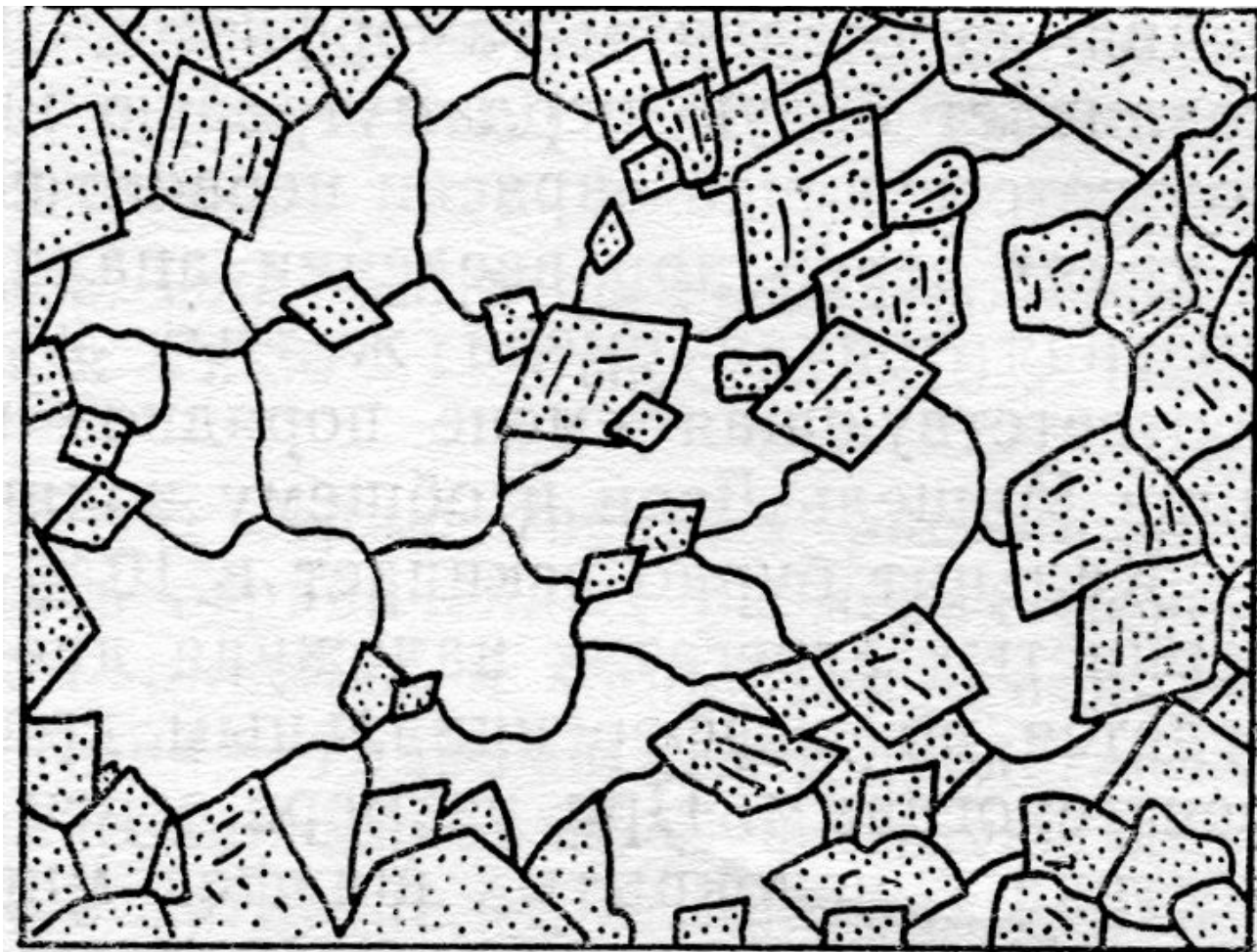
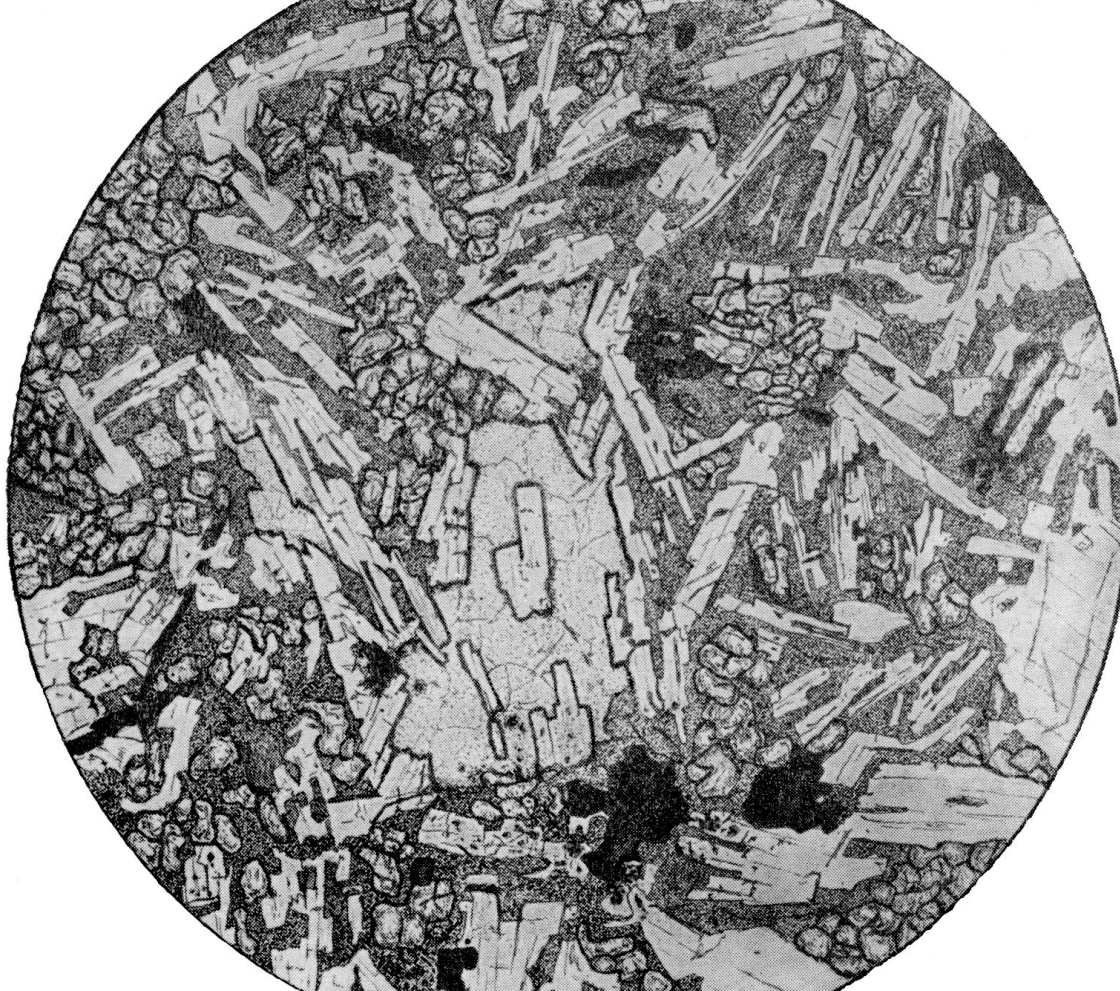


