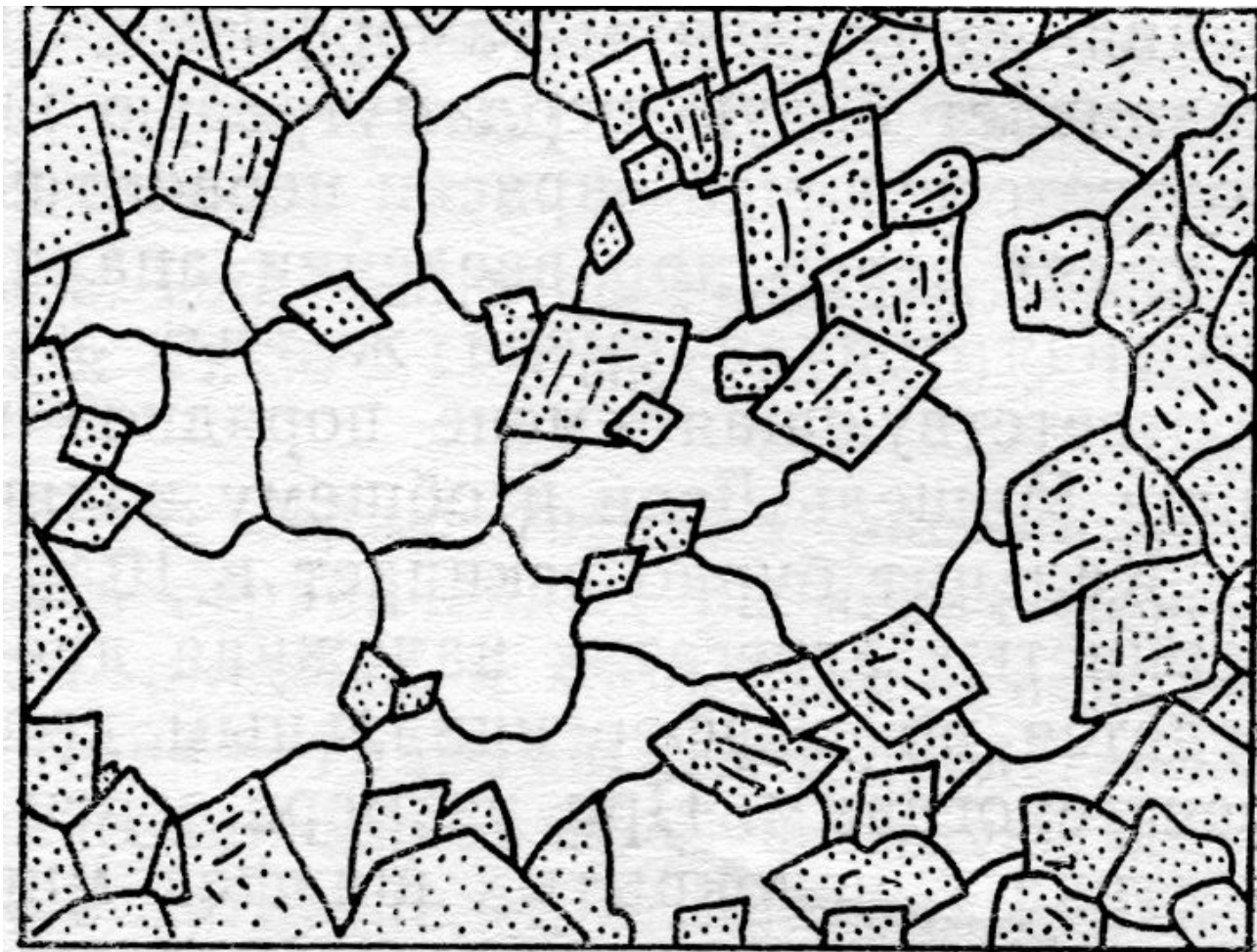
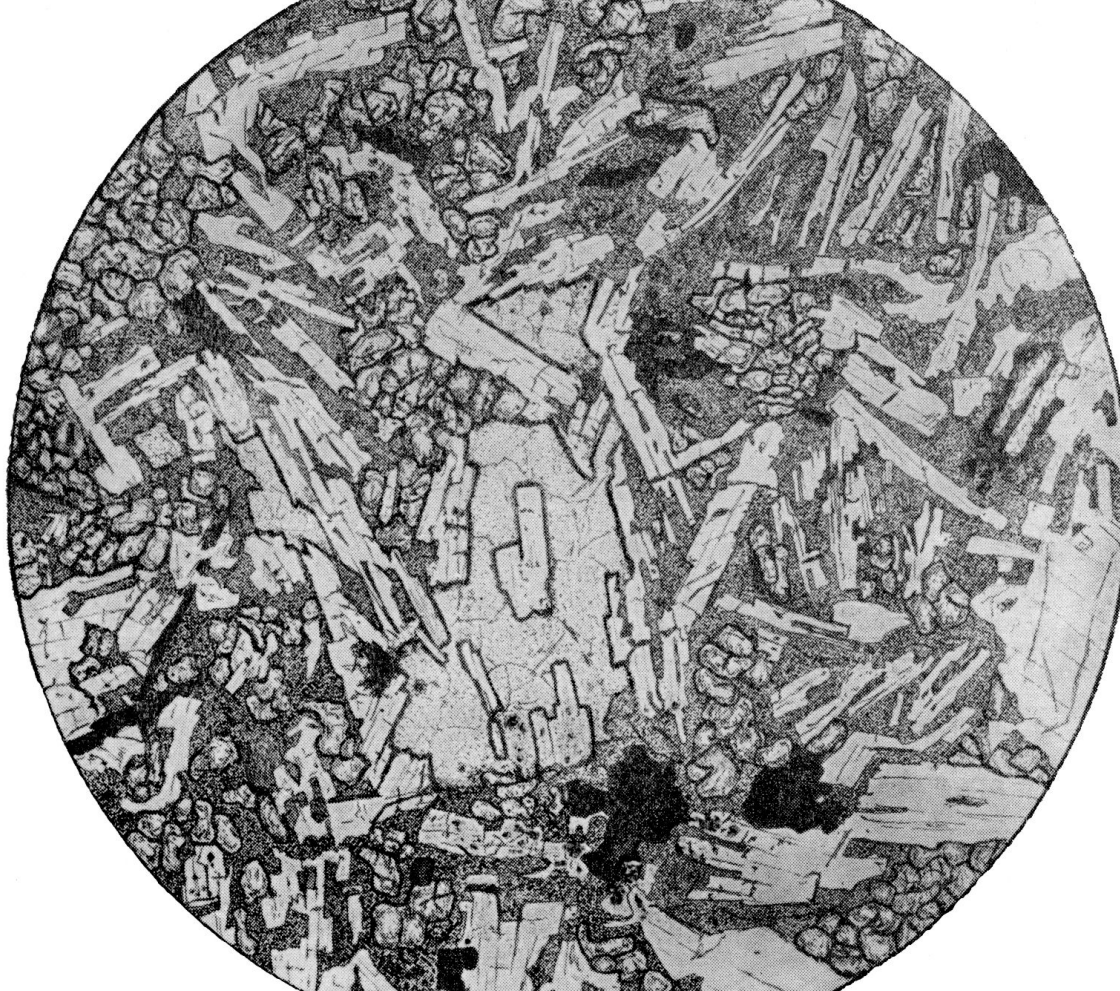


