

**ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И СВОЙСТВ СИЛИКАТОВ**

Цель работы: ознакомиться с коллекцией минералов класса силикатов, изучить их основные диагностические признаки во взаимосвязи с типами структур, области применения и условия образования.

Оборудование и материалы: минералы класса силикатов; шкала твердости Мооса; фарфоровая пластинка; концентрированные HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaOH, лупа; спиртовка.

**I. Общие сведения**

Силикаты представляют собой наиболее многочисленный класс минералов, включающий в себя совместно с разновидностями до пятисот представителей, что составляет около четверти всех известных минералов и около 85 % массы земной коры. Силикаты весьма разнообразны как по своим физическим характеристикам, так и оптическим свойствам, которые определяются их внутренней структурой.

Основой структуры силикатов является кремнекислородный тетраэдр [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup> (рис. 26). Такие тетраэдры объединяются в группы, образующие различные типы кремнекислородных структур: островные (отдельные группы [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup> и отдельные кремнекислородные комплексы [Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]<sup>6-</sup>, кольцевые, цепочечные, ленточные, листовые и каркасные.

Большинство силикатов (73 %) кристаллизуется в низших сингониях (главным образом в моноклинной), реже (18%) встречаются силикаты, кристаллизующиеся в средних сингониях, а еще более редки (9%) силикаты кубической сингонии.

Аналогично оксидам силикаты – устойчивые минералы, трудно растворимые в воде и кислотах. Однако на земной поверхности они с течением времени разрушаются, часто образуя различные глинистые минералы.

**Островные силикаты.** Среди них различаются силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами и с изолированными группами тетраэдров.

Структурными единицами *силикатов с изолированными кремнекислородными тетраэдрами* являются кремнекислородные тетраэдры [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>, расположенные изолировано друг от друга (рис. 26, 27а), которые связываются друг с другом только посредством катионов – Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, реже Ni<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, иногда Pb<sup>2+</sup>, Be<sup>2+</sup>, Ti<sup>4+</sup>, Zr<sup>4+</sup>, Th<sup>4+</sup>.

Минералы данного подкласса нередко встречаются в виде хорошо образованных изометричных кристаллов, имеют высокую твердость (6,5–8), сильный блеск, высокие показатели преломления и часто повышенную температуру плавления. В большинстве своем они слабо окрашены, а окраску приобретают

за счет хромофоров. При взаимодействии с HCl они образуют студенистый кремнезем.



Рис. 26. Различные способы изображения кремнекислородного тетраэдра

Главными представителями островных силикатов с изолированными кремнекислородными тетраэдрами являются оливин, группы граната (альмандин, пироп, андрадит и др.), циркон, топаз, сфен и группы кианита (кианит, андалузит, силлиманит).

Среди **силикатов с изолированными группами тетраэдров** могут быть выделены силикаты с изолированными группами  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$  – дисиликаты, структура которых образована обособленными парами кремнекислородных тетраэдров, содержащих по одному общему атому кислорода (см. рис. 27б). Катионами этих силикатов являются преимущественно ионы с большими радиусами – Ca, Na, Ce, La, Se, Pb, Ba, K, Zn, Be, а в сложных соединениях – в комбинации с Al, Mg, Be, Zn.

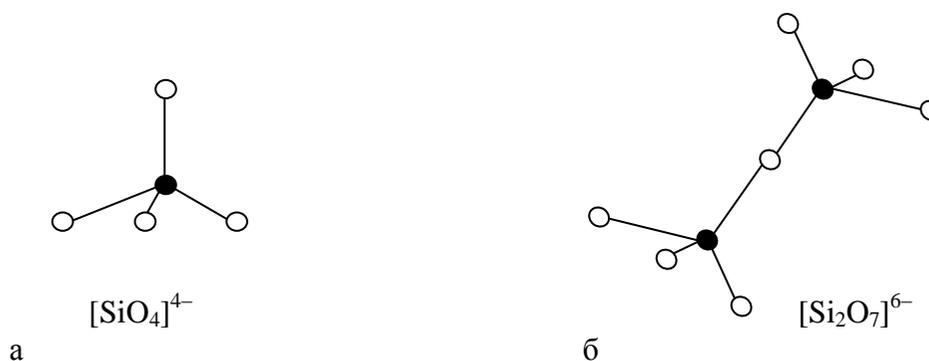


Рис. 27. Островной тип структуры силикатов  
а – с единичными изолированными тетраэдрами; б – дисиликаты

Дисиликаты характеризуются высокими плотностью и показателем преломления. Твердость и кислотостойкость повышается с увеличением содержания Al и Be; при наличии Fe минералы интенсивно окрашиваются.

