов призматический. Для кальциевых и магниевых пироксенов характерны короткопризматические кристаллы и зернистые агрегаты, для железистых – шестоватые, игольчатые кристаллы, которые часто образуют лучистые и радиально-лучистые агрегаты. Цвет минералов зависит от содержания в них железа и меняется от белого, через зеленый, до зелено-черного. Блеск пироксенов стеклянный, но может проявляться металлоидный (бронзовидный) отлив. Характерно наличие совершенной спайности в

двух направления под углом около 90° , при этом в поперечном сечении кристаллы пироксенов имеют псевдотетрагональные формы (рис. 20). У пироксенов часто наблюдается отдельность со своеобразной «ступенчатой» поверхностью в изломе (рис. 23). Твердость 5–6, у некоторых пироксенов до 6,5–7.

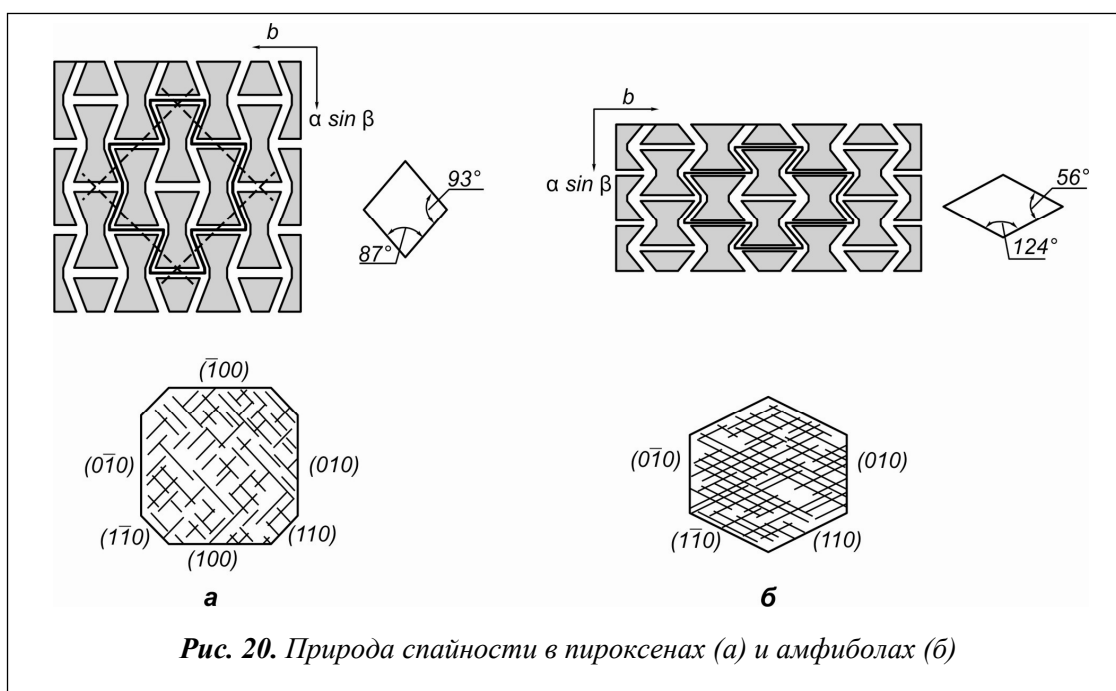


Рис. 20. Природа спайности в пироксенах (а) и амфиболах (б)

Энстатит $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, в качестве примесей присутствует FeO – до 5 % (рис. 21). Разновидности: бронзит – железистая разновидность энстатита (FeO 5–14 %).

Диагностика: узнается по цвету; блеску с отливом; спайности; парагенезису и другим признакам, характерным для пироксенов. Породообразующий минерал ультраосновных и основных пород. При гидротермальном изменении замещается серпентином, с образованием псевдоморфоз с золотисто-желтым бронзовидным отливом. Псевдоморфоза серпентина по энстатиту носит название бастит.

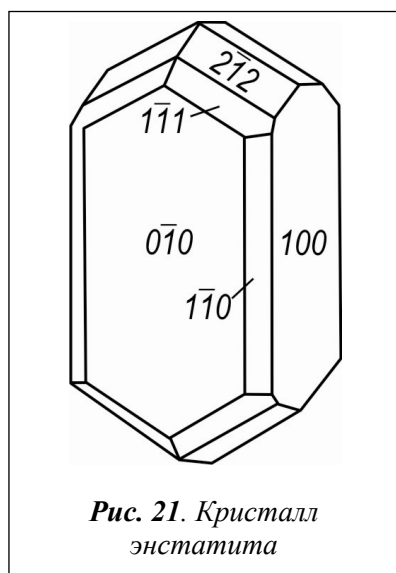
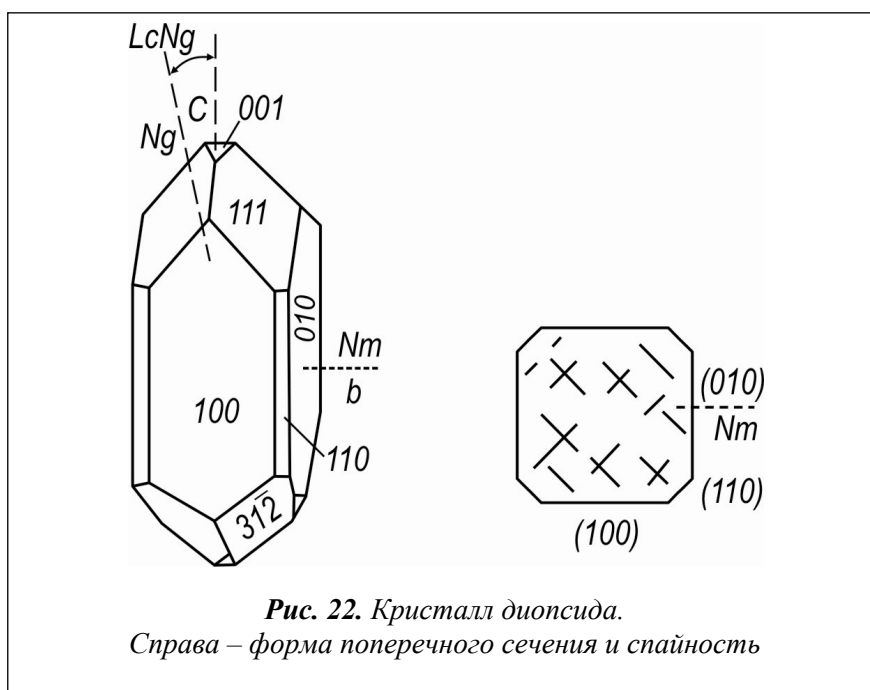


Рис. 21. Кристалл энстатита

Ферросилит $(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Чистый ферросилит неустойчив. Обычно встречаются средние члены энстатит-ферросилитового ряда, с примесью FeO более 14 %, называемые гиперстенами. **Диагностика:** узнается по цвету; блеску с отливом; совершенной спайности; отдельности; парагенезису.

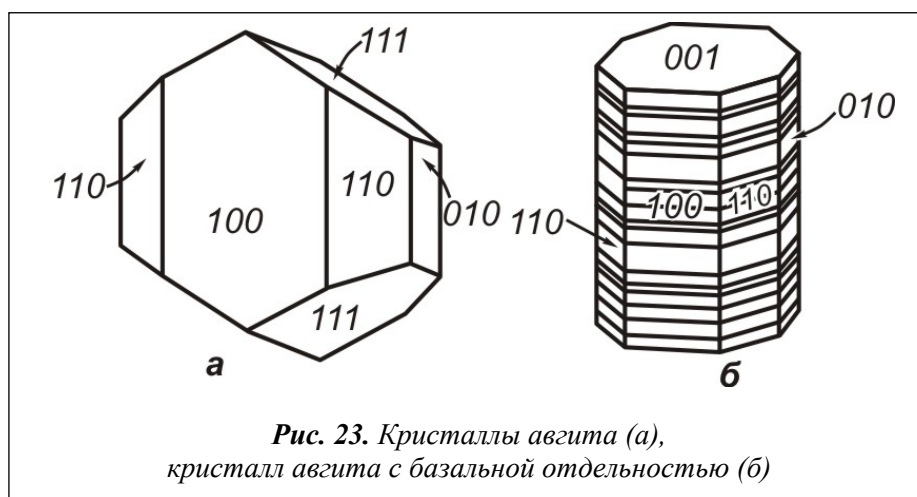
Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (Fe , Cr , V , Mn , Na , Al) (рис. 22). Разновидности: хромдиопсид – изумрудно-зеленая разновидность, содержащая Cr ; байкалит (по названию оз. Байкал), салит – Fe -

содержащий диопсид, виолан – голубая до фиолетово-синей разновидность. **Диагностика:** узнается по цвету; облику кристаллов с характерным поперечным сечением в виде притупленного квадрата; спайности; отдельности; парагенезису с кальций-содержащими минералами.



Геденбергит $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (Mg, Mn, Na, Al). Изоморфен с диопсидом. Диагностика: узнается по цвету; облику кристаллов; шестоватым, столбчатым, радиально-лучистым агрегатам; парагенезису.

Авгит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ti}, \text{Al})[\text{Si}, \text{Al}]_2\text{O}_6$ (Na, Cr) (рис. 23). Разновидности: базальтический авгит – богатый Fe, титан-авгит, эгирин-авгит, авгит с развитой отдельностью по пинакoidу называется диаллагом, уралит – псевдоморфоза роговой обманки по авгиту. Диагностика: узнается по цвету; спайности; отдельности; облику кристаллов.



Эгирин $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (K, Ti, Al, Mn) (рис. 24). Диагностика: узнается по черному, зеленовато-черному цвету; столбчатому, игольчатому, досковидному облику

кристаллов; шестоватым, радиально-лучистым, звездчатым агрегатам; парагенезису с щелочными минералами.

Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (Na, Cs). Не образует изоморфных смесей с другими минералами группы пироксенов. Диагностика: узнается по цвету, чаще серовато-белому, бледно-розовому, фиолетовому; блеску – стеклянному с перламутровым отливом; облику кристаллов – призматическому, таблитчатому, досковидному с вертикальной штриховкой; твердости; виду в измененном состоянии. Похож на берилл, отличается спайностью, формой кристаллов, на полевые шпаты, отличается твердостью, более уплощенной формой кристаллов. Разновидности: гидденит – изумрудно-зеленый, кунцит – розовый, фиолетовый.

Группа пироксеноидов. В этой группе рассматриваются волластонит и родонит. Эти минералы по своей структуре приближаются к пироксенам, они также образуют цепочки, но несколько иного вида, чем у пироксенов. У волластонитовой цепочки период повторяемости кремнекислотродных тетраэдров равен трем и формула анионного радикала равна $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, у родонита – $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]^{10-}$. Цепочки с радикалами связываются в структуре атомами двухвалентных металлов – Ca и Mn.

Волластонит $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (Fe), синоним досчатый шпат. Диагностика: узнается по цвету, чаще белому с сероватым, желтоватым, красноватым оттенком, иногда может быть мясо-красный; таблитчатому, досковидному облику кристаллов; шестоватым, лучистым, радиально-лучистым, волокнистым агрегатам с неровным занозистым изломом; твердости; парагенезису.

Родонит $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ (Fe, Zr), синоним орлец. Диагностика: узнается по характерному розовому цвету, различной интенсивности; твердости; включению черных прожилков и налетов. Легко окисляется с образованием черных прожилков и налетов оксидов и гидроксидов марганца, с которыми и встречается.