Минералы 2

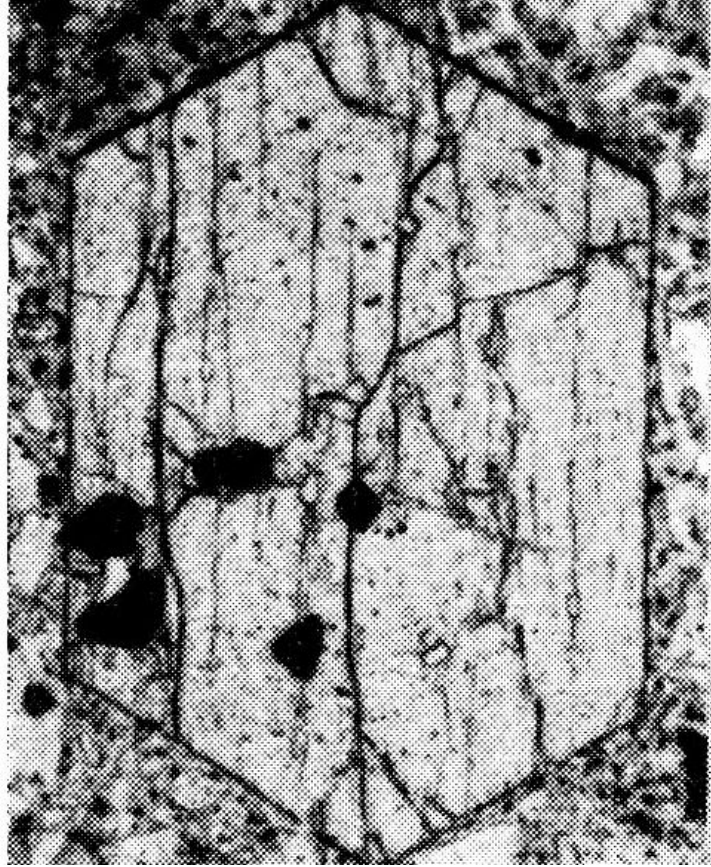
- Наиболее широко развиты минеральные агрегаты кристаллического, аморфного или скрытокристаллического строения, слагающие толщи пород.
- Они образуются при более или менее одновременном выпадении из растворов или расплавов множества минеральных частиц.