К силикатам с изолированными группами  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$  относятся эпидот и минералы группы мелилита (геленит, окерманит).

**Кольцевые силикаты.** Для силикатов с кольцевыми анионами характерно содержание изолированных групп  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , связанных в кольца (рис. 28). Такие кольцевые группировки могут состоять из 3, 4, 6, также 8 и 12 тетраэдров с анионными радикалами  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ ,  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ ,  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ .

К этому подклассу минералов относятся берилл, кордиерит, турмалин и др.

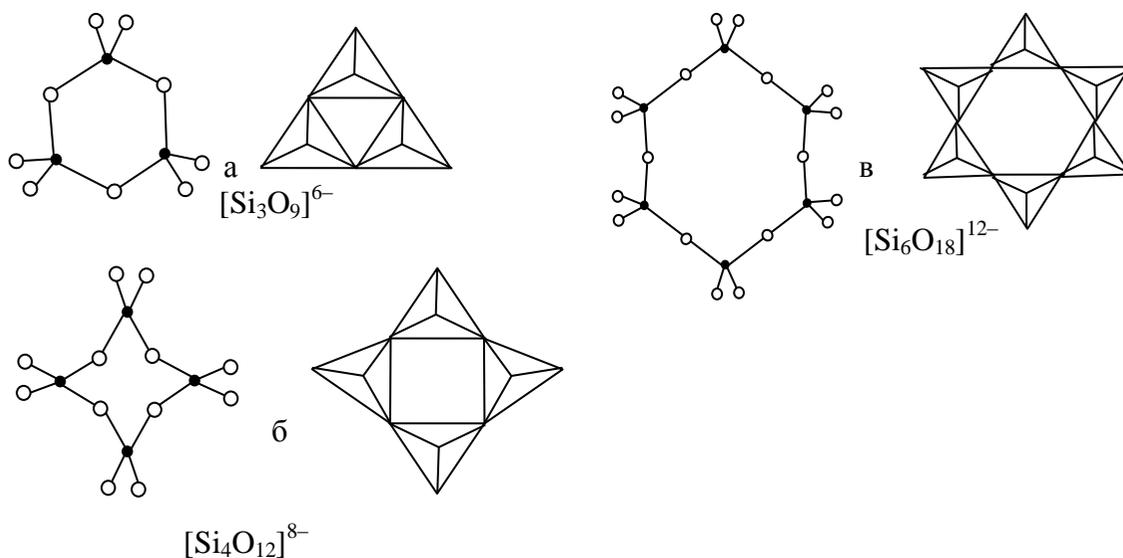


Рис. 28. Кольцевой тип структуры  
 а – трех-, б – четырех- и в – шестичленные обособленные кольца

**Цепочечные силикаты.** Основу структуры силикатов этого подкласса образуют кремнекислородные цепочки – сочленения кремнекислородных тетраэдров  $[\text{SiO}_3]^{2-}$ , в которых два атома кислорода связаны с кремнием полностью, а два другие – лишь наполовину (рис. 29).