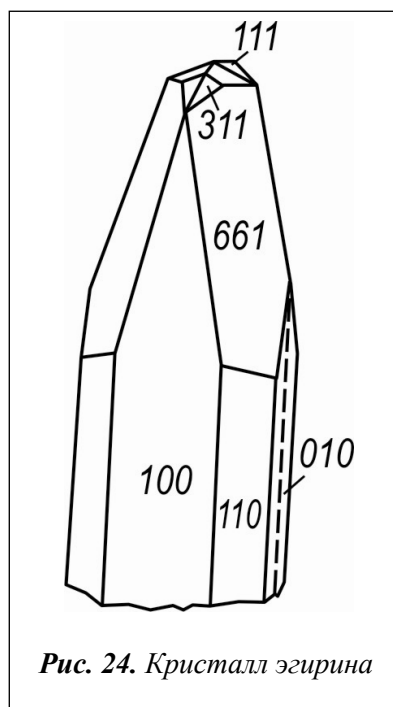
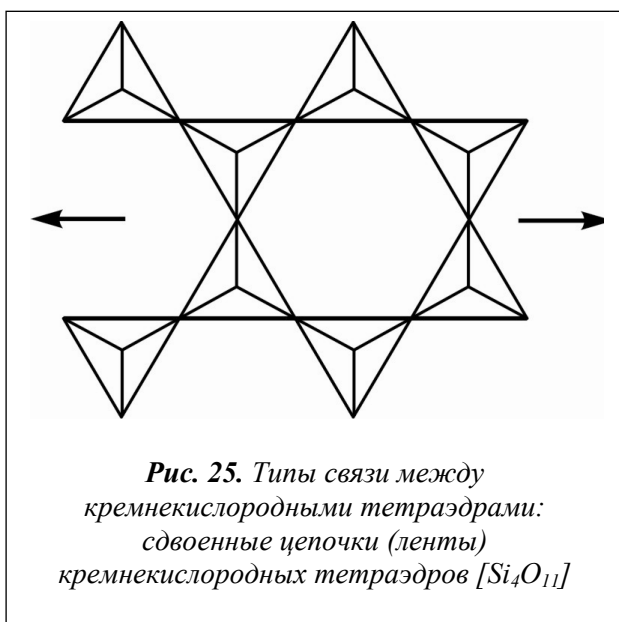


Рис. 24. Кристалл эгирина

ЛЕНТОЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

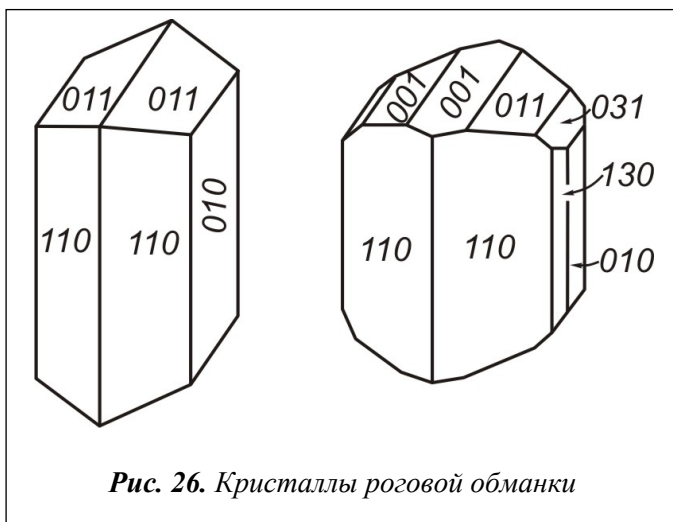
У минералов этого типа кремнекислородные тетраэдры сочленяются в одномерные ленты (т.е. сдвоенные цепочки) бесконечной протяженности (рис. 25). Звено ленты характеризуется анионной группировкой $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$, $[\text{AlSi}_7\text{O}_{22}]^{6-}$, $[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}]^{6-}$ с обязательным вхождением дополнительных анионов, обычно $(\text{OH})^-$, иногда F^- , Cl^- , O^{2-} . Ленты связаны между собой, прежде всего, Ca, Na, Mg, Fe, а также Al и Li. Наиболее распространенными силикатами этого подкласса являются минералы группы амфиболов. Структура амфиболов более сложная, чем пироксенов, что обуславливает большее разнообразие минеральных видов и изоморфных химических примесей в них. Как и в группе пироксенов, амфиболы подразделяются по преобладанию катионов. Так выделяют Mg-Fe-Li, Ca, Na-Ca и Na амфиболы. Диагностика минералов группы амфиболов. Амфиболы по свойствам близки к пироксенам. Их кристаллы также имеют вытянутые вдоль лент и цепочек формы, но у амфиболов, в



длиннопризматическому облику кристаллов; тонколучистым, волокнистым, иногда плотным агрегатам; спайности; твердости и парагенезису.

Актинолит $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (Fe, Mn, Al, Na). Диагностика: узнается по зеленому, различных оттенков цвету, длиннопризматическому облику кристаллов, тонколучистым, волокнистым, иногда плотным агрегатам, спайности, твердости и парагенезису.

У тремолита и актинолита имеются асбестовидные разновидности, и плотные скрытокристаллические со спутанно-волокнистым строением разновидности, которые называются нефритами.



большинстве случаев, более вытянутые – до волокнистых и асбестовидных. Отчетливо выраженные кристаллы у амфиболов встречаются реже, чем у пироксенов. Более сильно у амфиболов проявляется стеклянный блеск. У них лучше, чем у пироксенов выражена совершенная спайность, угол спайности при этом у амфиболов тупой (124°) или острый (56°), в противоположность приближающемуся к прямому – у пироксенов (рис. 20). Отличием также является наличие отдельности у пироксенов.

Тремолит $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (Fe, Mn). Диагностика: узнается по светлосерому, белому, желтоватому цвету;

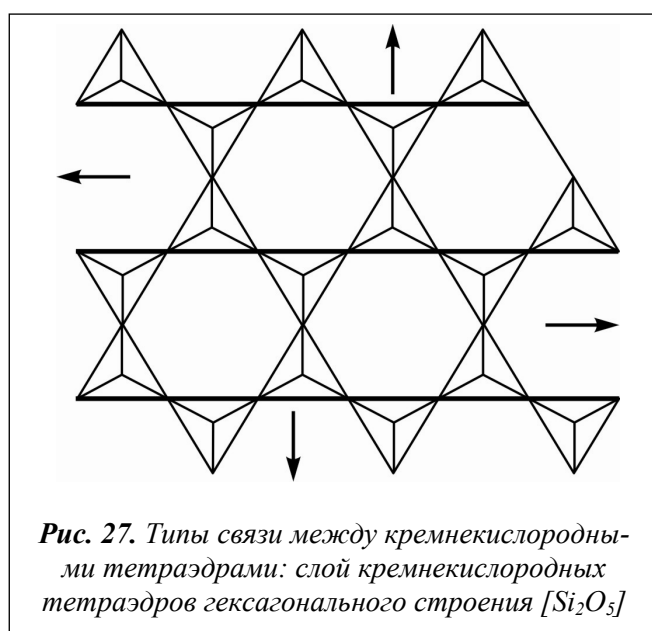
Роговая обманка $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2(\text{F}, \text{OH})_2$ (Ti, Mn, Ni и др.) (рис. 26). Химический состав непостоянен. Диагностика: узнается по цвету; сильному стеклянному блеску; призматическому, столбчатому облику кристаллов, нередко с поперечным сечением в виде ромба; спайности; твердости.

СЛОЕВЫЕ СИЛИКАТЫ

К подклассу слоевых силикатов и алюмосиликатов относятся многие распространенные минералы. К минералам этого подкласса силикатов относятся тальк,

серпентин, различные по составу слюды, хлориты, глинистые минералы и другие минералы. Многие минералы этого подкласса являются пороодообразующими.

В слоистых структурах три атома кислорода каждого смежного тетраэдра являются общими, и сочлененные



тетраэдры образуют плоские листы неопределенной протяженности (рис. 27). Слои состоят из гексагональной плоской сетки, поэтому эти минералы имеют псевдогексагональный облик, имеющие состав $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$. В структуре силикатов этого типа слои образуют одно-двух-трех и четырех членные пачки и пакеты. У минералов с трехслойными пачками радикал пишется удвоенным – $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{2-}$. У таких минералов кремний может замещаться до половины атомами алюминия, образуя листы состава $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ и $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$. В составе этих минералов всегда

принимает участие дополнительные анионы $(\text{OH})^-$, которые в небольшой степени могут замещаться фтором. Для минералов этого подкласса характерен изовалентный и гетеровалентный изоморфизм.

Не компактность кристаллических структур, слабые остаточные связи между пакетами приводят к образованию этими минералами тонкодисперсных агрегатов. Лишь редкие минералы встречаются в крупных и хорошо ограненных кристаллах, это кристаллы флогопита, мусковита, хлорита, хрупких слюд. Из характерных физических свойств можно перечислить таблитчатую форму кристаллов, чешуйчатые и скрытокристаллические агрегаты, весьма совершенную спайность, низкую твердость. Минералы этого подкласса образуются в эндогенных и экзогенных процессах.

Группа талька. В ней рассматривается два минерала: тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ и пиррофиллит $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Минералы очень похожи друг на друга. Белый, бледно-зеленый, белый с желтоватым, зеленоватым, сероватым оттенками цвет; стеклянный с перламутровым отливом блеск; весьма совершенная спайность; таблитчатый облик кристаллов, кристаллы встречаются редко; листоватые, чешуйчатые, пластинчатые, часто плотные агрегаты; листочки гибкие, но не упругие; твердость 1.

Тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ (Fe, Al, Ni). Разновидности: стеатит, жировик – плотный агрегат талька, агалит – псевдоморфоза талька по энстатиту.

Пиррофиллит $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ (Mg, Fe, Ca). Разновидности: агальматолит – плотная скрытокристаллическая разновидность пиррофиллита.

Группа слюд. Наиболее распространенные представители слоевых силикатов. Для минералов этой группы характерно наличие многих общих свойств. Кристаллизуются слюды в моноклинной сингонии; имеют таблитчатый и пластинчатый облик кристаллов; агрегаты листоватые, пластинчатые, чешуйчатые, скорлуповатые, вкрапленные, друзы; стеклянный с перламутровым отливом блеск; весьма совершенную

спайность. Листочки гибкие и упругие. Фигура удара в виде шестилучевой звезды (рис. 28).

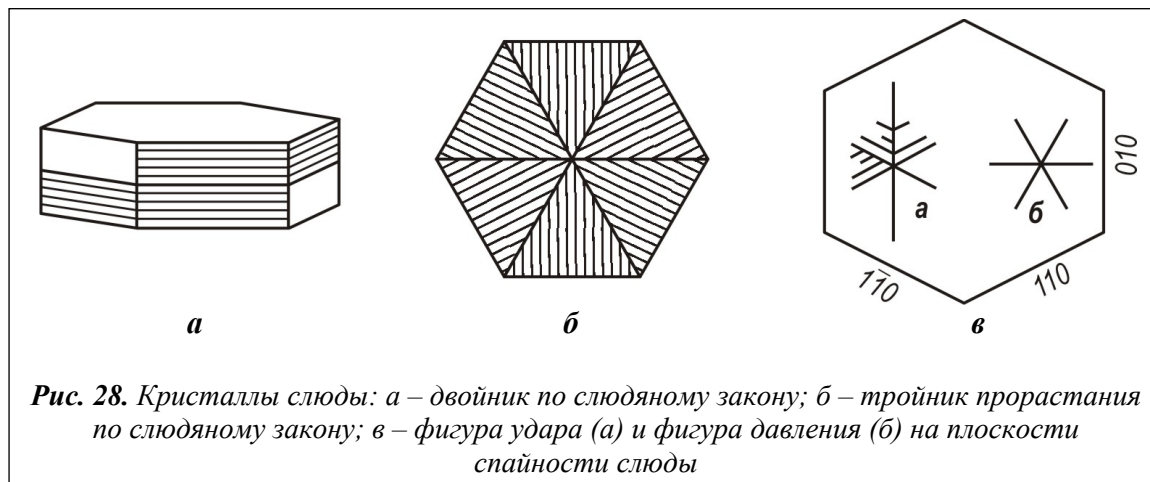


Рис. 28. Кристаллы слюды: *а* – двойник по слюдяному закону; *б* – тройник прорастания по слюдяному закону; *в* – фигура удара (*а*) и фигура давления (*б*) на плоскости спайности слюды

В соответствии с особенностями химического состава слюды подразделяются на следующие подгруппы:

- подгруппа биотита (магниево-железистых слюд)
- подгруппа мусковита (алюминиевых слюд)
- подгруппа лепидолита (литиевых слюд)

Подгруппа биотита. *Флогопит* $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2 (\text{Ti}, \text{Mn}, \text{Ba})$. Диагностика: узнается по бурому цвету различных оттенков, окраска часто пятнистая, зональная; стеклянному блеску; парагенезис с доломитом, диопсидом, апатитом, скаполитом, форстеритом, шпинелью.

Биотит $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2 (\text{Ti}, \text{Na})$. Диагностика: узнается по черному, бурому цвету; стеклянному блеску; парагенезису с кварцем, полевым шпатом, роговой обманкой и другими минералами кислых и средних магматических пород сланцев, гнейсов, пегматитов.

Подгруппа мусковита. *Мусковит* $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 (\text{Cr}, \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})$. Разновидности: серицит – тонкочешуйчатая разновидность мусковита, фуксит – изумрудно-зеленого цвета, за счет примеси хрома. Диагностика: узнается по серебристо-белой окраске, может быть с оттенками сероватого, зеленоватого, желтоватого цвета; парагенезису с кварцем, микроклином, турмалином, бериллом и другими минералами.

Подгруппа лепидолита. *Лепидолит* $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F}, \text{OH})_2 (\text{Cr}, \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})$. Диагностика: узнается по розовому, бледно-фиолетовому цвету и сильному перламутровому блеску; встречается в парагенезисе со сподуменом, рубеллитом, альбитом, топазом, бериллом, флюоритом.

Группа хрупких слюд. Это слюдоподобные минералы, отличающиеся от слюд отсутствием щелочных металлов, повышенным содержанием алюминия, наличием кальция (в маргарите). Минералы очень хрупкие, имеют повышенную, по отношению к слюдам, твердость 3,5–6, совершенную спайность, образуют пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты, но в хорошо образованных кристаллах встречаются редко.

Маргарит (жемчужная слюдка) $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ (Na, Mg, Fe). Диагностика: узнается по цвету, перламутровому блеску на плоскости спайности, агрегатам, твердости, хрупкости и парагенезису.

Группа серпентина. *Серпентин* $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (Fe, Ni, Mn, Cr, Co, Al). Разновидности: антигорит – пластинчатый, скорлуповатый, вязкий с неровным и занозистым изломом с наибольшей твердостью до 3–4; лизардит – плотный, часто скрытокристаллический агрегат; бастит – псевдоморфоза серпентина по энстатиту с золотисто-желтым бронзовидным отливом; хризотил-асбест – параллельно-волокнистая разновидность, образующая тонкие прожилки в плотном серпентине. Диагностика: узнается по цвету, преимущественно зеленых оттенков; часто жирному блеску; плотным агрегатам; твердости; зеркалам скольжения; возможным прожилкам хризотил-асбеста; вкрапленности хромшпинелидов и мельчайших включений магнетита в виде тонкой сыпи, и как следствие, проявление магнитных свойств.