# Минералы 2

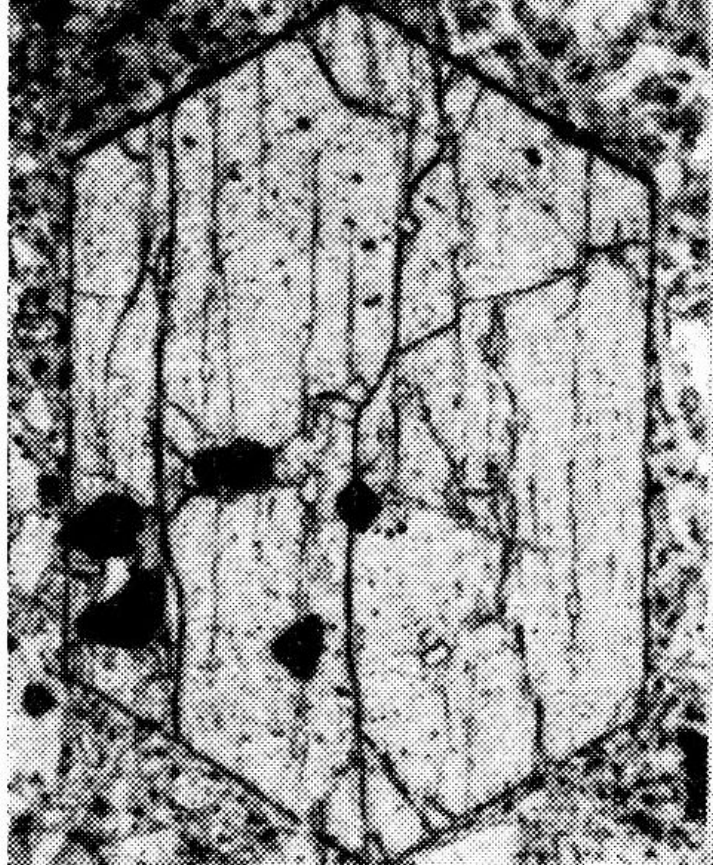
- Наиболее широко развиты минеральные агрегаты кристаллического, аморфного или скрытокристаллического строения, слагающие толщи пород.
- Они образуются при более или менее одновременном выпадении из растворов или расплавов множества минеральных частиц.



В кристаллических (зернистых) агрегатах минералы могут иметь собственные, характерные для них ограничения (*идиоморфные* или *эвгедральные*), или же выполнять пространство оставленное другими минеральными зернами, т.е. имеют неправильную форму (*ксеноморфные* или *агедральные*).



Один и тот же минерал может быть идиоморфным по отношению к одним минералам, а ксеноморфен по отношению к другим. Тогда он называется *гипидиоморфным* или *субгедральным*.

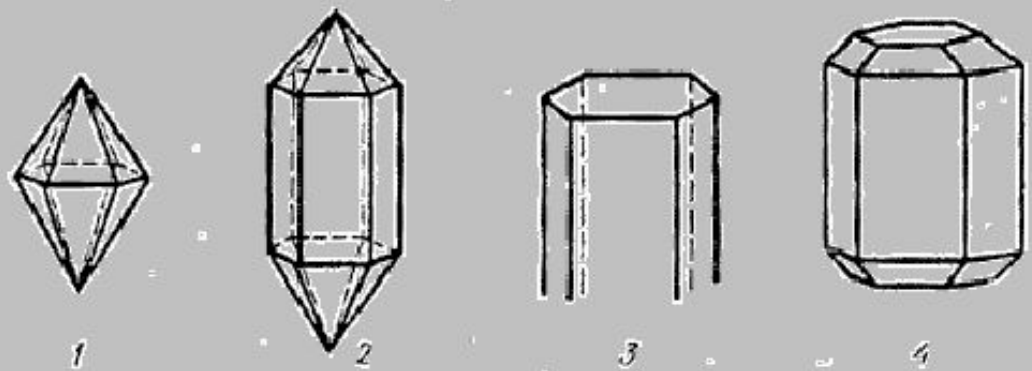


- **Морфология кристаллов**

- следует отметить, что в природе один и тот же минерал в разных условиях образует кристаллы различной формы, а разные минералы могут давать одинаковые кристаллы.
- Детально вопросами морфологии занимается кристаллография – одна из наук геологического цикла.
- все разнообразие форм кристаллов делят на семь крупных подразделений, называемых *сингониями*, отражающими степень симметричности кристаллов.
- В каждую сингонию входят кристаллы, у которых отмечается одинаковое расположение кристаллографических осей и одинаковые элементы симметрии (центр, оси и плоскости)