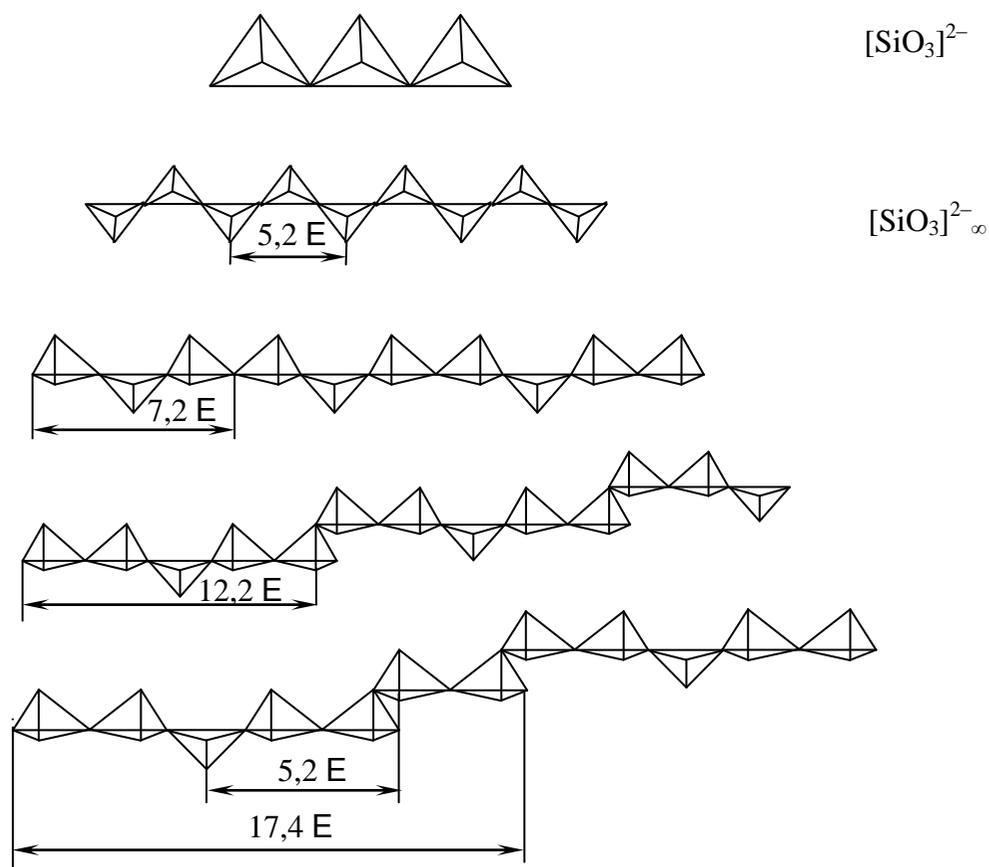


Рис. 29. Цепочечный тип структуры

Соединение в структуре кристалла осуществляется посредством катионов Mg, Fe, Ca, Na, иногда Li, а также Al, Fe за счет свободной валентности кислорода. Радикалом этих силикатов является бесконечная цепочка из кремнекислородных тетраэдров  $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{5-}$  или  $[\text{SiO}_3]^{2-}$  и более сложных. Среди анионов в цепочечных силикатах, кроме  $[\text{SiO}_4]^{6-}$ , может присутствовать радикал  $[\text{AlO}_4]^{5-}$ , а также  $[\text{OH}]^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ .

Главнейшими представителями цепочечных силикатов являются пироксены (энстатит, гиперстен, диопсид, авгит).

**Ленточные силикаты.** К этой группе относятся силикаты, основу структуры которых составляют обособленные пояса или ленты, представляющие собой свободные цепочки. Радикал для этого типа силикатов  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{6-}$  или  $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{8-}$  (рис. 30). В каждом кольце ленты присутствует один анион  $[\text{OH}]^-$ , иногда  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{O}^-$ .

Наиболее распространенными минералами ленточных силикатов являются минералы группы амфиболов (роговая обманка, тремолит, актинолит, антофиллит). К силикатам, имеющим анионную группу  $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{10-}$  относятся волластонит, родонит.