Группа хлоритов. Большая и сложная группа слюдоподобных минералов преимущественно зеленого цвета, представляющих собой в основном силикаты и алюмосиликаты магния, железа, алюминия и содержащие гидроксильную группу (OH). Минералы группы хлоритов характеризуются большим разнообразием химического состава, обусловленного изоморфизмом Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} . Среди минералов этой группы выделяется свыше 30 разновидностей. По химическому составу среди хлоритов выделяются магнезиальные, магнезиально-железистые и железистые. Наиболее известные из них – пеннин, клинохлор, прохлорит, шамозит, тюрингит. Минералы рассматриваемой группы широко распространены в природе. Преимущественно образуются в условиях низкотемпературной гидротермальной деятельности.

Пеннин $(\text{Mg})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (Ca, Mn, Cr, Ni).

Клинохлор $\text{Mg}_4(\text{Mg}, \text{Al})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (Ca, Mn, Cr, Ni).

Диагностика: цвет в большинстве случаев зеленый различных оттенков; блеск стеклянный с перламутровым отливом; спайность весьма совершенная; облик кристаллов пластинчатый, таблитчатый, развиты двойники срастания; твердость 1,5–2,5; агрегаты чешуйчатые, листоватые, друзы. Листочки мягкие, гибкие, но не упругие. Разновидности: кочубейт – красно-фиолетовый хромовый клинохлор; кеммерерит – красный, фиолетовый хромовый пеннин; лейхтенбергит – серебрино-белый маложелезистый клинохлор. Перечисленные хлориты уверенно отличаются друг от друга с помощью специальных методов рентгенографии, оптического исследования. Хорошо образованные кристаллы чаще всего наблюдаются у клинохлора.

Группа каолинита. В группу объединены полиморфы – силикаты алюминия состава $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ – диккит, накрит, галлаузит, каолинит. Внешне неотличимы друг от друга, обычно образуют тонкодисперсные смеси, мучнистые, белые или более плотные глинистые массы, которые называются каолином. Образуются в кислой среде при выветривании горных пород за счет фельдшпатоидов и полевых шпатов, а также за счет осадочных гидрооксидов алюминия с кремнекислотой.

Каолинит $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (Fe, Mn, Si, Al, органические примазки). Диагностика: цвет; жадно поглощает воду, с которой образует пластичную массу с резко выраженным специфическим запахом глины; сухой на ощупь; образует скрытокристаллические, землистые и плотные массы.

Группа монтмориллонита. В эту группу входят силикаты и алюмосиликаты, которые содержат избыточные щелочные катионы типа Ca, Na и воду – бейделлит, нонтронит, монтмориллонит. Широко проявляется свойство изоморфизма. Возника-

ет большое количество представителей переменного состава с переходом к другим минералам. У минералов этой группы широко развита способность к адсорбции и ионному обмену. Минералы способны набухать в присутствии воды, поглощать из жидкости различные загрязняющие суспензированные примеси и щелочи. Образуются в условиях щелочной среды при разложении на дне моря вулканических туфов, пепла, развиты в коре выветривания основных, щелочных и реже кислых горных пород. Минералы этой группы образуют чрезвычайно тонкодисперсные плотные массы, слагают основной объем глин.

Монтмориллонит $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O (Cr,Cu,Li,K_2O,Na_2O)$. Диагностика: низкая твердость 1,5–2,5; блеск матовый; жирен на ощупь, полируется ногтем; в увлажненном состоянии мылится и издает своеобразный кислый глинистый запах; в воде разбухает и увеличивается в объеме в 10...12 раз. После дождя на поверхности земли скопления этого минерала образуют скользкую студнеобразную массу, при высыхании она растрескивается, становится трещиноватой, а затем рассыпчатой.

КАРКАСНЫЕ СИЛИКАТЫ

К каркасным силикатам относятся некоторые из наиболее важных породообразующих минералов. У этого типа силикатов кремнекислородные тетраэдры образуют трехмерный каркас, в котором каждая вершина смежных тетраэдров является общей (рис. 29). С химической точки зрения, почти исключительно, они представляют собой алюмосиликаты, т. е. такие соединения в которых участвуют анионные комплексы SiO_4 и AlO_4 . При этом число ионов Si^{4+} , замещенных Al^{3+} , не превышает половины. Комплексные анионы часто могут быть выражены как: $[AlSi_3O_8]^-$, $[AlSiO_4]^{2-}$, $[Al_2Si_2O_8]^{2-}$. «Рыхлость» каркасной структуры допускает частое вхождение в них дополнительных анионов $[Cl]^-$, $[F]^-$, $[CO_3]^{2-}$, $[SO_4]^{2-}$, $[OH]^-$ и др. В качестве катионов выступают ионы, обладающие большими ионными радиусами: Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Ba^{2+} , редко Cs^+ , Rb^+ .

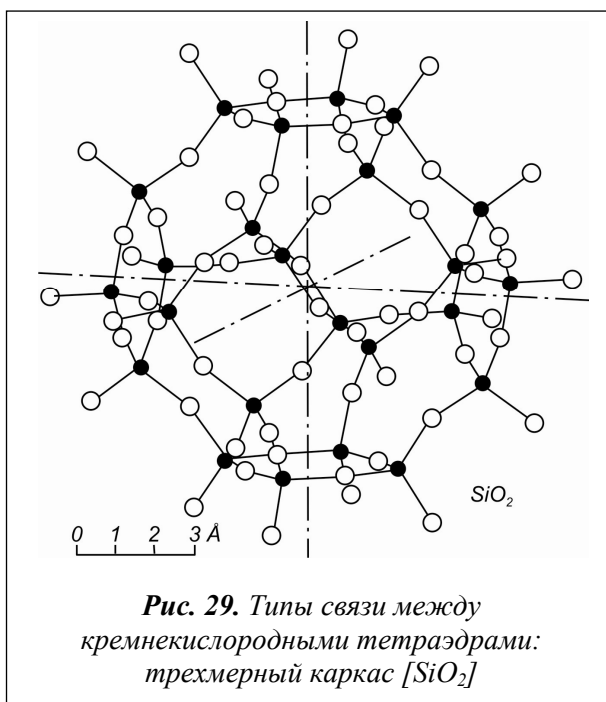


Рис. 29. Типы связи между кремнекислородными тетраэдрами: трехмерный каркас $[SiO_2]$

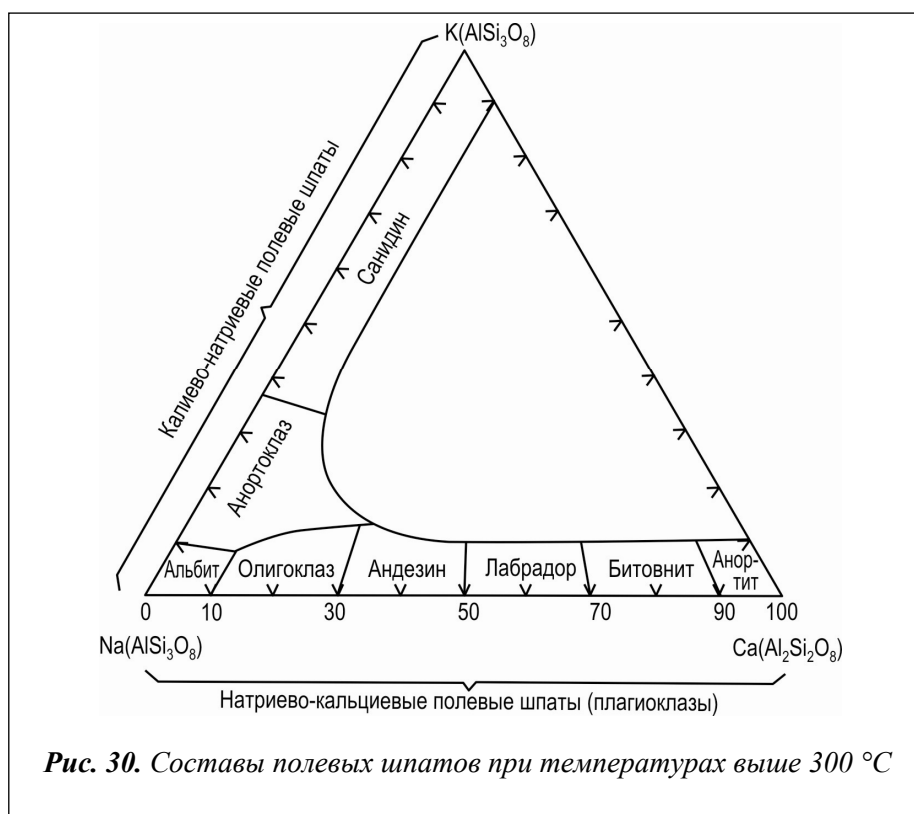
Каркасные силикаты имеют преимущественно светлые оттенки, так как, в эти минералы, как правило, не входят элементы-хромофоры. Однако именно у каркасных силикатов наиболее часто проявлены собственные окраски, связанные с дефектными центрами в структуре минералов. Такова, например, природа чернильно-синей, насыщенно синей окраски содалита и лазурита. Удельные веса каркасных силикатов в пределах 2,1...2,9, почти все минералы имеют твердость 4,5–6,5, блеск стеклянный до перламутрового и жирного. Наблюдается средняя или совершенная спайность. Некоторые минералы склонны к образованию двойников.

Группа полевых шпатов. Наиболее распространенные в земной коре полевые шпаты можно представить как изоморфные смеси главным образом трех компонентов $K[AlSi_3O_8]$, $Na[AlSi_3O_8]$, $Ca[Al_2Si_2O_8]$, реже встречаются $Ba[Al_2Si_2O_8]$. Эти алюмосиликаты обладают способностью к образованию бинарных рядов, представленных тремя подгруппами минералов:

- подгруппа калиево-натриевых полевых шпатов или щелочных полевых шпатов;
- подгруппа кальций-натриевых полевых шпатов или плагиоклазов;
- подгруппа калиево-бариевых полевых шпатов или гиалофанов.

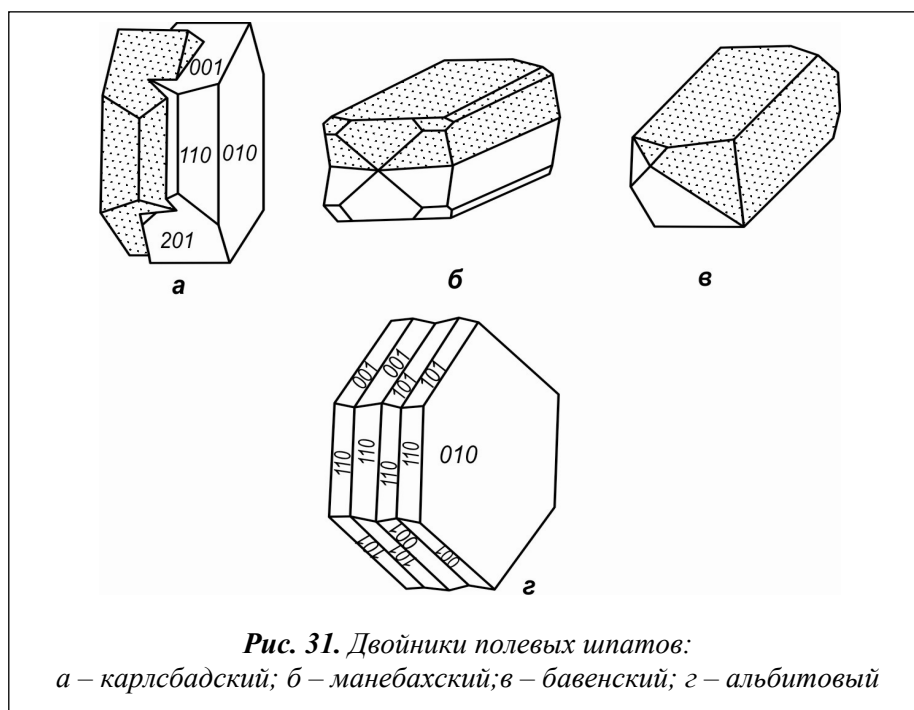
Полевые шпаты кристаллизуются в моноклинной и триклинной сингониях. Чаще всего светло окрашенные; блеск стеклянный со слабым перламутровым отливом на плоскости спайности; облик кристаллов призматический, таблитчатый; спайность совершенная в двух направлениях под прямым или близким к прямому углом. Агрегаты зернистые, вкрапленные, пластинчатые, реже друзы. Удельный вес обычно в пределах 2,5...2,7, у бариевых разностей до 3,4. Твердость 6–6,5. Встречаются разновидности обладающие свойством иризацией в ярких синих, красных, фиолетовых, зеленых тонах (основной плагиоклаз – лабрадор), в нежно голубых тонах (лунный камень – обычно кислый плагиоклаз). Полевые шпаты с золотистым отливом за счет закономерно ориентированных тончайших включений микропластинок гематита носят название солнечный камень или авантюрин.

Рассмотрим наиболее распространенные подгруппы этого подкласса: подгруппу калиево-натриевых и подгруппу кальций-натриевых полевых шпатов.