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*).



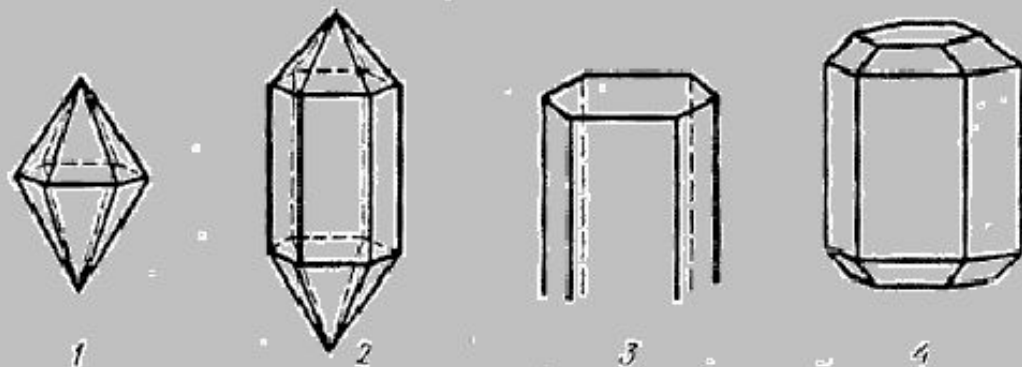
Один и тот же минерал может быть идиоморфным по отношению к одним минералам, а ксеноморфен по отношению к другим. Тогда он называется *гипидиоморфным* или *субгедральным*.



- **Морфология кристаллов**

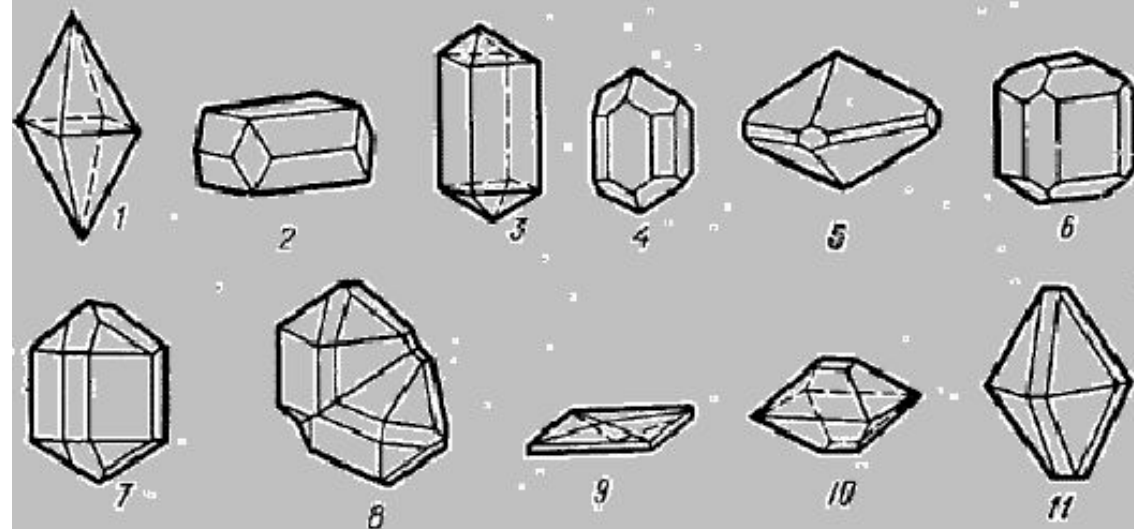
- следует отметить, что в природе один и тот же минерал в разных условиях образует кристаллы различной формы, а разные минералы могут давать одинаковые кристаллы.
- Детально вопросами морфологии занимается кристаллография – одна из наук геологического цикла.
- все разнообразие форм кристаллов делят на 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 удлиненные или таблитчатые.
- *Ромбическая, моноклиная и триклинная* сингонии – в кристаллах отсутствуют оси симметрии высшего порядка (рис). По внешнему виду они между изометричными и удлиненными 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 (apatит)