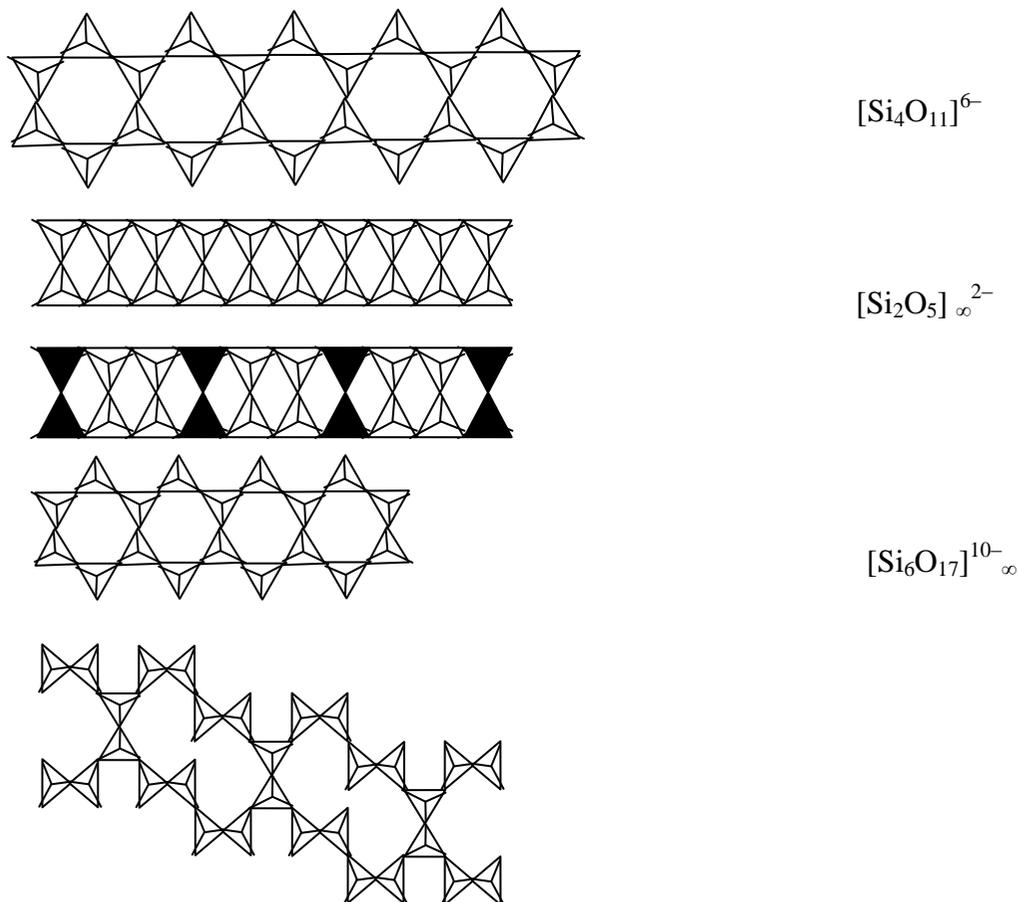


Рис. 30. Ленточная структура

**Слоистые силикаты.** К ним относятся минералы слоевой (листовой) структуры, состоящие из кремнекислородных тетраэдров  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$  (Рис. 31), образующих слои, которые связаны друг с другом катионами. Главными из них являются  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$ , при этом  $\text{Mg}^{2+}$  часто замещается  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , реже  $\text{Mn}^{2+}$ . Иногда место  $\text{Al}^{3+}$  занимает  $\text{Fe}^{3+}$ , реже  $\text{Cr}^{3+}$  или  $\text{V}^{3+}$ . В тех случаях, когда в радикале  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{6-}$  часть ионов  $\text{Si}^{4+}$  замещена ионами  $\text{Al}^{3+}$  (тетраэдры  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  частично заменены на тетраэдры  $[\text{AlO}_4]^{5-}$ ), в состав минерала входят дополнительные крупные катионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , а также молекулы воды.