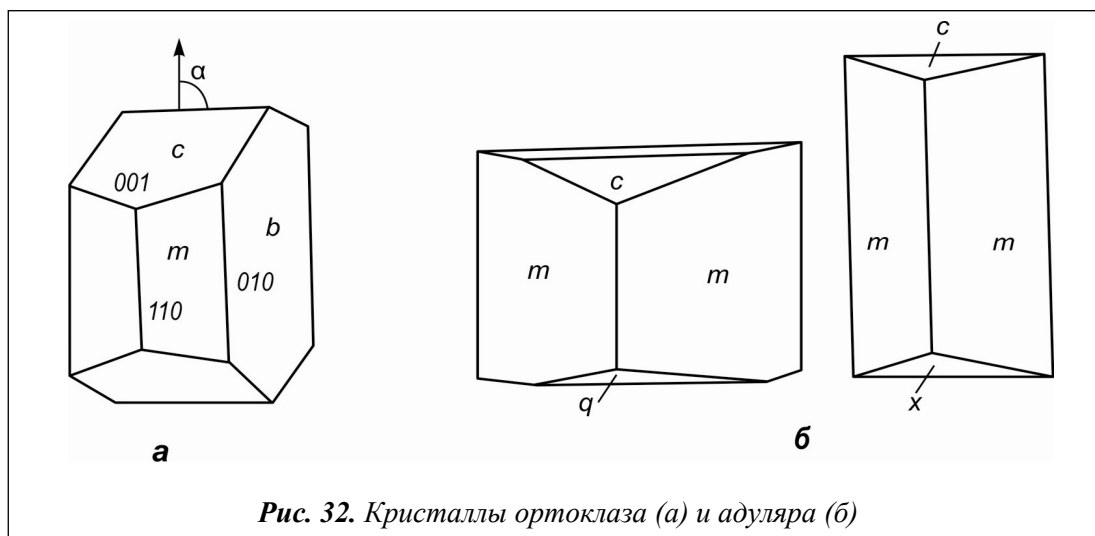
Подгруппа калиево-натриевых полевых шпатов представляет собой бинарный ряд состава $K[AlSi_3O_8]$ и $Na[AlSi_3O_8]$. При температуре выше 900 °C наблюдается

полная изоморфная смесимость этих компонентов, в связи с совершенным изоморфизмом калия и натрия, поэтому более полная формула $(K, Na)[AlSi_3O_8]$. При понижении температуры происходит распад изоморфной смеси с обособлением исходных компонентов – существенного калиевого (ортоклаза или микроклина) и существенного натриевого (альбита). Эти сростания называются пертитами. Полевые шпаты, содержащие 63...90 % $Na[AlSi_3O_8]$ называются анортоклазами (рис. 30). В зависимости от смесимости этих компонентов при разных температурах выделяют три минерала: санидин, ортоклаз, микроклин. Диагностика: визуально узнают по цвету, блеску, спайности, эталонной твердости. Друг от друга отличить сложно. Санидин чаще бывает серого цвета. Микроклин нередко розовый или зеленовато-голубоватый (амазонит), содержит явно заметные пертиты. Ортоклаз из некоторых месторождений имеет кремово-желтый, коричнево-желтый цвет и содержит мелкие пертитовые вросстки. Эти минералы часто называют просто калиевым полевым шпатом, оставляя точное определение до выполнения оптических исследований или рентгено-структурного анализа. Для калиево-натриевых полевых шпатов характерно образование простых двойников сростания и проростания. При этом плоскость спайности таких двойников как бы поделена на две части: одна часть имеет яркий стеклянный блеск, другая тусклый. Этим они отличаются от плагиоклазов, у которых двойники полисинтетические (рис. 31). Разновидность: *адуляр* – бесцветная, водяно-прозрачная разновидность, отличающаяся несколько удлиненными кристаллами призматического облика (рис. 32).



Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$ (Na, Ca, Ba, Pb, Rb, Li) (рис. 32). Диагностика: узнается по цвету; спайности в двух взаимно противоположных направлениях под углом 90° ; эталонной твердости; способности к образованию простых двойников; укороченным зернам, у которых в срезах отношение ширины к длине равно 1:1,5, 1:2, реже 1:3.

Санидин $K[AlSi_3O_8]$ (Na, Ba). Диагностика: бесцветен и водянопрозрачен. Другие свойства аналогичны ортоклазу, от которого отличается оптическими свойства-



ми. Образуется как высокотемпературный минерал, встречающийся в молодых эффузивах в виде порфировых вкрапленников таблитчатой и пластинчатой формы.

Микроклин $K[AlSi_3O_8]$ (Na, Ca, Fe, Pb, Rb, Cs). Диагностика: макроскопически микроклин часто не отличим от ортоклаза. Чаше, чем у ортоклаза наблюдаются пертиты. Распространен в гранитных пегматитах, в виде грубо и гигантозернистых скоплений. При диагностике следует учитывать цвет, размеры кристаллов, генезис, парагенезис. Разновидности: амазонит – зеленоватая, голубовато-зеленоватая разновидность микроклина; еврейский камень – закономерные вроски кварца в микроклине, напоминающие древнееврейские клиновидные письма, образуются при совместной кристаллизации этих двух минералов.

Подгруппа кальций-натриевых полевых шпатов представляет собой бинарный ряд изоморфных смесей, крайние члены которых носят название альбит $Na[AlSi_3O_8]$ и анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$ (рис. 30). Состав плагиоклазов принято обозначать номером, который указывает на процентное соотношение анортита в смеси и условно можно записать в следующем виде:

			Содержание анортитовой молекулы (An), %
Альбит (Ab)	Na[AlSi ₃ O ₈]		0-10
Олигоклаз	изоморфные смеси альбита и анортита	CaNa[AlSi ₃ O ₈]	10-30
Андезин			30-50
Лабрадор			50-70
Битовнит			70-90
Анортит (An)	Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]		90-100

Ввиду исключительного значения состава плагиоклазов для систематики изверженных пород принято разделять плагиоклазы по их номеру, показывающему процентное содержание молекулы анортита в плагиоклазе:

плагиоклазы кислые	№ 0–30
плагиоклазы средние	№ 30–60
плагиоклазы основные	№ 60–100

Диагностика: узнается по цвету; совершенной спайности под углом 86–87°; полисинтетическим двойникам, заметным по штриховке на плоскости спайности; агрегатам; парагенезису (рис. 31). Срезы зерен имеют удлиненную прямоугольную форму с отношением их ширины к длине 1:3, 1:5, 1:10. Разновидности: *клевеландит* – тонкопластинчатая разновидность альбита; *лабрадор* – основной плагиоклаз, обладающий свойством иризации в ярких синих, красных, фиолетовых, зеленых тонах; *лунный камень* – кислый плагиоклаз, обладающий свойством иризации в нежно голубых тонах; *солнечный камень* или *авантюрин* – кислый плагиоклаз с золотистым отливом за счет закономерно ориентированных тончайших включений микропластинок гематита.

Группа фельдшпатоидов. Группа фельдшпатоидов состоит из алюмосиликатов натрия и калия. Они занимают место полевых шпатов, когда магма содержит избыток щелочей и недосыщена кремнеземом. Фельдшпатоиды никогда не встречаются в равновесии с первичным кварцем, потому что они будут реагировать со свободным кремнеземом, образуя полевой шпат.

Нефелин $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ (Ca, K, Fe) (рис. 33). Диагностика: цвет светло-серый, серовато-белый, желтоватый, красноватый, зеленоватый; стеклянный жирный блеск, твердость в пределах 5–6; прямоугольные, квадратные и гексагональные сечения в срезах кристаллов; парагенезис; мучнистые продукты выветривания и углубления на поверхности выветрелых зерен нефелина в горных породах.

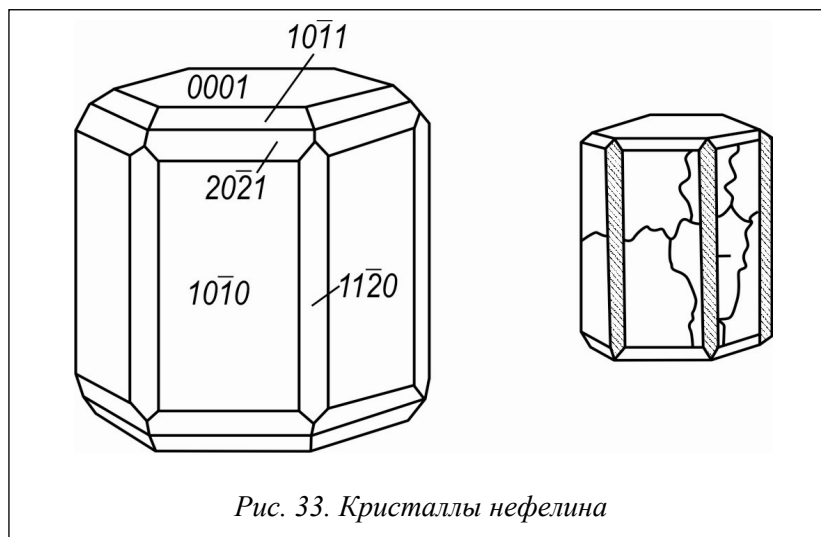


Рис. 33. Кристаллы нефелина

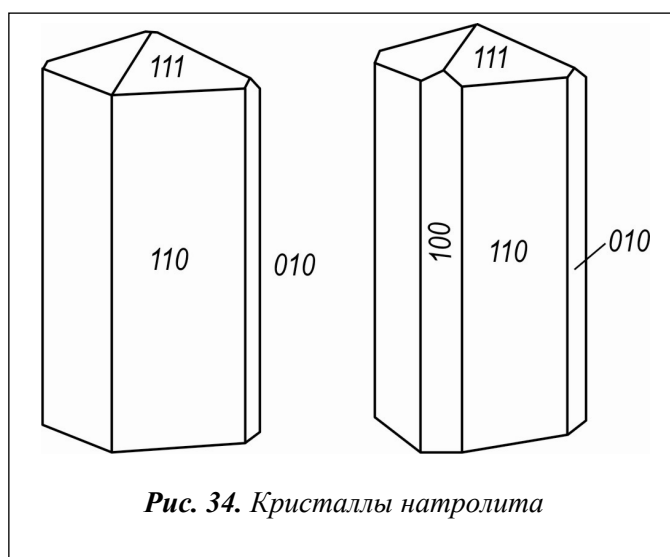
Содалит $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{Cl}_2$ (K). Диагностика: узнается по цвету, средней спайности, твердости 5,5–6; парагенезису. Минерал образует серо-синие, чернильно-синие пятна и жилки в нефелиновых сиенитах.

Лазурит $\text{Na}_6\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4, \text{S})$ (Ca, Sr, Mg, CO_2). Диагностика: узнается по цвету несовершенной спайности, стеклянному блеску, зернистым или плотным аг-

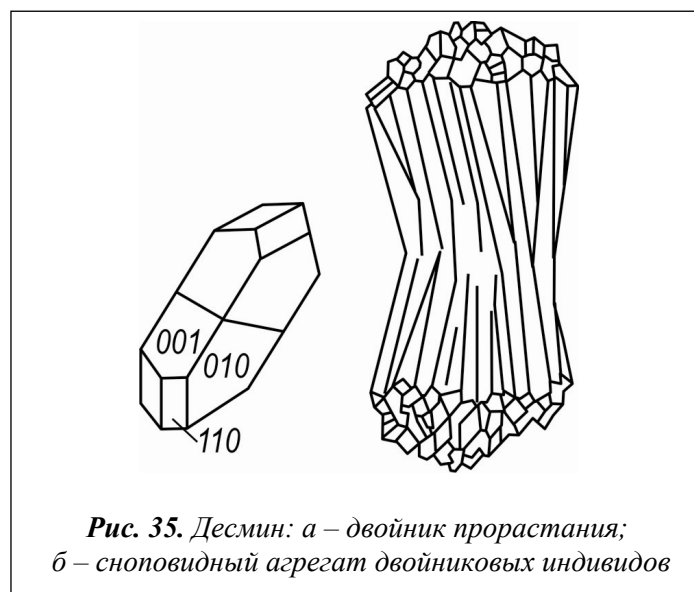
регатам, парагенезису. Встречается в виде густо-синих, лазурно-синих пятен, гнезд, жилок, вкраплений в мраморах, образуется как реакционный минерал по контакту мраморов с жилами гранитных пегматитов.

Группа цеолитов. Сюда относятся минералы, представляющие собой водные алюмосиликаты преимущественно Ca, Na, K. Минералы характеризуются «рыхлой» каркасной структурой, в которой имеются полости и каналы. Крупные катионы Ca, Na, K способны к ионному обмену с окружающими растворами и молекулами воды. Вода кристаллизационная, но в цеолитах она может удаляться из полостей без нарушения кристаллической структуры минералов. Это происходит при медленном нагревании минералов или при их выветривании в жарком сухом климате. При смене условий вода может снова поглотиться минералом. Обезвоженные цеолиты подобно губке обладают высокими сорбционными и ионообменными способностями, поэтому используются для очистки воды, для разделения органических молекул в химическом производстве как молекулярные сита и других целей. Диагностика: цеолиты в чистом виде часто бесцветны или имеют белый цвет, со стеклянным блеском и перламутровым отливом на плоскости спайности, твердость 3,5–5,5, легкие (удельный вес 2,1–2,2 г/см³). Цеолиты легко узнаются в щелочных горных породах, базальтах в пустотах и трещинах, где они обычно образуют крупные выделения – одиночные кристаллы, их щетки, радиально-лучистые, пластинчатые агрегаты. В осадочных горных породах, туфах, почвах они неузнаваемы из-за тонкой зернистости.