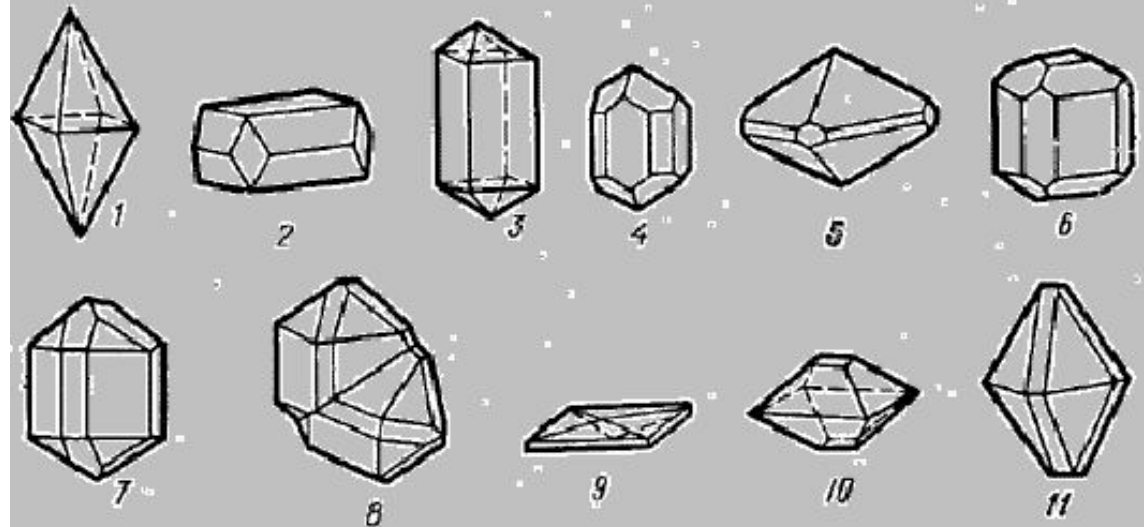


- *Кубическая* сингония объединяет наиболее симметричные кристаллы, которые имеют несколько осей симметрии высшего порядка – 4 оси 3 порядка (рис), нет единичных направлений. Кристаллы изометричные.
- *Гексагональная и тригональная* – кристаллы имеют одну ось шестого или третьего порядка (рис);
- *Тетрагональная* - кристаллы имеют одну ось четвертого порядка (рис).
- В кристаллах средних сингоний ось  $c$  всегда перпендикулярна плоскости в которой располагаются  $a$  и  $b$ . Направление  $c$  по всем свойствам, в том числе по химической связи резко отличается. Преобладают листоватые и цепочечные структуры решеток, а сами кристаллы большей частью удлинённые или таблитчатые.
- *Ромбическая, моноклиная и триклинная* сингонии – в кристаллах отсутствуют оси симметрии высшего порядка (рис). По внешнему виду они между изометричными и удлинёнными и листоватыми.



Кристаллы гексагональной сингонии:

1 — гексагональная дипирамида (кварц, корунд); 2 — комбинация призмы и дипирамиды (кварц); 3 — гексагональная призма (берилл, апатит); 4 — комбинация призмы с дипирамидой и пинакондом (апатит)



Кристаллы тетрагональной сингонии:

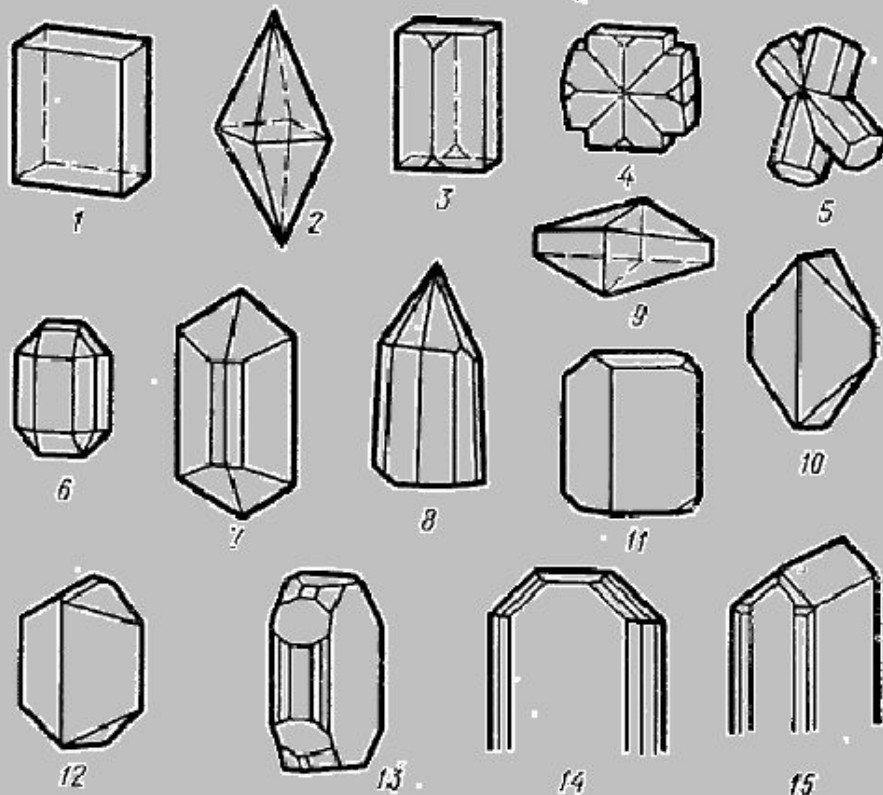
1 — тетрагональная дипирамида (анатаз, циркон, ксенотим); 2 — анатаз; 3 — комбинация тетрагональной призмы с тетрагональной дипирамидой (циркон, брукит); 4 — комбинация дипирамиды и двух призм (ксенотим, рутил, циркон); 5 — комбинация двух призм с дипирамидой (везувиян, циркон); 6 — комбинация двух тетрагональных призм и дипирамиды с пинакондом (везувиян); 7 — комбинация двух призм с двумя дипирамидами (касситерит); 8 — двойник касситерита; 9, 10 — вольфенит, 11 — шеелит