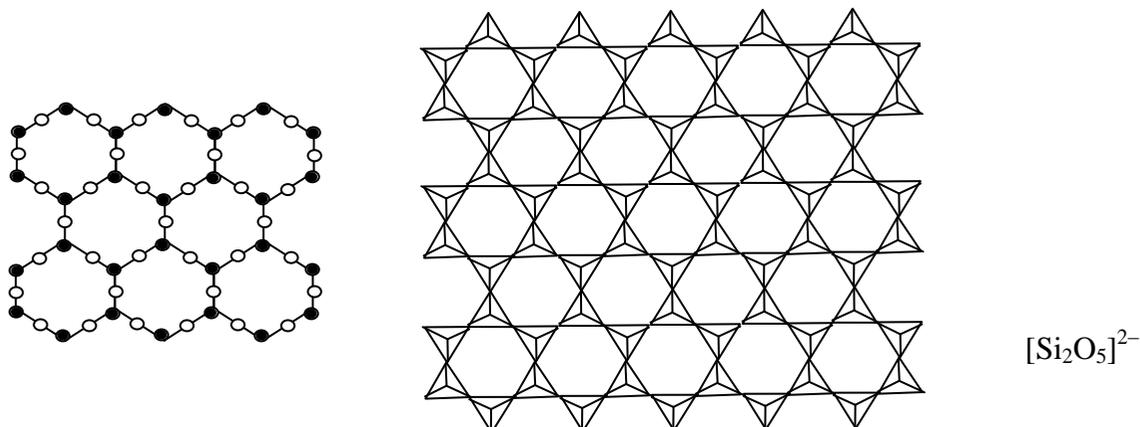


Рис. 31. Листовой тип структуры

Для минералов этого подкласса характерно наличие в их составе группы  $[\text{OH}]^-$ , нередко вместе с  $\text{F}^-$ . В химическом отношении эти минералы являются гидроксилсодержащими силикатами  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{K}$  и других элементов.

Физические свойства минералов данного класса находятся в прямой зависимости от их структуры. Для них характерна совершенная спайность, благодаря чему они легко расщепляются на тонкие листочки и чешуйки вследствие того, что связь внутри кремнекислородных слоев намного прочнее, чем между отдельными кремнекислородными слоями, где она осуществляется в основном катионами.

Главными представителями листовых силикатов являются минералы группы слюд (мусковит, биотит, флогопит), тальк, пиррофиллит, минералы группы глин (каолинит, галлуазит, монтмориллонит, хлорит, серпентин), минералы группы гидрослюд (глауконит, вермикулит).

**Каркасные силикаты и алюмосиликаты.** Основой структуры каркасных силикатов является непрерывный трехмерный каркас из связанных между собой кремнекислородных тетраэдров. Атомы кислорода всех тетраэдров являются общими, поэтому в чистой структуре такого типа все связи кремния насыщены кислородом, и возможность вхождения в структуру других атомов в данном случае исключается (рис. 32).

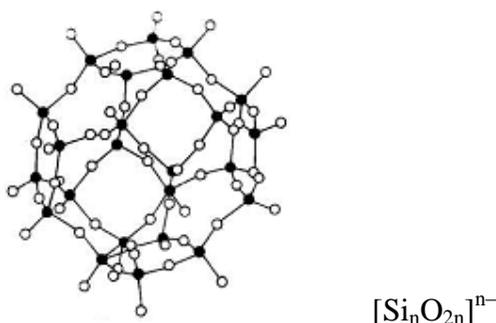


Рис. 32. Каркасный тип структуры.

В том случае, когда часть четырехвалентного кремния в кремнекислородном тетраэдре замещается трехвалентным алюминием, появляется одна ненасыщенная связь, компенсируемая другими металлическими катионами –  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , реже  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Rb}^{2+}$ ,  $\text{Cs}^{2+}$ .

Так, при замещении одной четверти атомов кремния атомами алюминия группа  $[\text{Si}_4\text{O}_8]^{6-}$  замещается группой  $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]^{1-}$ . Одна валентность кислорода остается ненасыщенной, алюмокремниевая группа сохраняет устойчивость лишь при введении в решетку дополнительных катионов, например, калия –  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ . Такое строение имеет микроклин и ортоклаз. При замене в такой группе  $[\text{Si}_4\text{O}_8]^{6-}$  половины кремния алюминием возникают две ненасыщенные связи и алюмокремниевая группа  $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]^{2-}$  получает два заряда, что дает возможность внедрения в решетку иона кальция –  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . Такое строение имеет анортит.

Примером каркасных силикатов являются минералы группы полевых шпатов (альбит, микроклин, ортоклаз, анортит, целезиан), группы фельдшпатоидов (лейцит, нефелин, лазурит, содалит), группы цеолитов (натролит). Плагиоклазами называют минералы, образованные изоморфной смесью альбита  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  и анортита  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . Номер плагиоклаза указывает на массовое содержание анортита (An) в молекуле минерала в процентах. По содержанию анортита различаются собственно анортит (90–100 % An), битовнит (70–90 % An), лабрадор (50–70 % An), андезин (30–50 % An), олигоклаз (10–30 % An) и альбит (0–10 % An).

Основные диагностические признаки силикатов приведены в определителе минералов (табл. в приложении) и табл. 15.