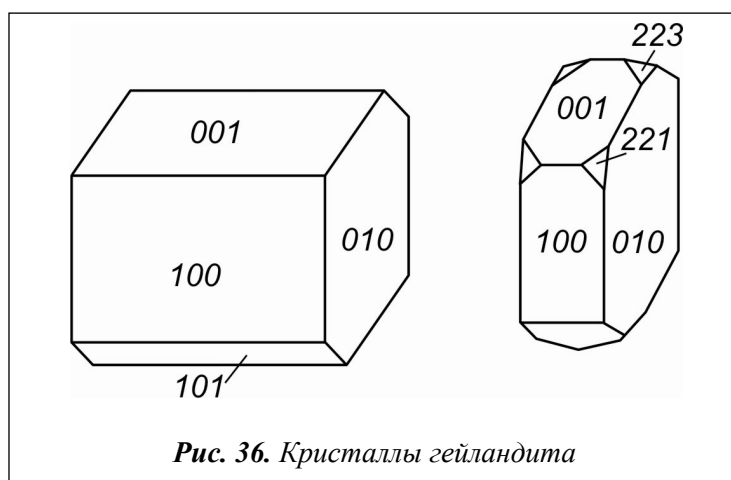
Натролит $\text{Na}_2 [\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (K, Fe_2O_3) (рис. 34). Диагностика: узнается по цвету; столбчатому облику кристаллов с псевдотетрагональной формой сечения; агрегатам; твердости 5–5,5.



Десмин (стильбит) $(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (K, Mg) (рис. 35). Диагностика: узнается по желтоватому цвету; стеклянному блеску с перламутровым отливом на плоскости спайности; пластинчатому, столбчатому облику кристаллов; сноповидным агрегатам с округлыми поверхностями, твердости 3,5–4.



Гейландит $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Na, K, Sr, Ba) (рис. 36). Диагностика: часто бесцветный или белого цвета; узнается по стеклянному блеску с перламутровым отливом на плоскости спайности; характерному пластинчатому облику кристаллов и пластинчато-зернистым агрегатам, твердости 3,5–4.



Диагностические таблицы

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Подкласс островные силикаты					
Группа оливина					
Форстерит $Mg_2[SiO_4]$	Ромбическая, призматический, толстотаблитчатый, в кристаллах редок	Вкрапленники зерен, зернистые аг- регаты	Желтый, серый, зеленый, бесцветный	—	6,5–7
Оливин $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$	Ромбическая, призматический, толстотаблитчатый, в кристаллах редок	Вкрапленники зерен, зерни- стые агрегаты	Желто- зеленый, зеленый	—	6,5–7
Фаялит $Fe_2[SiO_4]$	Ромбическая, призматический, толстотаблитчатый, в кристаллах редок	Вкрапленники зерен, зерни- стые агрегаты	Темно- желтый до зеленовато- желтого, окисленные разности буровато- коричневого	—	6,5–7

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный	Несовершенная, иногда средняя, излом раковистый	3,2–4,4	От оливина и Форстерита отличается по парагенезису; походит на диопсид отличается спайностью; на эпидот, отличается агрегатами	Магнезиальные скарны, мраморы, кальцифиры с флогопитом, шпинелью; карбонатиты с магнетитом, апатитом, флогопитом, кальцитом	Хризолит, перидот используются как драгоценные камни
Стеклянный	Несовершенная, иногда средняя, излом раковистый	3,2–4,4	От форстерита и фаялита отличается по парагенезису; походит на диопсид отличается спайностью; на эпидот, отличается агрегатами	Магматические ультраосновные породы с магнетитом, хромитом, пироксенами; в кимберлитах с пиропом, хромдиопсидом и др.	Хризолит, перидот используются как драгоценные камни
Стеклянный	Несовершенная, иногда средняя, излом раковистый	3,2–4,4	От форстерита и оливина отличается по парагенезису; походит на диопсид отличается спайностью; на эпидот, отличается агрегатами	Граниты и гранитные пегматиты с микроклином, альбитом, кварцем, биотитом	Хризолит, перидот используются как драгоценные камни

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Группа циркона					
Циркон $Zr[SiO_4]$ (Th, Ce, Hf, Nb, Ta, Al)	Тетрагональная короткостолбчатый, дипирамидальный, встречаются колен- чатые и крестооб- разные двойники	Вкрапленники кристаллов, редко зернистые и радиально- лучистые	Чаще ко- ричневый, различных оттенков, может быть бесцветным, красным, зеленым, голубым	—	7–8
Группа сфена					
Сфен $CaTi[SiO_4]O$ (Nb, Ta, Fe)	Моноклинная, таблитчатый призматический, чаще уплощенные кон- вертообразные призмы, в поперечном сече- нии клин или ромб	Шестоватые, игольчатые, лучистые	Бурый, желто- бурый, желтый, золотистый, иногда зеленый, красный, голубой	—	5–6

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Алмазный до стеклянного и жирного	Несовершенная	4,6–4,7	Похож на рутил, отличается более высокой твердостью, парагенезисом; касситерит, отличается удельным весом, парагенезисом; на монацит, отличается твердостью, спайностью, обликом кристаллов; на шпинель, отличается обликом кристаллов	Магматические породы кислого, среднего и щелочного состава и их пегматиты с нефелином, эгирином, альбитом, КПШ, биотитом, апатитом, пироксеном; иногда регионально-метаморфический в мелких кристаллах; накапливается в россыпях	Источник циркония, гафния, гиацит – драгоценный камень
Близкий к алмазному, в изломе жирный	несовершенная или средняя по призме	3,5	Похож на циркон, твердость ниже, другая форма кристаллов и агрегатов; на аксинит, отличается окраской, твердостью, парагенезисом	Щелочные магматические породы и их пегматиты с нефелином, апатитом, эвдиалитом, эгирином; аксессуарный минерал гранитов и пегматитов; реже контактово-метасоматический с диопсидом, гранатом, эпидотом	—

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Группа топаза					
Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$ (Fe, Cr, Mg, газово-жидкие включения)	Ромбическая, призматические кристаллы с вер- тикальной штри- ховкой, перпенди- кулярной направлению спайности	Вкрапленники кристаллов, часто крупные, или зерен, друзы	Бесцветный, оттенки желтого, голубого, винно- желтого, розового; окраска часто секториальная и зональная	—	8
Группа дистена					
Дистен $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ (Fe, Cr)	Триклинная, удлиненно- таблитчатый, уплощенный, досковидный, часты двойники, кристаллы могут быть изог- нутыми и скру- ченными	Вкрапленники кристаллов, сноповидные, лучистые	Голубой, синий, сине-зеленый, серо-голубой	—	Вдоль кристалла 4,5 поперек 6,5, хрупок

Блеск	Спайность	Удель- ный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклян- ный	Совершен- ная по пинакоиду	3,5	Похож на кварц, отличается штриховкой, совершенной спайностью, бóльшим удельным весом	Гранитные пегматиты, вы- сокотемператур- ный гидротермаль- ный, грейзеновый; с кварцем, бе- риллом, полевыми шпатами, мусковитом, флюоритом, кас- ситеритом, вольфрамитом и др.	Драгоцен- ный камень
Стеклян- ный с перла- мутровым отливом на плос- кости спайности	Совершен- ная по пинакоиду	3,5	Похож на андалузит, отличается формой кристаллов, твердостью, на сподумен, отличается анизотропией твер- дости	Регионально- метаморфиче- ский, в гнейсах и сланцах; мусковит, био- тит, альмандин, ставролит, плагиоклаз, кварц	Высокогли- ноземистое сырье, про- изводство керамики, огнеупоров, иногда как драгоценный камень

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Андалузит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ (Fe, Mn, углистые и глинистые частицы)	Ромбическая, призматический, столбчатый, с сечением, близким к квад- рату, иногда грубая штриховка параллельная удлинению кри- сталла	Лучистые, шес- товатые, вкрап- ленные, иногда встреча- ется в виде призматических и игольчатых кристаллов с включениями углистого и глинистого вещества, обра- зующими кре- стообразную фигуру в попе- речном сечении	Серый, бурый, жел- тый, розо- вый, крас- ный, темно- зеленый, редко бес- цветный и фиолетовый	—	6,5–7,5
Силлиманит $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ (Fe)	Ромбическая, игольчатый, концы кристал- лов не оформле- ны, наблюдается вертикальная штриховка	Шестоватые, спутано- волокнистые, лучистые, плотные, воло- совидные	Серый, белый, серовато- зеленоватый, бледно- зеленый, желтоватый, светло- бурый	—	7–7,5, хрупок

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный до матового	Средняя по призме, излом неровный, занозистый	3,1–3,2	Походит на дистен, отличается твердостью, формой кристаллов, на ставролит, отличается более светлой окраской формой поперечного сечения	Регионально-метаморфический, в углистых, углисто-глинистых сланцах, метаморфизованных эффузивах, роговиках; пиррофиллит, гематит, магнетит, корунд, кварц, хлорит, шпинель и др.	Высокоглиноземистое сырье, производство керамики, огнеупоров
Стеклянный	Совершенная, излом неровный, занозистый	3,2	В изломе напоминает сломанную лучину с занозистыми краями; походит на тремолит, отличается твердостью, на волластонит, отличается твердостью, парагенезисом	Регионально-метаморфический, в кристаллических сланцах; часто в ассоциации с тонкозернистым кварцем	Высокоглиноземистое сырье, производство керамики, огнеупоров

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Группа ставролита					
Ставролит $\text{Al}_4\text{Fe}[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$ (Mn, Mg, Ni, Co, Zn)	Моноклинная, длинно- и коротко- призматический, ко- роткостолбчатый с шестиугольной фор- мой поперечного се- чения, распростра- нены прямые и ко- сые крестообразные двойники пророста- ния	Вкрапленники Кристаллов, крестообраз- ные двойники	Темно- коричне- вый, красно- бурый	–	7–7,5

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стекланный, смоляной, матовый	Средняя по пинакоиду	3,7	Походит на турмалин, альмандин, андалузит отличается формой поперечного сечения формой кристаллов, двойниками	Регионально-метаморфический, мусковит, биотит, альмандин, дистен, силлиманит, плагиоклаз, кварц	Используется в качестве флюса для плавки железных руд

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Группа гранатов					
Анрадитовый ряд – уграндиты					
Уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$	Кубическая, изометрический в виде ромбододека- эдра, тетрагонтриоктаэдра и их комбинации	Корки, щетки мелких кристаллов	Изумрудно- зеленый	–	6,5–7
Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Кубическая, изометрический в виде ромбододека- эдра, тетрагонтриоктаэдра и их комбинации	Плотные, зернистые, друзы, щетки, обычно границы кристаллов различимы в зернистых агрегатах	Бледно- зеленый, зеленовато- желтый, медово- желтый, редко бу- рый, красноватый	–	6,5–7
Анрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$	Кубическая, изометрический в виде ромбододека- эдра, тетрагонтриоктаэдра и их комбинации	Плотные, зернистые, друзы, щетки, обычно границы кристаллов различимы в зернистых агрегатах	Красно- бурый, буровато- черный, редко желтый, зеленый	–	6,5–7

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный	Несовершенная	3,3–3,8	Походит на диоптаз, отличается формой кристаллов, твердостью, парагенезисом	Гидротермально измененные ультраосновные породы; хромшпинелид, серпентин	Полудрагоценный камень
Стеклянный	Несовершенная	3,2–3,7	Походит на везувиан, отличается формой кристаллов	Контактово-метасоматический (известковые скарны), диопсид, везувиан, волластонит, эпидот, кальцит	Абразивный материал, как полудрагоценный камень
Стеклянный	Несовершенная	3,7–3,9	Походит на везувиан, отличается формой кристаллов	Контактово-метасоматический (известковые скарны), диопсид, везувиан, волластонит, эпидот, кальцит	Абразивный материал, как полудрагоценный камень

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Альмандиновый ряд (пиральспиты)					
Пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, изометрический в виде ромбододека- эдра, тетрагонтриоктаэдра и их комбинации	Чаще в виде вкрапленников отдельных кристаллов	Темно- красный, розово- красный, красновато- черный	—	6,5–7
Альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, изометрический в виде ромбододека- эдра, тетрагонтриоктаэдра и их комбинации	Чаще в виде вкрапленников отдельных кристаллов	Красный, красно- бурый, черный	—	6,5–7
Спессартин $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, изометрический в виде ромбододека- эдра, тетрагонтриоктаэдра и их комбинации	Чаще в виде вкрапленников отдельных кристаллов	Оранжевый, желтовато- красный, бурый	—	6,5–7

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклан- ный	Несовершен- ная	3,5	Походит на альмандин, отличается парагенези- сом	Магматические ультраосновные породы – ким- берлиты; оливин, хромдиопсид, энстатит, алмаз, накапливается в россыпях	Абразивный материал, как полудраго- ценный камень
Стеклан- ный	Несовершен- ная	3,5–3,9	Походит на пироп, отличается парагенези- сом	Регионально- метаморфиче- ский, магмати- ческий; мусковит, кварц, биотит, дистен, ПШ, ро- говая обманка и др., накапливается в россыпях	Абразивный материал, как полудраго- ценный камень
Стеклан- ный	Несовершен- ная	3,8–4,3	Походит на альмандин, отличается парагенези- сом	Преимущест- венно редкометальные гранитные пег- матиты с ПШ, кварцем, мусковитом, турмалином	Абразивный материал, как полудраго- ценный камень