Кристаллы тригональной сингонии:

1 — гематит; 2 — ильменит; 3, 4 — турмалин; 5 — кристалл турмалина со штриховкой на гранях; 6 — корунд



Кристаллы ромбической сингонии:

1 — ромбическая призма; 2 — ромбическая дипирамида; 3 — кристалл ставролита; 4, 5 — сросшиеся кристаллы ставролита в виде крестообразных двойников; 6 — комбинация призм, дипирамиды и пинакоидов (оливин); 7 — комбинация двух призм и дипирамиды (топаз); 8 — кристалл топаза; 9, 10 — кристаллы арсенопирита; 11, 12 — кристаллы андалузита; 13, 14 — колумбит-танталит; 15 — самарскит



Форма кристалла даже одного и того же минерала в разных образцах может несколько отличаться; например, кристаллы кварца бывают почти изометричными, игольчатыми или уплощенными. Однако все кристаллы кварца, крупные и мелкие, остrokонечные и плоские, образуются при повторении идентичных элементарных ячеек.

- 
- Если эти ячейки ориентированы в каком-то определенном направлении, кристалл имеет удлиненную форму, если в двух направлениях в ущерб третьему – то форма кристалла таблитчатая.
- Поскольку углы между соответствующими гранями одного и того же кристалла имеют постоянное значение и специфичны для каждого минерального вида, этот признак обязательно включается в характеристику минерала.

- **Физические свойства минералов**
- Оптические свойства.
  - - *Цвет*
  - - *цвет черты.*
  - - *Прозрачность,*
  - - *Блеск*
- Механические свойства минералов.
  - - *Излом*
  - - *Спайность*
  - - *Твердость*
- Плотность.
- Магнитные свойства.
- Электрические свойства

- **Зарождение, рост и изменение минералов (онтогенез)**
- Образование минералов может происходить из жидкостей, газа и твердых тел. Кристаллизация минерала начинается с зародыша, для образования которого достаточно несколько сотен молекул. В дальнейшем происходит наслаивание вещества на гранях.
- Зарождение минерала может происходить во взвешенном состоянии, либо на субстрате.
- 
- В дальнейшем может происходить *изменение* минералов. Это бывает еще во время роста но полностью проявляется после образования минерала.
- Например, *растворение* минерала в условиях ненасыщенного раствора (границы округлые, ребра кривые, вершины притупленные, фигуры растворения).
- Регенерация – если измененный минерал попадает в благоприятные условия он может

- **Процессы минералообразования в природе**
- *Эндогенные процессы* – собственно магматическая стадия, пегматитовая стадия и постмагматическая стадия.
- Магма представляет собой силикатный расплав. По мере его охлаждения первыми образуются кристаллы минералов, имеющие наиболее высокую температуру плавления.
- Пегматитовая стадия – кристаллизуется остаточный расплав сильно насыщенный газами.
- Постмагматическая стадия – главная роль принадлежит летучим компонентам. Летучие реагируют с уже образованными минералами, часто замещая их (метасоматоз).
- *Экзогенные процессы*. На земной поверхности. В процессе выветривания и осадочные минералы.
- *Метаморфогенные процессы*. Контактный и



- К настоящему времени около 4000 минералов признаны самостоятельными минеральными видами.
- К этому списку постепенно добавляются новые минералы и исключаются давно известные, но дискредитированные по мере совершенствования методов минералогических исследований.