## 2. Порядок выполнения работы

Пользуясь определителем минералов (табл. 1 в приложении), произвести диагностику силикатов, написать кристаллохимическую формулу, охарактеризовать физические свойства, описать условия образования и применение в производстве силикатных материалов.

Результаты оформить в виде таблицы

Наименование минерала и кристаллохимическая формула	Класс, подкласс	Тип структуры	Сингония и форма кристаллов	Цвет минерала	Цвет черты	Блеск
---	-----------------	---------------	-----------------------------	---------------	------------	-------

Продолжение таблицы

Твердость	Спайность, излом	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочие диагностические свойства	Происхождение	Применение	Месторождения
-----------	------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------	------------	---------------

### Контрольные вопросы

1. Назовите типы структур силикатов.
2. Охарактеризуйте особенности строения дисиликатов.
3. Чем отличаются пироксены от амфиболов?
4. В чем особенность структуры волластонита и родонита?
5. Напишите формулу кальциевого силиката кольцевой структуры с тремя звеньями в кольце из кремнекислородных тетраэдров.
6. Напишите формулу альбита – натриевого силиката, в котором алюминием замещена одна четвертая часть атомов кремния.
7. Напишите формулу нефелина – натриевого силиката каркасной структуры, в котором половина кремния замещена алюминием.
8. Охарактеризуйте плагиоклаз № 70.
9. Как отличать микроклин от ортоклаза?
10. Чем отличаются полевые шпаты от фельдшпатоидов? Приведите примеры минералов обеих групп.
11. Охарактеризуйте особенности строения минералов семейства цеолитов.
12. Охарактеризуйте группу глинистых минералов.
13. К какому типу структуры силикатов относится полевой шпат, мусковит, монтмориллонит?
14. По каким признакам определяют тальк и хризотил-асбест?
15. Какие силикаты могут встречаться при кристаллизации стекол, содержащих оксиды SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO?

Таблица 15

### Характеристика силикатов

Минерал Формула	Сингония	Происхождение	Область применения	Месторождение
1	2	3	4	5
<b>Силикаты с изолированными тетраэдрами SiO<sub>4</sub> (островные)</b>				
Циркон Zr[SiO <sub>4</sub> ]	Тетрагональная	Магматическое, иногда россыпи	Изготовление кислото- и огнеупорных тиглей, посуды, эмалей, устойчивых красок.	Россия (Урал)
Оливин (Mg, Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> Форстерит Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> Фаялит Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Ромбическая	Магматическое, метаморфическое (в доломитовых мраморах)	Изготовление форстеритовых огнеупоров, ювелирное производство	Россия (Урал, Забайкалье), Закавказье

Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$	Ромбическая	Гидротермальное, пневматолитовое – пегматиты, грейзены	Ювелирное производство	Россия (Урал, Вост. Сибирь), Украина (Во-лынь)
Андалузит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	Ромбическая	Метаморфическое	Высокоглиноземистое сырье, производство огнеупорных изделий, футеровка печей	Казахстан (Семиз-Бугу)
Силлиманит $\text{Al}[\text{SiAlO}_5]$	Ромбическая	Контактово-метаморфическое	Высокоглиноземистое сырье, производство огнеупорных изделий, футеровка печей	Россия (Кольский полуостров)
Ставролит $\text{Fe}^{2+}\text{Al}_4[\text{SiO}_4]\text{O}_2(\text{OH})_2$	Ромбическая	Метаморфическое	Практического применения не имеет	Россия (Урал, Таймыр)
Кианит (дистен) $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	Триклинная	Метаморфическое	Высокоглиноземистое сырье, производство огнеупорных изделий, футеровка печей	Россия (Кольский полуостров, Урал)
Гранаты: пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ уваровит $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$	Кубическая	Контактово-метасоматическое (в скарнах), метаморфическое (в кристаллических сланцах), иногда магматическое	Абразивные материалы, ювелирное производство (полудрагоценные камни)	Россия (Урал), Закавказье
Сфен (титанит) $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$	Моноклиная	Магматическое, метаморфическое	Сырье для получения окиси титана, производство красок	Россия (Урал, Кольский полуостров)
<b>Силикаты с изолированными группами тетраэдров <math>\text{SiO}_4</math> (кольцевые)</b>				
Берилл Аквамарин Изумруд $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	Гексагональная	Магматическое (в пегматитах)	Руда на бериллий, ювелирное производство	Россия (Урал, Забайкалье)
Турмалин $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Al})_6[\text{B}_3\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}](\text{OH})_2$	Тригональная	Магматическое (в пегматитах), гидротермальное	Ювелирное производство, радиотехника	Россия (Урал, Забайкалье) Средняя Азия
Данбурит $\text{CaB}_2[\text{SiO}_4]_2$	Ромбическая	Метаморфическое?	Производство стекла, керамических изделий	Украина (Крым), Россия (Сибирь)
Кордиерит $\text{Al}_3(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_5\text{AlO}_{18}]$	Ромбическая	Метаморфическое (в гнейсах, сланцах)	Изготовление кордиеритовой керамики	Россия (Забайкалье, Урал)
Волластонит: $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$	Триклинная	Контактово-метасоматическое (в мраморах)	Высококачественная керамика, глазури, эмали, материал для теплоизоляции	Россия (Урал), Северный Казахстан
Родонит $(\text{Mn}, \text{Ca})[\text{SiO}_3]$	Триклинная	Контактово-метасоматическое	Поделочный и облицовочный камень	Россия (Урал)
<b>Силикаты с непрерывными цепочками тетраэдров <math>\text{SiO}_4</math> (цепочечные)</b>				
Энстатит $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Моноклиная	Магматическое	Энстатитовая керамика	Россия (Урал, Сибирь) Кавказ

Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Моноклинная	Магматическое, контактово-метасоматическое, метаморфическое	Производство облицовочной керамики, ситаллов, кислотоупорных и футеровочных материалов при выплавке алюминия	Россия (Урал, Сибирь, Кольский полуостров), Средняя Азия
Авгит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	Моноклинная	Магматическое, контактово-метасоматическое	Производство кислотоупорных материалов	Россия (Урал)
Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Моноклинная	Магматическое	Производство специальных стекол, ситаллов, огнеупорных изделий	Россия (Забайкалье), Казахстан
<b>Силикаты с двойными цепочками тетраэдров <math>\text{SiO}_4</math> (ленточные)</b>				
Тремолит Асбест – волокнистый $\text{Ca}_2\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	Моноклинная	Метаморфическое	Теплоизоляционный материал	Россия (Урал, Прибайкалье)
Актинолит Нефрит – скрытокристаллический, асбест $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	Моноклинная	Метаморфическое	Производство кислотоупоров, ювелирное производство	Россия (Урал, Прибайкалье), Средняя Азия,
Роговая обманка $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_4[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	Моноклинная	Магматическое, метаморфическое	Керамическое производство	Россия (Урал, Забайкалье), Беларусь (Микашевичи)
Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{O}_{11}](\text{OH})$	Моноклинная	Метаморфическое, гидротермальное	Поделочный камень	Россия (Южный Урал)
<b>Силикаты с непрерывными слоями тетраэдров <math>\text{SiO}_4</math> (листовые)</b>				
Тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Моноклинная	Гидротермальное изменение богатых магнием ультраосновных пород	Производство электротехнической (стеатитовой) и кордиеритовой керамики, глазурей, кислото- и огнеупорных материалов	Россия (Урал, Забайкалье)
Флогопит $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$	Моноклинная	Контактово-метасоматическое, магматическое (в пегматитах), метаморфическое (в кристаллических сланцах)	Электропромышленность (изоляторы), производство огнестойких строительных материалов, керамических изделий	Россия (Забайкалье, Вост. Сибирь)
Биотит $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$	Моноклинная	Магматическое, метаморфическое	Практического значения не имеет	Россия (Урал, Забайкалье)
Мусковит Серицит – скрыточешуйчатый $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Моноклинная	Магматическое, гидротермальное, метаморфическое (в гнейсах, кварцитах)	Электропромышленность (изоляторы), производство огнестойких строительных материалов, керамических изделий	Россия (Карелия, Вост. Сибирь, Урал)
Хлорит $(\text{Mg}, \text{Fe})_{4-5}\text{Al}_{1-2}[\text{Al}_{1-2}\text{Si}_{2-3}\text{O}_{10}]$	Моноклинная	Гидротермальное низкотемпературное, метаморфическое	Бумажное производство	Россия (Урал)