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Группа эпидота					
Цоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ (Fe, Mn, Cr)	Ромбическая, призматический с вертикальной штриховкой	Зернистые, вкрапленные, шестоватые	Серый, зеленоватый, иногда розовый, красный, бурый	—	6–6,5
Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ (Cu, Mg, Mn)	Моноклинная, призматиче- ский, наблюдается штриховка параллельная удлинению	Зернистые, вкрапленные, плотные, дру- зы, параллельно шестоватые, лучистые и радиально- лучистые	Чаще зеленый, фисташковый, может быть желтым, серым, бурым, фиоле- товым, черным	—	6–6,5
Ортит $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Th})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ (La, Y)	Моноклинная, толсто- таблитчатый, иногда столбчатый	Вкрапленни- ки, реже плотные и зернистые	Смоляно- черный, бурый	Серая до коричне- вой	5–6, хру- пок

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стекланный	Совершенная по пинакоиду	3,3	Походит на эпидот, отличается более светлой окраской, уверенно отличается по оптическим константам	Регионально-метаморфический, гидротермальный; хлорит, альбит, кальцит, актинолит, андалузит, кварц, пирротин, халькопирит	Породообразующий минерал
Стекланный	Совершенная по пинакоиду	3,4	Походит на турмалин, везувиан отличается формой кристаллов и спайностью, на пироксены отличается характером спайности	Гидротермальный, регионально-метаморфический, контактово-метасоматический; актинолит, хлорит, альбит, кальцит, андрадит, гроссуляр	Породообразующий минерал
Стекланный до смоляного и жирного	Несовершенная, раковистый излом	4,1	Радиоактивен, вокруг зерен часто наблюдается ржаво-бурая оторочка. Походит на уранинит, колумбит-танталит, ильменит, отличается от них белой чертой	Магматический, регионально-метаморфический, грейзеновый, акцессорий в гранитах, редкоземельных гранитных пегматитах, сиенитах; кварц, ПШ, циркон, сфен, биотит	—

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Группа везувиана					
Везувиан Ca_3Al_2 $[\text{SiO}_4]_2[(\text{OH})_4]$	Тетрагональная, призматические, реже пирами- дальные и таб- литчатые. Грани призмы покры- ты вертикаль- ными штриха- ми, а грани пи- накоида выпук- лыми квадрат- ными фигурами	Зернистые, шесто- ватые, радиально- лучистые, плотные	Желтый, бу- рый, зеленый, иногда чер- ный, изум- рудно- зеленый, голубой, фиолетовый, розовый, бесцветный	–	6,5-7
Подкласс кольцевые силикаты					
Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (Na, Mn, Cr, Fe, Cs, Li)	Гексагональная, столбчатый, призматический, на гранях приз- мы наблюдается вертикальная штриховка, скульптуры рос- та и растворения	Вкрапленники, зернистые, лучи- стые, шестоватые, друзы, параллельные стро- стки кристаллов	Зеленый, голубой, бесцветный, белый, желтый, изумрудно- зеленый, розовый	–	7,5-8
Кордиерит $\text{Al}_3(\text{Mg, Fe})_2$ $[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ (Ca, Na, Mn, Be, H_2O)	Ромбическая, призматические, в кристаллах редок	Вкрапленные, зернистые, плотные	Голубовато- синий различных оттенков	–	7-7,5

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный, в изломе жирный и смоляной	Несовершенная	3,4	Походит наgrossуляр, андрадит, эпидот, но другая форма кристаллов, на циркон, отличается формой кристаллов, меньшей твердостью, блеском, парагенезисом	Контактово-метасоматический (известковые скарны), гидротермальный, реже метаморфический; диопсид, grossуляр, эпидот, кальцит, хлорит и др.	Иногда используется как подслучный камень
Стеклянный	Несовершенная	2,6–2,8	Походит на апатит, отличается твердостью, парагенезисом, на кварц, отличается штриховкой, формой кристаллов	Пегматитовый, грейзеновый, высокотемпературный гидротермальный; кварц, турмалин, мусковит, ПШ, топаз, сподумен, флюорит	Источник бериллия, драгоценный камень
Стеклянный	Средняя по пинакоиду, наблюдается отдельность по пинакоиду	2,6–2,7	Походит на кварц, отличается цветом, продуктами разложения, уверено отличается по оптическим свойствам, на корунд, отличается твердостью	Регионально-метаморфический; ставролит, альмандин, силлиманит, андалузит; реже магматический и пегматитовый; кварц, ПШ	—

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Эвдиалит $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}$ $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (TR, Fe, Mn, OH, Cl)	Тригональная, толсто-таблитчатый, пластинчатый, ромбоэдрический и боченовидный, в кристаллах редок	Вкрапленные, зернистые, плотные	Малиново-красный, коричнево-красный, красно-бурый, реже бурый, желтый	Белая	5–5,5
Турмалин $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li})_3$ Al_6 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ $(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$ (Mn, Cr, K, Ca)	Тригональная, призматический, столбчатый, шестоватый, игольчатый, в поперечном сечении сферический треугольник, на гранях призмы вертикальная штриховка	Шестоватые, радиально-лучистые, спутано-игольчатые, волокнистые вкрапленные, реже зернистые	Черный, розовый, бурый, зеленый, желтый, синий, бесцветный, водянопрозрачный, встречаются полихромные разновидности	–	7–7,5
Подкласс цепочечные силикаты					
Группа пироксенов					
Энстатит $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (Fe, Ni)	Ромбическая, короткопризматический, таблитчатый	Вкрапленные зерна неправильной формы, зернистые	Серовато-белый, зеленоватый, зеленовато-бурый	Белая, светло-зеленая	5,5–6

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стекланный	Несовершенная, неровный излом до раковистого	2,8–3,0	Походит на гранаты, отличается агрегатами, твердостью, парагенезисом, на рубеллит, отличается формой кристаллов, парагенезисом	Магматический, щелочные породы и их пегматиты; альбит, микроклин, нефелин, эгирин, сфен, апатит и др.	Иногда используется как поделочный камень
Стекланный, в изломе смоляной	Несовершенная	2,9–3,2	Черный, походит на роговую обманку, отличается твердостью, спайностью, формой сечения, розовый – на эвдиалит, отличается твердостью, агрегатами, парагенезисом	Магматический, пегматитовый, гидротермальный, грейзеновый; кварц, ПШ, мусковит, берилл, лепидолит, сподумен; регионально-метаморфический с хлоритом, серицитом	Красиво окрашенные разновидности используются как драгоценные камни
Стекланный с перламутровым или шелковистым отливом, металловидный	Средняя по призме, отдельность	3,1–3,5	Походит на ферросилит, отличается более светлой окраской. Бронзит походит на желтые колчеданы, отличается чертой, спайностью	Магматический, ультраосновные, основные породы; оливин, плагиоклазы, магнетит	Породообразующий минерал

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Ферросилит (гиперстен) (Fe, Mg) ₂ [Si ₂ O ₆] (Ca, Al, Fe ³⁺ , Mn)	Ромбическая, короткопризма- тический, таблитчатый	Вкрапленники зерен непра- вильной фор- мы, зернистые	Смоляно- черный, черно- бурый, черно- зеленый, зеленый	Белая, светло- зеленая	5,5–6
Диопсид CaMg[Si ₂ O ₆] (Fe, Cr, V, Mn, Na, Al)	Моноклинная, короткостолбча- тый, таблитчатый с поперечным сечением в виде притуплен- ного квадрата, отдельность со своеобразной «ступенчатой» поверхностью в изломе	Зернистые, шестоватые	Серо- зеленый, грязно- зеленый, бутылоч- но- зеленый, иногда голубой, бесцвет- ный	Белая	5,5–6
Геденбергит CaFe[Si ₂ O ₆] (Mg, Mn, Na, Al)	Моноклинная, шестоватый, столбчатый	Лучистые, ра- диальнолучи- стые, крупношесто- ватые	Темно- зеленый до черно- го	Серая с зеленова- тым оттен- ком	5,5–6

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный с перламутровым или шелковистым отливом, металловидный	Средняя по призме, отдельность	3,1–3,5	Походит на энстатит, отличается более темной окраской	Магматический, ультраосновные, основные породы; оливин, плагиоклазы, магнетит	Породообразующий минерал
Стеклянный	Совершенная по призме, отдельность	3,2–3,4	Походит на эпидот, отличается характером спайности; авгит, отличается окраской, формой кристаллов; геденбергит, отличается агрегатами	Магматический, ультраосновные, основные породы с плагиоклазами, оливином; контактово-метасоматические с кальцитом, флогопитом, эпидотом, волластонитом, магнетитом и др.; иногда регионально-метаморфический	Породообразующий минерал, хромдиопсид – драгоценный камень
Стеклянный	Совершенная по призме, отдельность	3,2–3,4	Походит на эгирин, отличается парагенезисом, на актинолит, отличается парагенезисом	Контактово-метасоматический, гидротермальный; волластонит, андрадит, гроссуляр, галенит, сфалерит	Породообразующий минерал

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Авгит $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Ti, Al})$ $[\text{Si, Al})_2\text{O}_6]$ (Na, Cr)	Моноклинная, короткостолбчатый, таблитчатый, редко призматический, с поперечным сечением в виде притупленного квадрата	Зернистые	Черный, темно- зеленый, буровато- черный	—	5,5–6
Эгирин $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (K, Ti, Al, Mn)	Моноклинная, досковидный, столбчатый, иголь- чатый	Шестоватые, радиально- лучистые, звездчатые	Черный, темно- зеленый	Светло- зеленая	5,5–6
Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (Na, Cs)	Моноклинная, призматический, досковидный, таблитчатый, штриховка по удлинению кристаллов	Пластинчато- шестоватые, нередко крупные кристаллы, плотные	Белый, розоватый, иногда зеленоватый	—	6,5–7 у изменен- ных разно- стей ниже
Группа пироксеноидов					
Волластонит $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (Fe)	Триклинная, таблитчатый, досковидный	Шестовые, радиально- лучистые, листоватые, волокнистые	Белый, серый, с краснова- тым или желтоватым оттенком	Белая	4,5–5

Блеск	Спай- ность	Удель- ный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклян- ный	Совер- шенная по призме, отдель- ность	3,3–3,6	Походит на диопсид, отличается окраской, на роговую обманку, отличается харак- тером спайности, более короткоприз- матическими кри- сталлами	Магматиче- ский, в основных и щелочных вулканиче- ских породах; оливин, пла- гиоклазы, ро- говая обманка	Породообра- зующий минерал
Стеклян- ный	Совер- шенная по призме, отдель- ность	3,4–3,6	Походит на турмалин, отличается твердостью, чер- той, спайностью, парагенезисом; на арфведсонит, отличается углом спайности	Магматиче- ский, в щелочных горных породах и их пегматитах; нефелин, ПШ, сфен, апатит, эвдиалит, арфведсонит	Породообра- зующий минерал
Стеклян- ный с пер- ламутровым отливом	Совер- шенная по призме, отдель- ность	3,1–3,2	Походит на поле- вые шпаты, отлича- ется характером спайности, облик кристаллов споду- мена более упло- щенный	Гранитные пегматиты; кварц, микроклин, альбит (клевеландит), рубеллит, лепидолит	Источник ли- тия, драгоценный камень
Стеклян- ный с пер- ламутровым отливом	Совер- шенная по пинакои- ду, излом неровный до занози- стого	2,9	Походит на тремолит, отличается твердостью, на силлиманит, отличается парагенезисом, твердостью	Контактово- метасоматиче- ский; андрадит, диопсид, геденбергит, кальцит	Производство керамики

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Родонит $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ (Fe, Zr)	Триклинная, в кристаллах редок	Плотные, зерни- стые, мономи- неральные скопления	Розовый, красный, с прожилка- ми и налета- ми гидроок- сидов мар- ганца	—	5,5–6,5
Подкласс ленточные силикаты					
Группа амфиболов					
Тремолит Ca_2Mg_5 $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (Fe, Mn)	Моноклинная, призматиче- ский, игольчатый	Шестоватые, лучистые, волокнистые, плотные	Белый, светло-серый, желтоватый	Белая	5,5–6, хрупкий
Актинолит $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5$ $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (Fe, Mn, Al, Na)	Моноклинная, призматиче- ский, игольчатый	Шестоватые, лучистые, волокнистые, плотные	Зеленый различных от- тенков	Белая, иногда зе- леноватая	5,5–6, хрупкий
Роговая обман- ка $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg, Fe})_4$ (Al, Fe) $[\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2$ (F, OH) ₂ (Ti, Mn, Ni и др.)	Моноклинная, призматиче- ский, столбчатый, иногда изометриче- ский, нередко с поперечным сечением в виде ромба	Вкрапленники кристаллов или зерен, зернистые, друзы	Черный, темно- зеленый, бурый	Белая, иногда зе- леноватая	5,5–6

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный, в плотных агрегатах матовый	Совершенная по пинакноиду	3,4–3,7	Походит на эвдиалит, отличается парагенезисом, родозроизит, отличается твердостью, характером спайности	Регионально-метаморфический, контактово-метасоматический; пиролузит, псиломелан, родохроизит	Поделочный камень
Стеклянный	Совершенная по призме	2,9–3,3	Походит на волластонит, отличается твердостью, характером спайности, парагенезисом	Регионально-метаморфический, гидротермальный; кальцит, доломит, хлорит, тальк, кварц, эпидот	Плотная разновидность (нефрит) используется как поделочный камень
Стеклянный	Совершенная по призме	2,9–3,3	Походит на эпидот, отличается характером спайности на геденбергит, отличается спайностью, парагенезисом	Регионально-метаморфический, гидротермальный; кальцит, доломит, хлорит, тальк, кварц, эпидот	Плотная разновидность (нефрит) используется как поделочный камень
Стеклянный	Совершенная по призме	3,1–3,3	Походит на турмалин, отличается формой поперечного сечения, твердостью, спайностью, на эгирин, отличается характером спайности	Магматический, регионально-метаморфический, контактово-метасоматический; плагиоклазы, ортоклаз, кварц, и др.	Породообразующий минерал