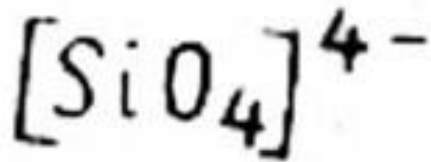
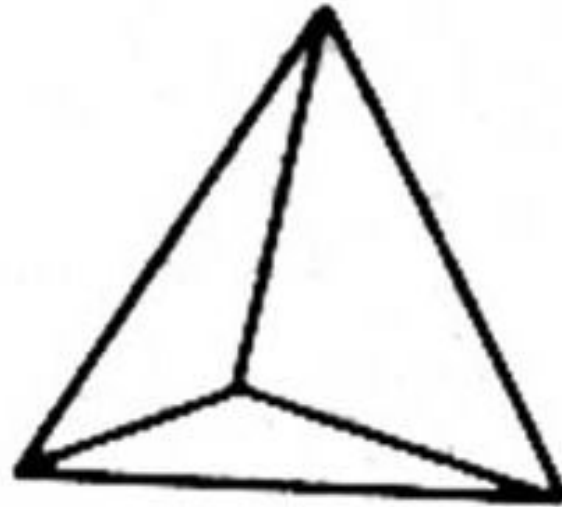
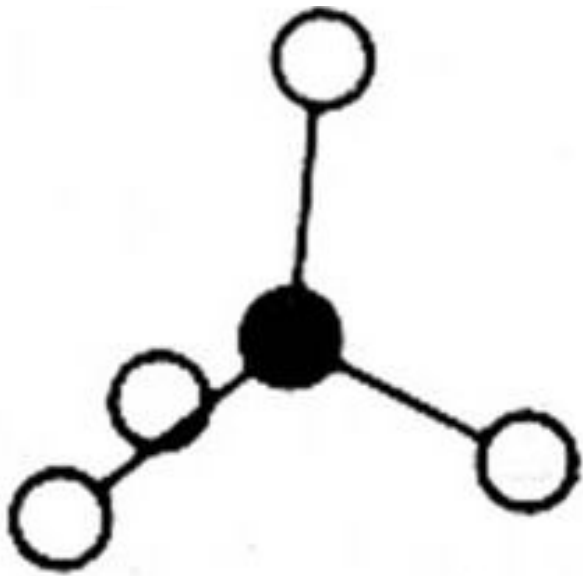
- В результате в современной систематике минералы объединяются в классы по признаку общего аниона или анионной группы.
- Исключение составляют самородные элементы, которые встречаются в природе сами по себе, не образуя соединений.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Класс	Минерал (пример)	Химическая формула
<b>Самородные элементы</b>	Золото	Au
<b>Карбиды</b>	Муассанит	SiC
<b>Сульфиды и сульфосоли</b>	Киноварь	HgS
	Энаргит	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>
<b>Оксиды</b>	Гематит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Гидроксиды</b>	Брусит	Mg(OH) <sub>2</sub>
<b>Галогениды</b>	Флюорит	CaF <sub>2</sub>
<b>Карбонаты</b>	Кальцит	CaCO <sub>3</sub>
<b>Нитраты</b>	Калиевая селитра	KNO <sub>3</sub>
<b>Бораты</b>	Бура	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> ·8H <sub>2</sub> O
<b>Фосфаты</b>	Апатит	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F
<b>Сульфаты</b>	Гипс	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
<b>Хроматы</b>	Крокоит	PbCrO <sub>4</sub>
<b>Вольфраматы</b>	Шеелит	CaWO <sub>4</sub>
<b>Силикаты</b>	Альбит	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

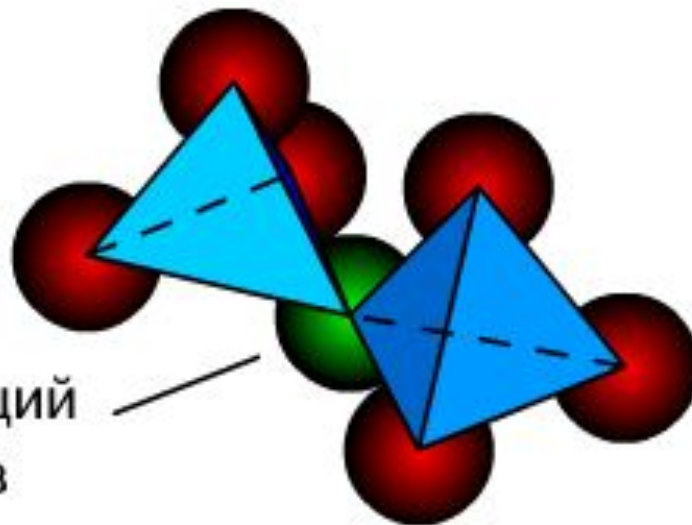
# Класс силикатов

- Широко распространены в земной коре (свыше 78%). Образуются преимущественно в эндогенных условиях, будучи связаны с различными проявлениями магматизма и с метаморфическими процессами.
- Многие минералы этого класса являются породообразующими.
- Силикаты характеризуются сложным химическим составом и внутренним строением.



В основе структуры силикатов лежит кремнекислородный тетраэдр, в центре которого находится ион кремния Si<sup>4+</sup>, а в вершинах — ионы кислорода O<sup>2-</sup>, которые создают четырехвалентный радикал [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>

Атом кислорода общий  
для двух тетраэдров



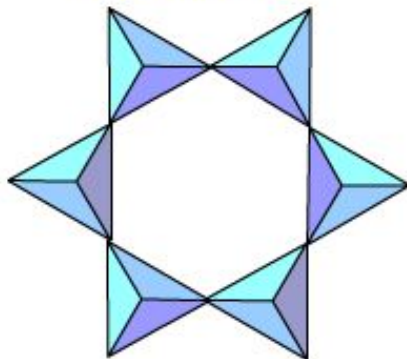


- Частичная замена четырехвалентных ионов кремния трехвалентными ионами алюминия приводит к возникновению у такого соединения некоторого дополнительного отрицательного заряда.
- Минералы с подобным строением называются *алюмосиликатами*. Примером минерала силиката является оливин -  $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ , алюмосиликата – ортоклаз  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ .
- Кремнекислородные и алюмокремнекислородные тетраэдры в пространстве могут различно сочетаться друг с другом, что определяет кристаллическую структуру минералов и лежит в основе их современной классификации.