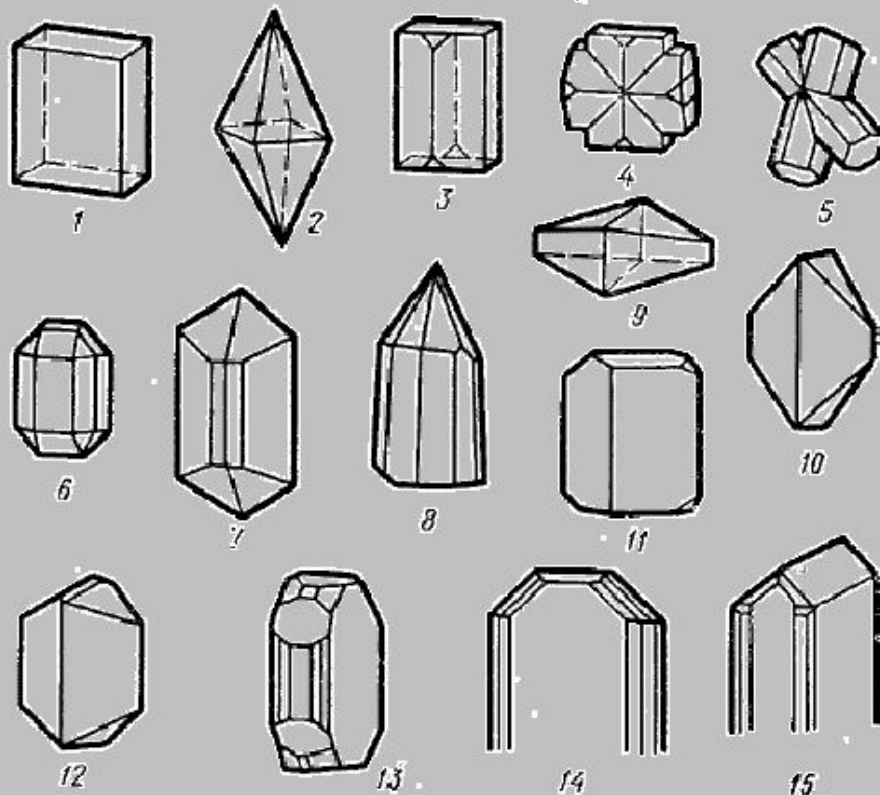
Кристаллы тетрагональной сингонии:

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, остроконечные 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 (онтогения)**
- 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 наложение 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.

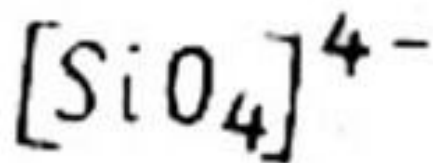
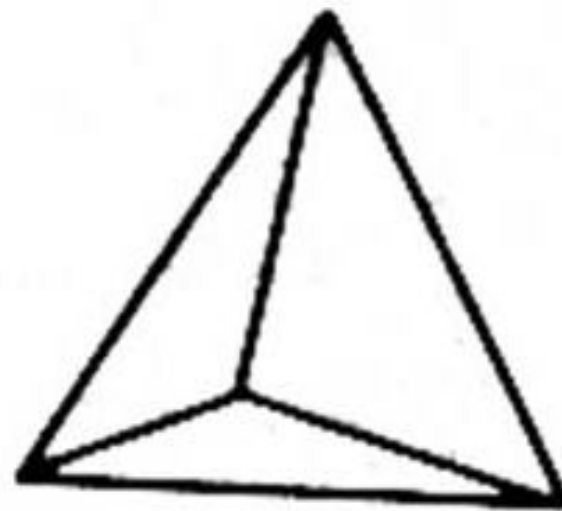
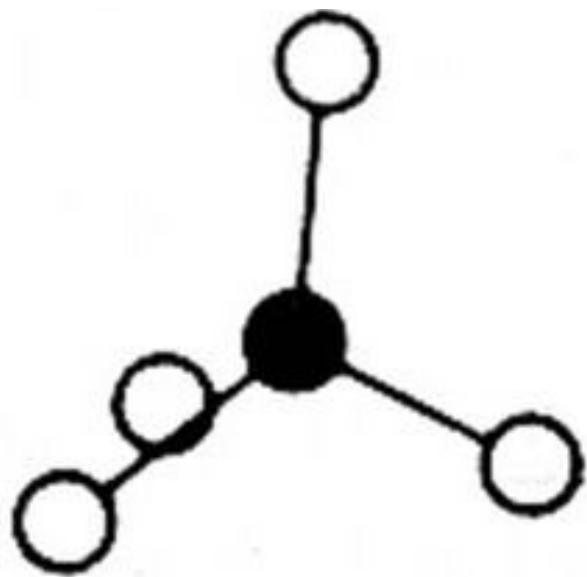
- В результате в современной систематике минералы объединяются в классы по признаку общего аниона или анионной группы.
- Исключение составляют самородные элементы, которые встречаются в природе сами по себе, не образуя соединений.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

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

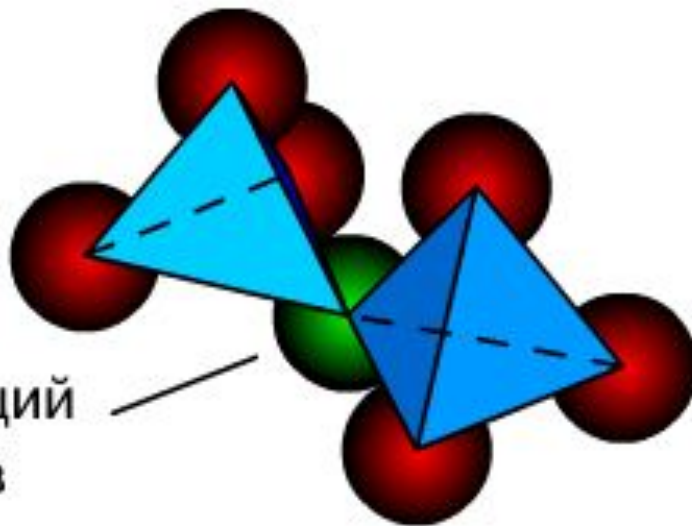
Класс силикатов

- 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 Si⁴⁺, а в вершинах — ионы кислорода O²⁻, которые создают четырехвалентный радикал [SiO₄]⁴⁻

Атом кислорода общий
для двух тетраэдров

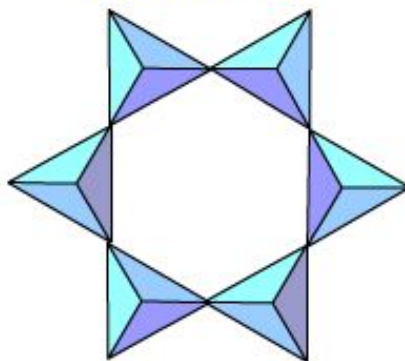


- Частичная замена четырехвалентных ионов кремния трехвалентными ионами алюминия приводит к возникновению у такого соединения некоторого дополнительного отрицательного заряда.
- Минералы с подобным строением называются *алюмосиликатами*. Примером минерала силиката является оливин - $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$, 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.

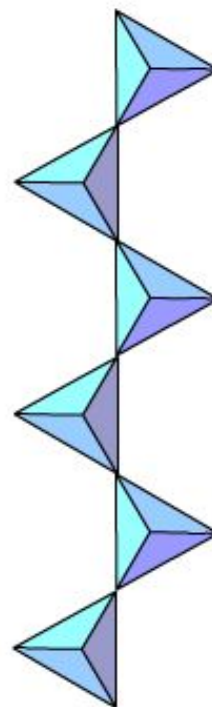
**Островные
силикаты
(ортосиликаты)**



**Кольцевые
силикаты**



Цепочечные силикаты



Ленточные и листовые силикаты

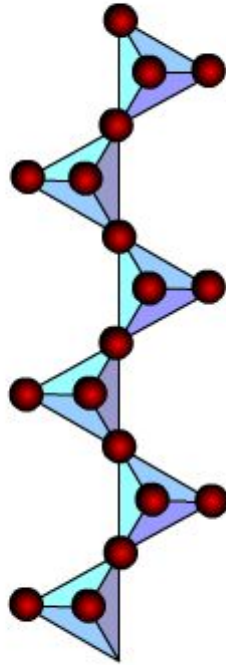
**Ленточные
силикаты**



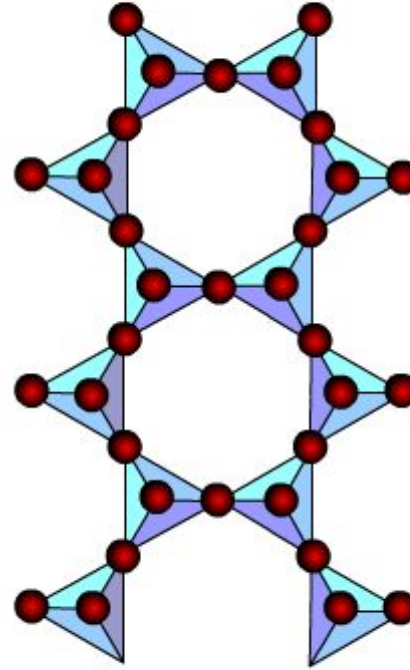
**Листовые
силикаты**



18



33

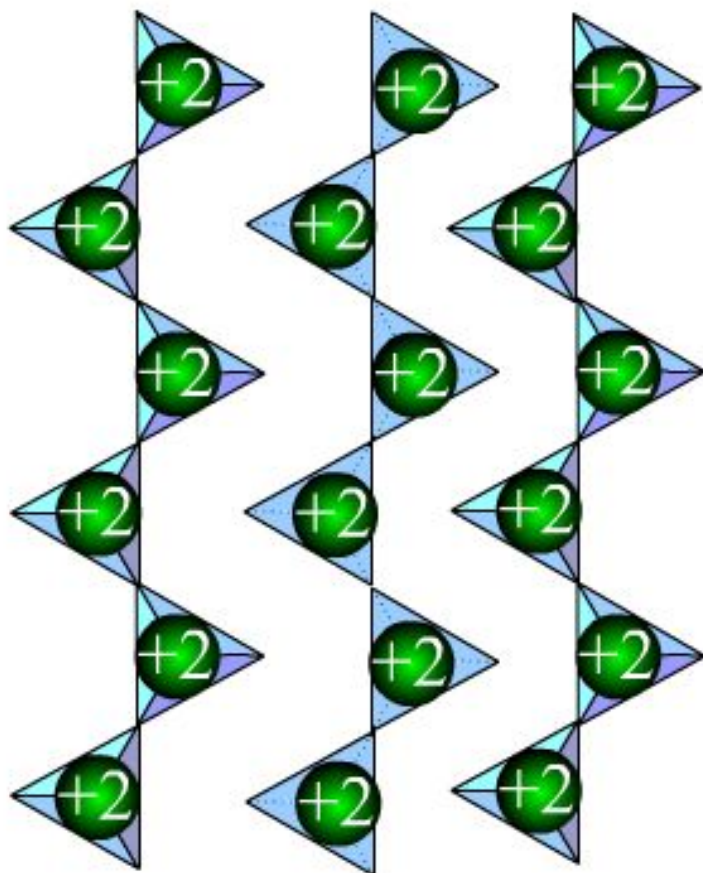


Цепочка содержит 18 ионов O^{2-} и 6 ионов Si^{4+} . Таким образом, отношение $Si:O=1:3$. На каждый атом кремния приходится 3 атома кислорода. Структура цепочки может быть записана как $(SiO_3)^{-2}$

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). $(Si_4O_{11})^{-6}$.

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

Цепочечный силикат



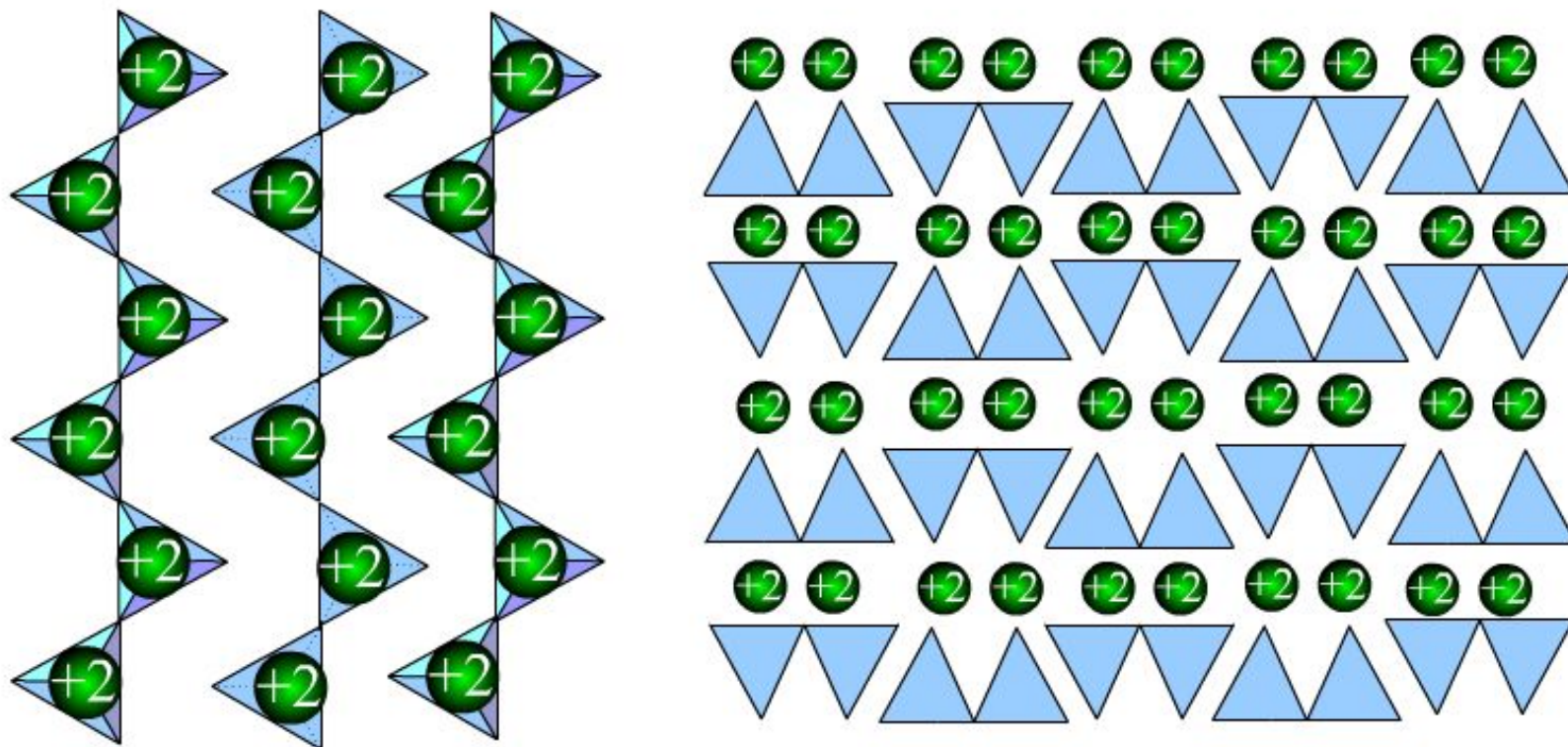
Каждая цепочка имеет отрицательный заряд:

$$6 \text{ Si}^{4+} + 18 \text{ O}^{2-} = - 12$$

Этот отрицательный заряд
нейтрализуется за счет присоединения
катионов

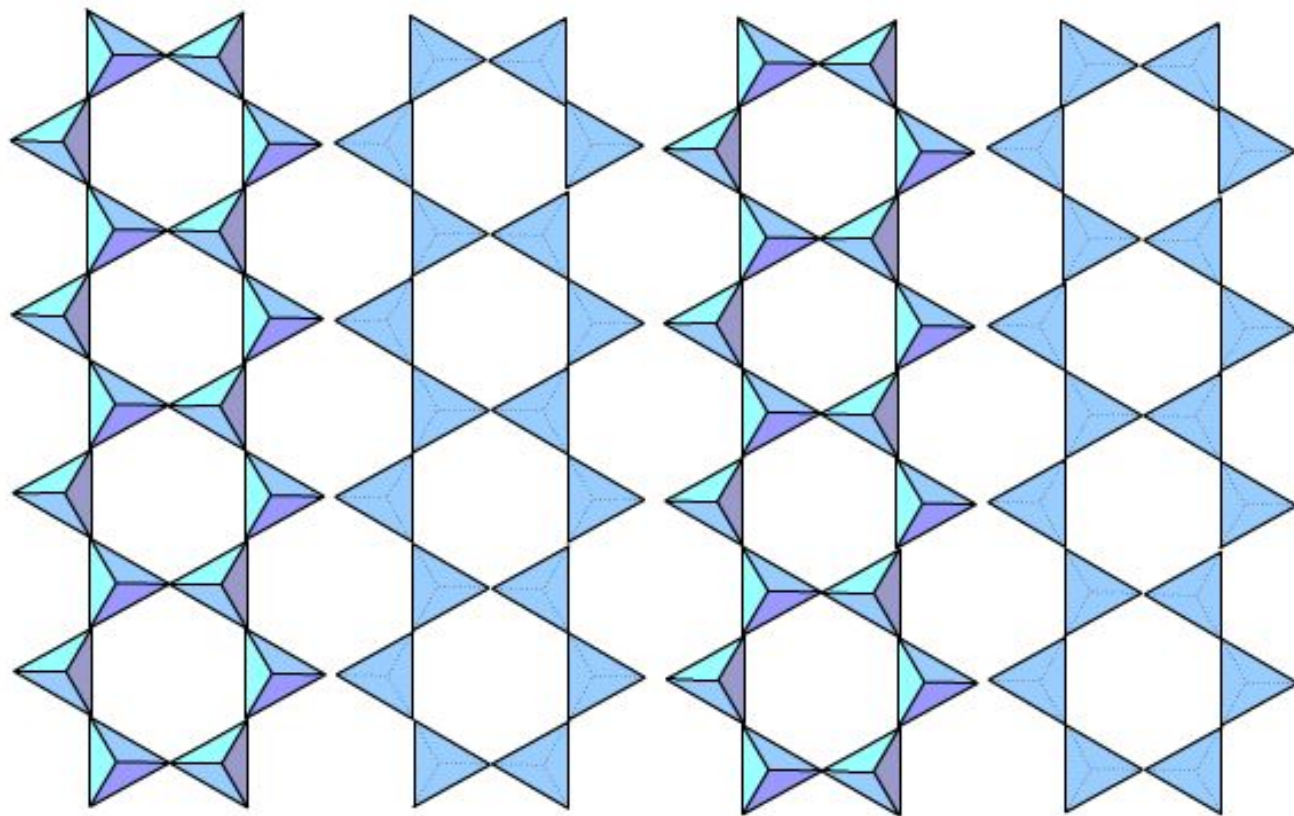
В результате образуются прочные ионные
связи между отрицательно заряженными
цепочками тетраэдров SiO_4^{4-} и
положительно заряженными катионами.

Структура пироксенов



Слева - параллельно удлинению цепочек, справа
- перпендикулярно

Амфиболы



Ленточный силикат. Отношение Si^{4+} к 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 слоистой 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.

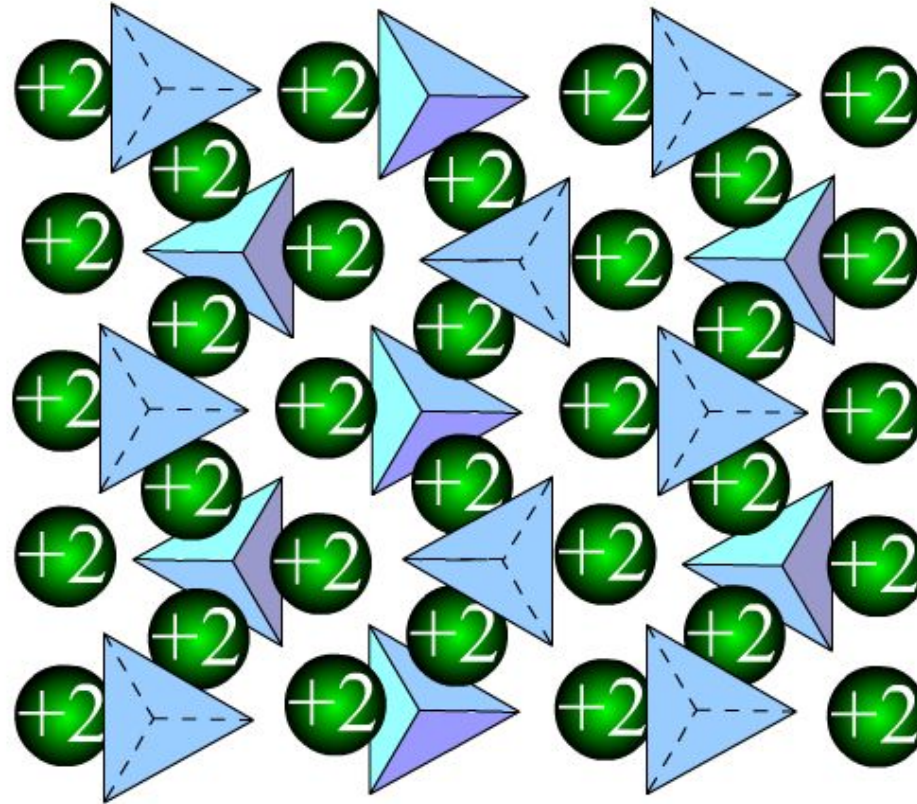


АКТИНОЛИТ



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.