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Подкласс слоистые силикаты					
Группа талька					
Тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ (Fe, Al, Ni)	Моноклинная, таблитчатый	Листоватые, пластинчатые, чешуйчатые, плотные, жирные на ощупь, иногда волокнистые	Бесцветный в отдельных чешуйках, белый, желтоватый, зеленоватый, розоватый	Белая	1
Пирофиллит $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ (Mg, Fe, Ca)	Моноклинная, таблитчатый	Листоватые, пластинчатые, чешуйчатые, плотные, жирные на ощупь, иногда волокнистые	Бесцветный в отдельных чешуйках, белый, желтоватый, зеленоватый, розоватый	Белая	1

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стекланный с перламутровым отливом	Весьма совершенная	2,7–2,8	Походит на пирофиллит, отличается парагенезисом (тальк не встречается в ассоциации с кварцем), серицит, отличается твердостью и жирностью, на каолинит, отличается отношением к воде	Образуется при гидротермальном изменении магнезиальных пород; серпентин, магнезит, хлорит, актинолит, магнетит, гематит, тремолит	В бумажной, резиновой, косметической, керамической, текстильной, электротехнической (изоляторы) промышленности
Стекланный с перламутровым отливом	Весьма совершенная	2,8–2,9	Походит на тальк, отличается парагенезисом, серицит, отличается твердостью и жирностью, на каолинит, отличается отношением к воде	Образуется при гидротермальном изменении кислых горных пород, сланцев богатых алюминием; кварц, каолинит, хлорит, андалузит	В бумажной, резиновой, косметической, керамической, текстильной, электротехнической (изоляторы) промышленности

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Группа слюды					
Подгруппа биотита (магниево-железистые слюды)					
Флогопит $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (OH, F) ₂ (Ti, Mn, Ba)	Моноклинная, таблитчатый, пластинчатый (псевдогекса- гональный), короткоприз- матический с выраженной параллельной штриховкой на боковых гранях	Листоватые, пластинча- тые, чешуйчатые	Темно- бурый, красно- бурый, зеленовато- бурый, окраска часто пятнистая, зональная	—	2–3
Биотит $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3$ $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH, F})_2$ (Ti, Na)	Моноклинная, таблитчатый, пластинчатый (псевдогекса- гональный), короткоприз- матический с выраженной параллельной штриховкой на боковых гранях	Листоватые, пластинча- тые, чешуйчатые, иногда друзы	Черный, бурый, буровато- зеленый	—	2,5–3
Подгруппа мусковита (алюминиевые слюды)					
Мусковит $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (OH) ₂ (Cr, Fe, Mg, Mn)	Моноклинная, таблитчатый, пластинчатый (псевдогекса- гональный), короткоприз- матический с выраженной параллельной штриховкой на боковых гранях	Листоватые, пластинча- тые, чешуйчатые, друзы, скорлупова- тые, плотные	Бесцветен, но часто с сероватым, желтова- тым, зеленова- тым, краснова- тым оттенком	—	2–3

Блеск	Спай- ность	Удель- ный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Примене- ние
Стек- лянный, на плос- кости спайно- сти с перла- мутро- вым отливом	Весьма совер- шенная по пина- коиду, листочки гибкие и упругие	2,7– 2,8	Походит на биотит, лепидомелан, отличается парагенезисом	Магматиче- ский, контактово- метасоматиче- ский; магнетит, апатит, кальцит, диопсид, шпинель	В электро- техниче- ской, кера- мической, резиновой промыш- ленностях
Стек- лянный, на плос- кости спайно- сти с перла- мутро- вым от- ливом	Весьма совер- шенная по пина- коиду, листочки гибкие и упругие	2,7– 3,1	Походит на флогопит, отличается парагенезисом	Магматиче- ский, пегматитовый, регионально- метаморфиче- ский; ПШ, кварц, роговая обман- ка, дистен и многие другие	В электро- техниче- ской, кера- мической, резиновой промыш- ленностях
Стек- лянный, на плос- кости спайно- сти с перла- мутро- вым от- ливом	Весьма совер- шенная по пина- коиду, листочки гибкие и упругие	2,7– 3,1	Походит на маргарит, отличается твердостью	Магматиче- ский, пегматитовый, регионально- метаморфиче- ский; ПШ, кварц, роговая обман- ка, дистен и др.	В электро- техниче- ской, кера- мической, резиновой промыш- ленностях

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Подгруппа лепидолита (литиевые слюды)					
Лепидолит $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}$ $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F}, \text{OH})_2$ (Cr, Fe, Mg, Mn)	Моноклинная, пластинчатый (псевдогексаго- нальный)	Листовато- пластинчатые, чешуйчатые, скорлупова- тые	Розовый, бледно- фиолетовый, сиреневый, иногда пер- сиково- красный	—	2–3
Группа хрупких слюд					
Маргарит $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ (OH) ₂ (Na, Mg, Fe)	Моноклинная, тонкопластинча- тый, листочки часто деформированы	Листоватые, чешуйчатые, вкрапленные	Жемчужно- белый с сероватым, розоватым, желтоватым оттенком	—	3,5–5,5, хрупок
Группа серпентина					
Серпентин $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (Fe, Ni, Mn, Cr, Co, Al)	Моноклинная, в кристаллах не встречается	Плотные, час- то смятые, с зеркалами скольжения, с прожилками параллельно- волокнутого хризотил- асбеста	Преимуще- ственно зе- леный раз- личных от- тенков, может быть черным, бурым, сиреневым, серым, желтым, белым	—	2–3,5

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стекланный, на плоскости спайности с перламутровым отливом	Весьма совершенная по пинакоиду, листочки гибкие и упругие	2,8–2,9	Походит, на мусковит, отличается цветом, парагенезисом со сподуменом и рубеллитом	Пегматитовый, грейзеновый; сподумен, рубеллит, альбит, топаз, берилл, флюорит	Источник литья, используется в черной металлургии, фотографии, рентгенографии, медицине
Стекланный, на плоскости спайности с перламутровым отливом	Совершенная по пинакоиду	2,9–3,1	Походит, на мусковит, отличается твердостью, хрупкостью, цветом, парагенезисом	Регионально-метаморфический; корунд, диаспор	—
Стекланный, жирный до воскового	Совершенная, макроскопически не проявлена	2,5–2,7	Походит на хлорит, флогопит, отличается агрегатами	Гидротермальный, образуется при изменении ультраосновных горных пород, доломитизированных известняков, магниезиальных скарнов; тальк, магнетит, хромшпинелид, пироп	Для изготовления огнеупорных кирпичей для черной металлургии, теплоизоляционных материалов, поделочный камень

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Группа хлоритов					
Пеннин Mg ₅ Al[AlSi ₃ O ₁₀] (OH) ₈ (Ca, Mn, Cr, Ni)	Моноклинная, пластинчатый, таблитчатый, боченковид- ный	Чешуйчатые, пластинчатые, друзы, пластинки мягкие, гибкие, но не упругие	Зеленый различных оттенков, серебри- сто-белый, редко розовый, фиолето- вый, красный	—	2–2,5
Клинохлор Mg ₄ (Mg, Al) ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₈ (Ca, Mn, Cr, Ni)					
Группа каолинита					
Каолинит Al ₄ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈ (Fe, Mn, Si, Al, органические примазки)	Триклинная, в кристаллах не встречается	Скрытокристалличе- ские, землистые, плотные	Белый, с различ- ными оттенками за счет примесей	Белая	1–1,5
Группа монтмориллонита					
Монтморил- лонит (Ca, Na) (Mg, Fe, Al) ₂ [Si ₄ O ₁₀] (OH) ₂ ·nH ₂ O (Cr, Cu, Li, K ₂ O, Na ₂ O)	Моноклинная, в кристаллах не встречается	Тонкодисперсные скрытокристалличе- ские, землистые, плотные	Белый, с различ- ными оттенками за счет примесей	Белая	1–2

Блеск	Спайность	Удель- ный вес	Диагностика	Генезис; парагенезис	Применение
Стекланный, с перламут- ровым отли- вом на плос- кости спай- ности	Весьма со- вершенная по пинакоиду	2,6–2,7	Походит на слюды, отлича- ется отсутстви- ем упругости листочков, твердостью, на другие хлори- ты, достоверно отличаются по аналитическим данным	Гидротер- мальный, ре- гионально- метаморфиче- ский, входят в состав хлори- товых слан- цев; кварц, актинолит, эпидот, диоп- сид, гранат, везувиан	Для придания блеска про- дукции бу- мажного про- изводства
Стекланный, в сплошных массах мато- вый	Совершенная, макроскопи- чески не про- явлена	2,6	Походит на другие глини- стые минералы, отличается от- ношением к воде (жадно поглощает во- ду, образует пластичную массу), сухой на ощупь	Образуется за счет выветри- вания алюмосили- катных пород; другие глинистые минералы	В керамиче- ской, фарфоровой, косметиче- ской, строительной промышлен- ностях
Стекланный, в сплошных массах мато- вый	Совершенная, макроскопи- чески не про- явлена	2,4	Походит на другие глини- стые минералы, жирный, в воде набухает и увеличивается в объеме, в увлажненном состоянии мылится	Образуется за счет выветри- вания основ- ных магмати- ческих гор- ных пород, вулканиче- ских туфов; другие глини- стые минера- лы	В медицине, косметиче- ской, текстильной, резиновой, бумажной, нефтяной промышлен- ностях

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твердость
Подкласс каркасные силикаты					
Группа полевых шпатов					
Подгруппа калиево-натриевых полевых шпатов					
Санидин $K[AlSi_3O_8]$ (Na, Ba)	Моноклинная, таблитчатый, часты двойники	Вкрапленники кристаллов или зерен	Бесцветный, походит на стекло, обычно мутный, светло- серый	—	6
Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$ (Na, Ca, Ba, Pb, Rb, Li)	Моноклинная, таблитчатые или призматические кристаллы, часты двойники	Крупнокристаллические, зернистые, плотные	Кремовый, белый, желтовато- серый, светло- розовый	—	6
Микроклин $K[AlSi_3O_8]$ (Na, Ca, Fe, Pb, Rb, Cs)	Триклинная, призматические кристаллы, часты двойники	Крупнокристаллические, зернистые, плотные, графические срастания с кварцем	Розовый, красный, мясо- красный, зеленый — амазонит	—	6

Блеск	Спайность	Удель- ный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклян- ный	Совершенная в двух направ- лениях	2,6	Походит на ортоклаз, уверенно отличается по оптическим константам	Встречается в виде порфировых выделений в современных лавах и вулканитах	—
Стеклян- ный	Совершенная в двух взаимно перпендикуляр- ных направле- ниях под углом 90°	2,6	Походит на микроклин, уверенно отличается по оптическим константам, на сподумен, отличается ха- рактером спайности	Магматиче- ский, в породах кислого, среднего, щелочного со- става; плагиоклаз, кварц, роговая обманка и др.	Породообра- зующий мине- рал
Стеклян- ный	Совершенная в двух взаимно перпендикуляр- ных направле- ниях под углом 89°	2,6	Походит на ортоклаз, уверенно отличается по оптическим константам, на сподумен, отличается ха- рактером спайности	Магматиче- ский, в поро- дах кислого, среднего, щелочного со- става и их пегматитах, гидротер- мальный; кварц, альбит, мусковит, биотит, тур- малин, берилл и др.	Производство керамики, фарфора, амазонит – по- делочный ка- мень

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Подгруппа кальций-натриевых полевых шпатов – плагиоклазов					
Альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (K, Fe, Ba, Sr)	Триклинная, таблитчатый, пластинчатый, полисинтетиче- ские двойники со штриховкой	Тонкопластинча- тые, зернистые, са- харовидные, друзы	Белый, голубова- тый (возможна голубая, иризация)	—	6
Плагиоклазы (олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит) (Na,Ca) $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (K, Fe, Ba, Sr)	Триклинная, таблитчатый, призматические, полисинтетиче- ские двойники со штриховкой	Зернистые, обычно образуют непра- вильные зерна или легко раскалы- вающиеся по спай- ности агрегаты	Белый, серый, черный (голубая, сине- зеленая иризация)	—	6

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклан- ный	Совершен- ная	2,6	Походит на ортоклаз, микроклин, отличается полисинтетическим двойникованием со штриховкой, сахаровидные агрегаты походят на апатит, отличается спайно-стью, карбонаты, отличается твердостью, реакцией с HCl	Магматический, в породах кислого, щелочного состава и их пегматитах, регионально-метаморфический, метасоматический; кварц, мусковит, биотит, турмалин, берилл и др.	Производст- во керамики, иногда поделочный камень
Стеклан- ный	Совершен- ная	2,6	Походит на ортоклаз, микроклин, отличается окраской, полисинтетическим двойникованием со штриховкой	Магматический, в породах кислого, щелочного состава и их пегматитах, регионально-метаморфический; КЩШ, роговая обманка, биотит, мусковит, пироксены	Производст- во керамики, лабрадор используется как поделочный камень