(OH) <sub>8</sub>				
Вермикулит (Mg,Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> ) [(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Моноклинная	Химическое _ыветривание и гидротермальное изменение биотита, флогопита	Тепло- и звуко- изоляционны мате- риал, легкий запол- нитель бетона	Россия (Урал)
Глауконит K <sub>&lt;1</sub> (Fe <sup>+3</sup> ,Fe <sup>2+</sup> ,Al, Mg) <sub>2-3</sub> [Si <sub>3</sub> (Si,Al)O <sub>10</sub> ](O H) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	Моноклинная	Осадочное	Калийные удобре- ния, стойкая зеленая краска, умягчитель жесткой воды	Россия (По- волжье), Бела- русь, Украи- на
Каолинит Al <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ](OH) <sub>8</sub>	Моноклинная	Химическое вывет- ривание алюмосили- катных горных по- род	Производство кера- мики (фарфор, фа- янс), огнеупоров, це- ментного клинкера	Украина, Рос- сия (Урал)
Монтморил- лонит m{Mg <sub>3</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] (OH) <sub>2</sub> }·p{[(Al,Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ](OH) <sub>2</sub> ] ·nH <sub>2</sub> O	Моноклинная	Химическое вывет- ривание основных пород	Производство кера- мики, очистка неф- тепродуктов, изгото- вление текстиля, резины, бумаги, мы- ла и др.	Украина (Крым), Россия (Нальчик, Куйбышевская область), Гру- зия
Серпентин Mg <sub>6</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ](OH) <sub>8</sub>	Моноклинная ?	Гидротермальное изменение ультраос- новных пород	Изготовление фор- стеритовых огне- упоров, облицовоч- ный камень	Россия (Урал), Закавказье
Галлуазит Al <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ](OH) <sub>8</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Моноклинная ?	Химическое вывет- ривание основных пород	Практического зна- чения не имеет	Россия (Урал), Украина (Кри- вой Рог)
Аллофан mAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nSiO <sub>2</sub> ·pH <sub>2</sub> O	Аморфная	Экзогенное – в зонах оокисления рудных месторождений и пород	Керамическая про- мышленность, про- изводство неоргани- ческих красителей	Россия (Урал, Хакассия, Нальчик), Таджикистан
<b>Силикаты с непрерывными трехмерными каркасами из тетраэдров (Si,Al)O<sub>4</sub> (каркасные)</b>				
Плагиоклазы (100-n)NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> +nCaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> Альбит Pl <sub>0-10</sub> Олигоклаз Pl <sub>10-30</sub> Андезин Pl <sub>30-50</sub> Лабрадор Pl <sub>50-70</sub> Битовнит Pl <sub>70-90</sub> Анортит Pl <sub>90-100</sub>	Триклинная	Магматическое, ме- таморфическое, в пегматитовых жилах	Керамическая про- мышленность, обли- цовочный камень (лабрадор)	Россия (Урал, Забайкалье, Карелия), Ук- раина (Во- лынь)
Ортоклаз Адуляр K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	Моноклинная	Магматическое в кислых породах, в пегматитах	Стекольная, керами- ческая промышлен- ность	Россия (Урал), Украина
Микроклин Амазонит K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	Триклинная	Магматическое в кислых породах, в пегматитах, мета- соматическое	Стекольная, керами- ческая промышлен- ность	Россия (Урал, Карелия), Ук- раина (Во- лынь), Бела- русь (Микаше- вичи)
Цельзиан Ba[Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ]	Моноклинная	Контактово- метаморфическое	Производство спе- циальных фарфоров и огнеупоров	Россия (Слю- дянка)
Нефелин Na[AlSiO <sub>4</sub> ]	Гексагональная	Магматическое в щелочных породах	Источник алюминия, получение стекол высокой термиче- ской и механической стойкости, замени- тель ортоклаза в керамике	Россия (Урал, Кольский по- луостров), Таджикистан

Лазурит $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6$ [SO <sub>4</sub> ]	Кубическая	Контактово-метасоматическое	Поделочный камень, природная синяя краска	Россия (Слюдянка), Таджикистан
Натролит $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Ромбическая	Гидротермальное низкотемпературное	Катализаторы, «молекулярные сита», очистка питьевой воды, удобрения	Россия (Урал), Украина (Крым), Кавказ