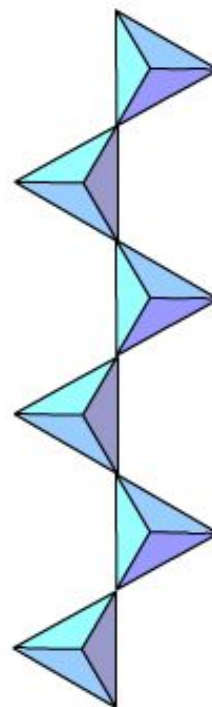
**Островные  
силикаты  
(ортосиликаты)**



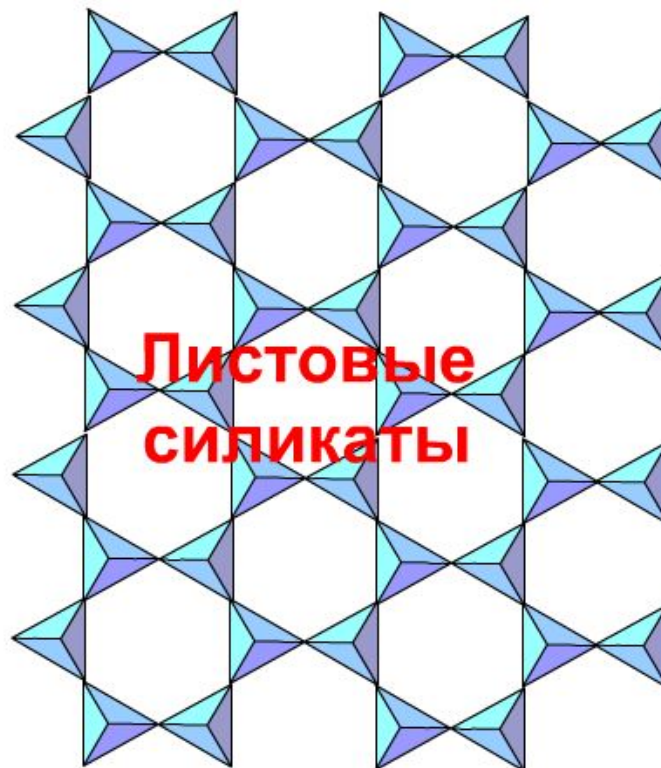
**Кольцевые  
силикаты**



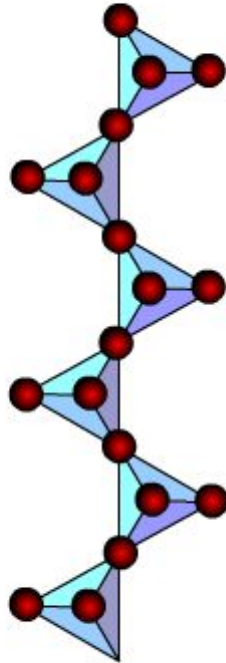
**Цепочечные силикаты**



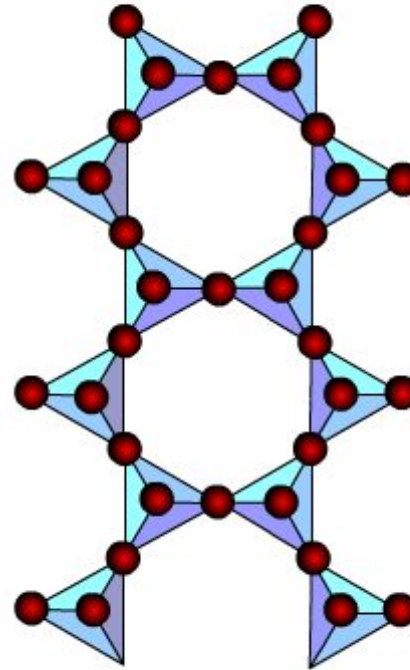
Ленточные и листовые силикаты



18



33

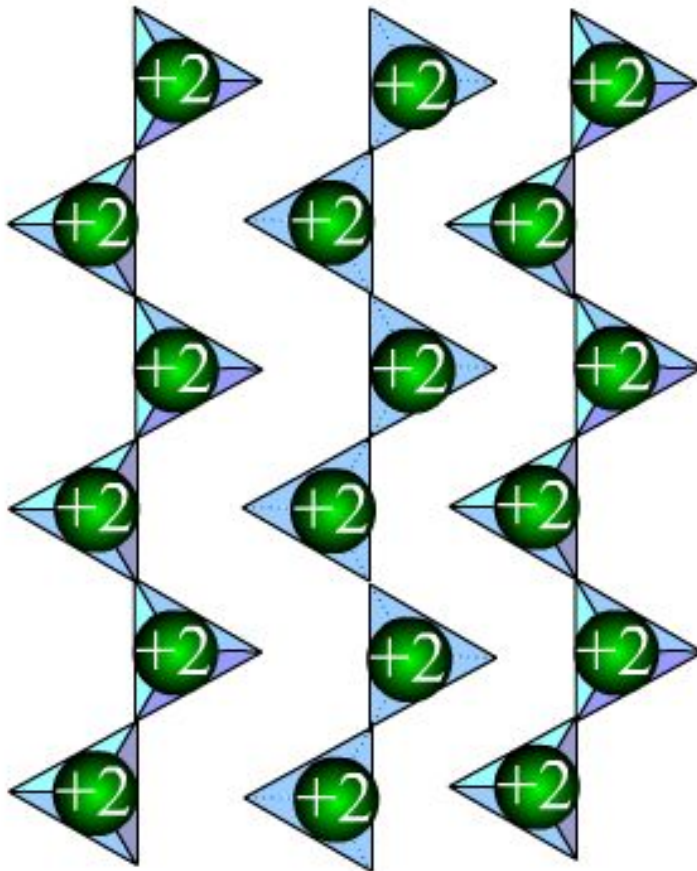


Цепочка содержит 18 ионов  $O^{2-}$  и 6 ионов  $Si^{4+}$ . Таким образом, отношение  $Si:O=1:3$ . На каждый атом кремния приходится 3 атома кислорода. Структура цепочки может быть записана как  $(SiO_3)^{-2}$

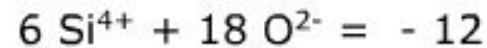
Лента содержит 33 иона  $O$  и 12 ионов  $Si$ . На 4 атома  $Si$  приходится 11 атомов  $O$ . Общий заряд ленты  $-6$  (Общий заряд 4 атомов кремния  $+16$ , а 11 атомов кислорода  $-22$ ).  $(Si_6O_{11})^{-6}$ .

Таким образом, и у цепочки и у ленты имеется некомпенсированный отрицательный

Цепочечный  
силикат



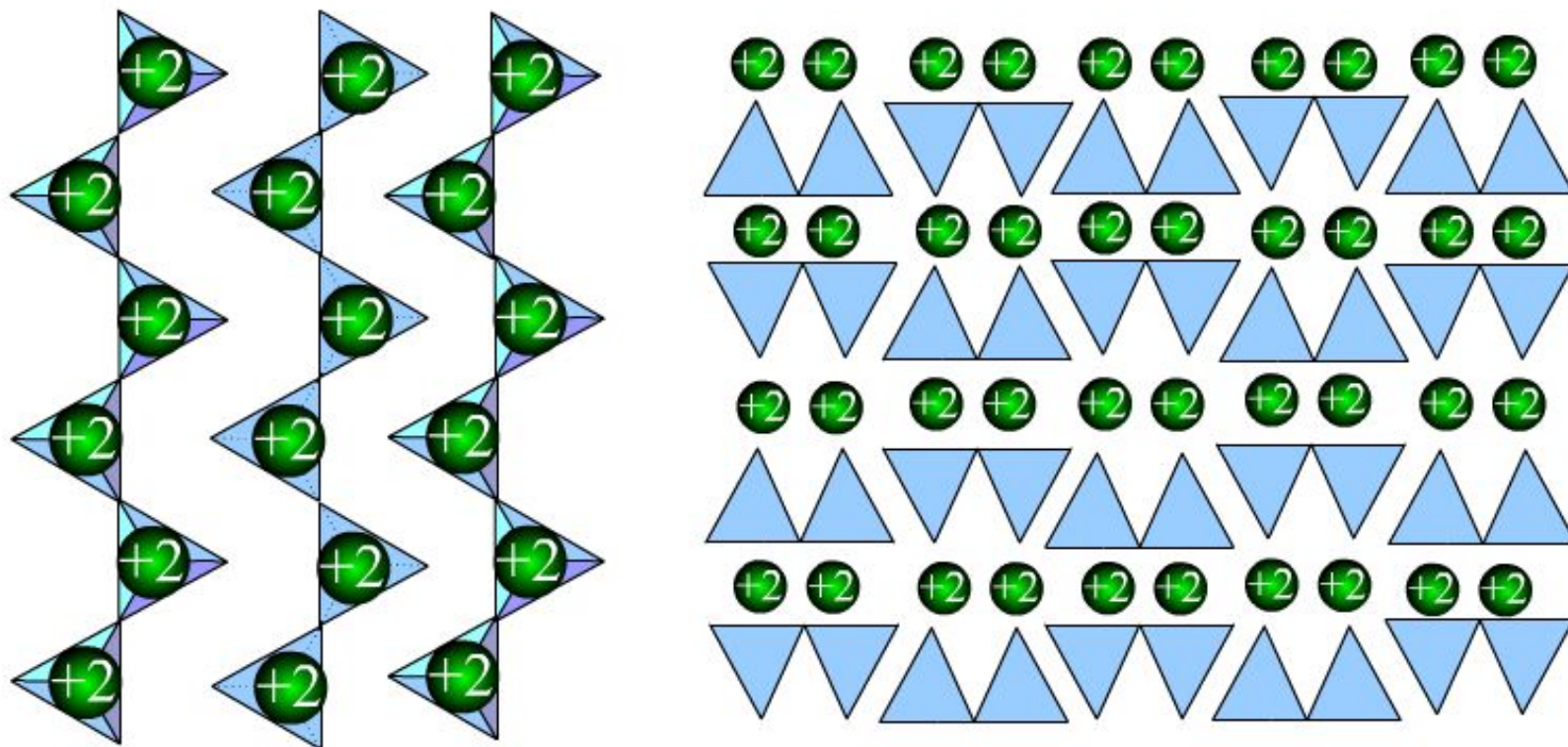
Каждая цепочка имеет отрицательный заряд:



Этот отрицательный заряд  
нейтрализуется за счет присоединения  
катионов

В результате образуются прочные ионные  
связи между отрицательно заряженными  
цепочками тетраэдров  $\text{SiO}_4^{4-}$  и  
положительно заряженными катионами.

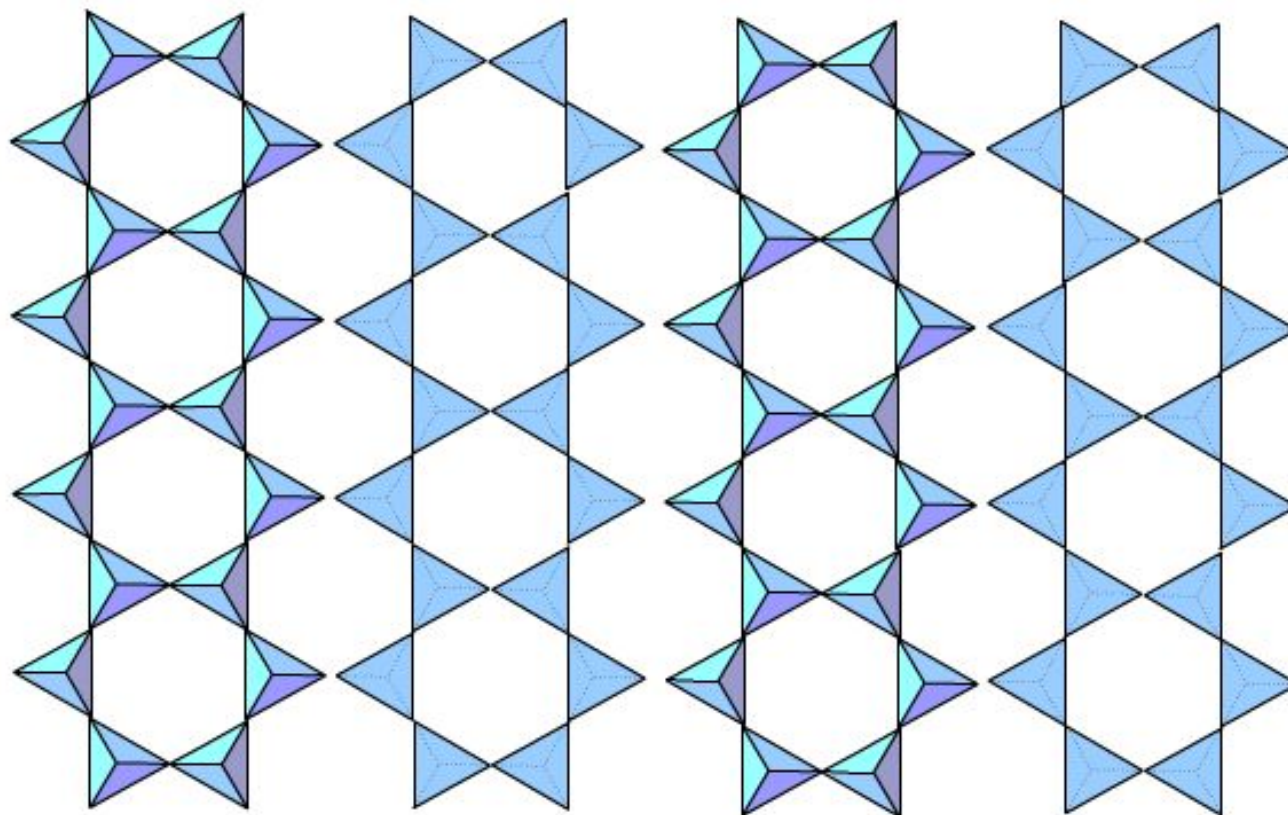
## Структура пироксенов



Слева - параллельно удлинению цепочек, справа - перпендикулярно



## Амфиболы



Ленточный силикат. Отношение  $\text{Si}^{4+}$  к  $\text{O}^{2-} = 4:11$ .

- Трехмерно соединяясь в пространстве через ионы кислорода, кремнекислородные тетраэдры создают структуру, называемую **каркасной**.
- Отрицательный заряд тетраэдров обеспечивает присоединение к каркасной структуре катионов и образование каркасных алюмосиликатов. К ним относятся, например, **полевые шпаты**

- Внутренняя структура силикатов и алюмосиликатов в значительной степени обуславливает их свойства: минералы с островной структурой, характеризующейся плотной упаковкой ионов, часто образуют изометричные кристаллы, обладают большой твердостью, плотностью и несовершенной спайностью. Минералы со слоевой структурой образуют таблитчатые кристаллы с весьма совершенной спайностью, параллельной "слоям" структуры.



Авгит

Минералы с линейно вытянутыми структурами (цепочечными и ленточными) образуют призматические кристаллы, обладающие хорошо выраженной спайностью в двух направлениях вдоль длинной оси структуры.

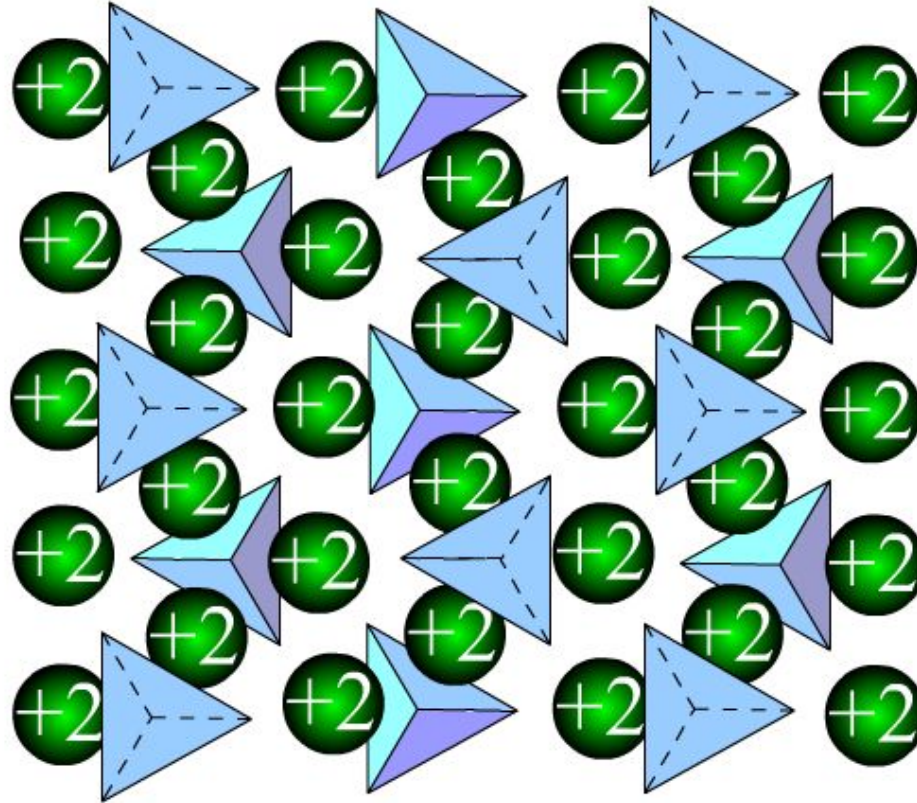


АКТИНОЛИТ



БИОТИТ

## Структура оливина



Островной силикат. Оливин  $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ , член изоморфного ряда форстерит (бесцветный)  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$  и фаялит (черный)  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ . Встречается обычно в виде зернистых агрегатов или отдельных зерен.