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Группа фельдшпатоидов					
Подгруппа нефелина					
Нефелин $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ (Ca, K, Fe)	Гексагональная, призматический, толстотаблитчатый, ко- роткостолбчатый, в кристаллах редок	Вкраплен- ные, зернистые, массивные	Серый, желтоватый, зеленова- тый, буроватый, красноватый	—	5–6
Подгруппа содалита					
Содалит $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6$ Cl_2 (K)	Кубическая, ромбододекаэдриче- ский, в кристаллах редок	Сплошные, вкрапленные, зернистые	Голубой, синий, серый, бес- цветный	—	5,5–6
Лазурит $\text{Na}_6\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_6$ (SO_4 , S) (Ca, Sr, Mg, CO_2)	Кубическая, ромбододекаэдриче- ский, в кристаллах редок	Зернистые, плотные	Лазуревы- синий, фиолетовый, голубой	—	5,5

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стеклянный	Несовершенная	2,6	Походит на кварц, отличается твердостью, парагенезисом, продуктами разложения нефелина с первичным кварцем не встречается	Магматический, в щелочных горных породах и пегматитах; эгирин, сфен, ПШ, канкринит, содалит, апатит	Источник алюминия, стекольная и керамическая промышленность
Стеклянный, жирный	Несовершенная, излом раковистый	2,2–2,3	Походит на лазурит, отличается парагенезисом, на вишневит (с которым встречается) отличается спайностью, в процессе выветривания покрывается белым мучнистым налетом	Магматический, в щелочных горных породах и их пегматитах, вторичный минерал по нефелину; нефелин, канкринит, эвдиалит	—
Стеклянный, жирный	Несовершенная	2,4	Походит на содалит, вишневит, азурит, отличается парагенезисом с кальцитом и пиритом и реакцией с кислотой	Контактово-метасоматический; кальцит, пирит, флогопит, диопсид, скаполит	Поделочный камень, изготовление минеральной краски

Название, химический состав, (элементы примеси)	Сингония, габитус	Агрегаты	Цвет	Черта	Твер- дость
Группа цеолитов					
Натролит $\text{Na}_2 [\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (K, Fe_2O_3)	Ромбическая, призматический, столбчатый, псевдотетрагональ- ного сечения	Игольчатые, ра- диально- лучистые, кор- ки, сферолиты, волокнистые, иногда халцедоновид- ные	Белый, желтоватый, иногда с зеленова- тым, крас- новатым оттенком	—	5–5,5
Десмин (стильбит) (Na_2, Ca) $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (K, Mg)	Моноклинная, пластинчатый, столбчатый, часты двойники	Расщепленные кристаллы сноповидной и сферолитовой формы	Белый с желтова- тым или краснова- тым оттенком	—	3,5–4
Гейландит (Ca, Na_2) $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Na, K, Sr, Ba)	Моноклинная, изометрический, таблитчатый	Листоватые массы с параллельным срастанием пластинок, лу- чисто- листоватые аг- регаты, в виде секреций	Белый с желтова- тым или краснова- тым оттенком	—	3,5–4, хрупок

Блеск	Спайность	Удельный вес	Диагностика	Генезис, парагенезис	Применение
Стекланный, до шелковистого у лучистых разностей	Совершенная по призме, излом занозистый	2,3	Походит на другие цеолиты, волластонит, тремолит, отличается спайностью, парагенезисом	Гидротермальный (в пустотах базальтов и при изменении нефелина), экзогенный; часто мономинеральный, кварц, пирит, альбит, КПШ, апатит, анальцит, эвдиалит	Используются для очистки и понижения жесткости питьевой воды, очистки природного газа перед его транспортировкой, разделения органических молекул в химическом производстве как молекулярные сита, как сорбенты в фармацевтике, как минеральные добавки к корму животных
Стекланный с перламутровым отливом на плоскости спайности	Совершенная по пинакоиду	2,1–2,2	Походит на гейландит, отличается агрегатами	Гидротермальный, образуется в пустотах и трещинах основных вулканических пород, иногда гидротермальных жилах, часто мономинеральный	
Стекланный с перламутровым отливом на плоскости спайности	Совершенная по пинакоиду	2,1–2,2	Походит на десмин, отличается агрегатами	Гидротермальный, образуется в пустотах и трещинах основных вулканических пород	

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Авантюрин	см. группу полевых шпатов	23, 26
Авгит	$\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Ti, Al})[\text{Si, Al}]_2\text{O}_6$	13, 16, 51, 52
Адуляр	см. группу полевых шпатов	24, 25
Аквамарин	см. берилл	12
Аксинит	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{BO})_3[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$	11
Актинолит	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	10, 15, 53, 54
Альбит	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	20, 24, 25, 65, 66
Альмандин	$\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	9, 13
Андалузит	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	7, 8, 34, 35, 36, 38, 44, 46, 56
Андезин	$\text{CaNa}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	25, 65
Андрадит	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$	9, 11, 39, 44, 46, 50, 52
Анортит	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	25, 65
Ахроит	см. турмалин	13
Байкалит	см. диопсид	15
Барсановит	см. эвдиалит	13
Бастит	см. серпентин	15, 21
Бейделлит	см. группу монтмориллонита	21
Бенитонит	$\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$	12
Берилл	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	11, 12, 17, 20, 34, 45, 48, 60, 64, 66
Биотит	$\text{K}(\text{Mg, Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH, F})_2$	20, 30, 32, 34, 38, 42, 44, 57, 58, 64, 66
Битовнит	$\text{CaNa}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	25, 65
Бронзит	см. энстатит	6, 15, 48
Везувиан	$\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_2[(\text{OH})_4]$	11, 40, 44, 45, 62
Верделит	см. турмалин	13
Вилуит	см. везувиан	11
Виолан	см. диопсид	15
Волластонит	$\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$	17, 36, 40, 50, 51, 54, 70
Воробьевит	см. берилл	12
Галлаузит	см. группу каолинита	21
Геденбергит	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	13, 14, 16, 49, 50, 52, 54
Гейландит	$(\text{Ca, Na}_2)[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	28, 69, 70
Гелиодор	см. берилл	12
Гиацинт	см. циркон	6, 32
Гибшит	см. группу граната	9
Гидденит	см. сподумен	17
Гиперстен	см. ферросилит	15, 49
Голдманит	см. группу гранатов	9
Гошенит	см. берилл	12
Гроссуляр	$\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	9, 11, 39, 44, 46, 50
Группа амфиболов		17, 53
Группа везувиана		11, 45

Группа гранатов		9, 39
Группа дистена		7, 33
Группа каолинита		21, 61
Группа монтморил- лонита		21, 61
Группа оливина		5, 29
Группа пироксенов		13, 47
Группа пироксенои- дов		17, 51
Группа полевых шпа- тов		23, 63
Группа серпентина		21, 59
Группа слюд		19, 57
Группа ставролита		8, 37
Группа сфена		8, 31
Группа талька		19, 55
Группа топаза		7, 33
Группа турмалина		13, 47
Группа фельдшпатои- дов		26, 67
Группа хлоритов		21, 61
Группа хрупких слюд		20, 59
Группа цеолитов		27, 69
Группа циркона		6, 31
Группа эпидота		9, 43
Давидсонит	см. берилл	12
Десмин	$(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	27, 69, 70
Диксит	см. группу каолинита	21
Диопсид	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	13, 14, 15, 16, 20, 30, 32, 40, 46, 49, 52, 58, 62, 68
Дистен	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	5, 7, 31, 32, 34, 41
Дихроит	см. кордиерит	5, 7, 33, 36, 38, 42, 58
Дравит	см. турмалин	13
Изумруд	см. берилл	12
Индиголит	см. турмалин	13
Иолит	см. кордиерит	12
Каолинит	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	21, 56, 61
Кианит	см. дистен	7
Кимцеит	см. группу гранатов	9
Клевеландит	см. альбит	26, 52
Клинохлор	$\text{Mg}_4(\text{Mg}, \text{Al})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	21, 61
Кордиерит	$\text{Al}_3(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$	12, 45
Кунцит	см. сподумен	17
Лабрадор	$\text{CaNa}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	23, 25, 26, 65
Лазурит	$\text{Na}_6\text{Ca}[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4, \text{S})$	22, 27, 67, 68
Лепидолит	$\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F}, \text{OH})_2$	20, 48, 52, 59
Лизардит	см. серпентин	21
Лунный камень	см. группу полевых шпатов	23, 26

Малакон	см. циркон	7
Манганэпидот	см. эпидот	10
Маргарит	$\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	21 , 58, 59
Меланит	см. группу граната	9
Микроклин	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	20, 24, 25 , 30, 48, 52, 63, 64, 66
Монтмориллонит	$(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	21, 22 , 47
Мусковит	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	4, 19, 20 , 34, 38, 42
Накрит	см. группу каолинита	21
Натролит	$\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	27 , 69
Нефелин	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	13, 26 , 32, 48, 52, 67, 68, 70
Нефрит	см. группу амфиболов	18 , 54
Нонтронит	см. группу монтмориллонита	21
Оливин	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	4, 5 , 6, 29, 30, 42, 48, 50, 52
Олигоклаз	$\text{CaNa}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	25 , 65
Орлец	см. родонит	17
Ортит	$(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Th})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$	9, 10 , 43
Ортоклаз	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	4, 24 , 25, 54, 64, 66
Пеннин	$(\text{Mg})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (Ca, Mn, Cr, Ni)	21 , 61
Пикнит	см. топаз	7
Пироп	$\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	9 , 30, 41, 42, 60
Пирофиллит	$\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	19 , 36, 55, 56
Псевдоандалузит	см. дистен	7
Пьемонтит	см. эпидот	10
Роговая обманка	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2(\text{F}, \text{OH})_2$	18 , 42, 52, 52, 58
Родонит	$\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$	17 , 53
Рубеллит	см. турмалин	13 , 20, 48, 52, 60
Салит	см. диопсид	15
Санидин	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	24, 25 , 63
Саппарит	см. дистен	7
Серицит	см. мусковит	20 , 48, 56
Сerpентин	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	5, 6, 15, 19, 21 , 40, 56, 59
Силлиманит	$\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$	7, 8 , 35, 38, 46, 52
Содалит	$\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{Cl}_2$	22, 26 , 68
Солнечный камень	см. группу полевых шпатов	23 , 26
Спессартин	$\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	9 , 42
Сподумен	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	4, 14, 17 , 20, 34, 46, 48, 51, 52, 60, 64
Ставролит	$\text{Al}_4\text{Fe}[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$	8 , 34, 36, 37, 46
Стильбит	см. десмин	27 , 69
Сфен	$\text{CaTi}[\text{SiO}]_4\text{O}$	7, 31, 44, 48, 52, 68
Тальк	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	18, 19 , 54, 55, 56, 60

Тефроит	$\text{Mn}_2[\text{SiO}_4]$	6
Титанит	см. сфен	7
Топаз	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$	7, 20, 33, 46, 60
Тремолит	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	18, 36, 52, 53, 56, 70
Тулит	см. цоизит	10
Турмалин	$\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4$	13, 20, 38, 42, 44, 46, 47, 52, 54, 64, 66
Уваровит	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$	9, 39
Фаялит	$\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$	5, 6, 29, 30
Ферросилит	$(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1314, 15, 48, 49
Флогопит	$\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$	19, 20, 30, 50, 57, 58, 60, 68
Форстерит	$\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$	5, 6, 20, 29, 30
Фуксит	см. мусковит	20
Хризотил-асбест	см. серпентин	21, 59
Хромдиопсид	см. диопсид	15, 30, 42, 50
Хромцоизит	см. цоизит	10
Хромэпидот	см. эпидот	10
Циркон	$\text{Zr}[\text{SiO}_4]$	5, 6, 11, 31, 32, 44, 46
Циртолит	см. циркон	7
Цоизит	$\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$	9, 10, 43
Шерл	см. турмалин	13
Шерл тальковый	см. дистен	7
Шорломит	см. группу гранатов	9
Эвдиалит	$\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	13, 32, 47, 48, 52, 54, 68, 70
Эвколит	см. эвдиалит	13
Эгирин	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	13, 14, 16, 32, 48, 50, 51, 54, 68
Эльбаит	см. турмалин	13
Энстатит	$\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	6, 13, 14, 15, 19, 21, 42, 47, 50
Эпидот	$\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$	5, 9, 10, 30, 32, 40, 43, 44, 46, 50, 54, 62

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов А.И., Полуэктова Т.И. Практикум по минералогии: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПИ, 1988. – 95 с.
2. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М.: Государственное изд-во геологической литературы, 1951. – 542 с.
3. Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие. – М.: Изд-во КДУ, 2008. – 736 с.
4. Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия. – М.: Мир, 1987. – 592 с.
5. Булах А.Г. Общая минералогия: учебник / А.Г. Булах. – 2-е изд., испр. и перераб. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. – 356 с.
6. Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Общая минералогия. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Академия, 2008. – 416 с.
7. Лазаренко А.И. Курс минералогии. – М.: Высшая школа, 1971. – 607 с.
8. Миловский А.В. Минералогия и петрография. – М.: Недра, 1985. – 432 с.
9. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. – М.: Недра, 1971. – 179 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Класс силикаты и их аналоги	4
Островные силикаты	5
Кольцевые силикаты	11
Цепочечные силикаты	13
Ленточные силикаты	17
Слоевые силикаты	18
Каркасные силикаты	22
Диагностические таблицы	29
Предметный указатель	71
Список использованной литературы	75

Учебное издание

АНАНЬЕВА Людмила Геннадьевна

МИНЕРАЛОГИЯ КЛАСС СИЛИКАТОВ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор
*доктор геолого-минералогических наук,
профессор А.Ф. Коробейников*

Дизайн обложки XXXXXX

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати xx.xx.2011. Формат 60х84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 8,96. Уч.-изд. л. 8,10.
Заказ xxx-11. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru