

Лб. 1. 1.  
«Минералы. Химическая  
классификация»

- 1. Химическая классификация**
- 2. Самородные минералы**
- 3. Сульфиды и их аналоги**
- 4. Оксиды, гидроксиды и их аналоги**
- 5. Соли кислородных кислот**
- 6. Галогениды**

# 1. Химическая классификация минералов

- Классификация основана на разделении минералов по:
  - химическому составу;
  - структурным (кристаллохимическим) связям

# Химическая классификация минералов

| Тип                          | Класс | Название класса             | Примеры   |
|------------------------------|-------|-----------------------------|---|
| I.<br>Самородные<br>элементы | 1     | металлы                     | платина (Pt), золото (Au)   |
|                              | 2     | полуметаллы<br>(металлоиды) | мышьяк (As), сурьма (Sb),<br>висмут (Bi), теллур (Te)                                   |
|                              | 3     | неметаллы                   | сера (S), графит (C), алмаз (C)   |
| II.<br>Сульфиды              | 1     | простые                     | галенит (PbS), сфалерит (ZnS),<br>киноварь (HgS)  |
|                              | 2     | двойные                     | халькопирит (CuFeS <sub>2</sub> )   |
|                              | 3     | дисульфиды                  | пирит (FeS <sub>2</sub> ), молибден (MoS <sub>2</sub> )                                 |
|                              | 4     | сложные (сульфасоли)        | блеклые руды (Cu <sub>3</sub> (Sb,As)S <sub>3</sub> )                                   |
| III. Оксиды,<br>гидроксиды   | 1     | оксиды                      | кварц (SiO <sub>2</sub> ), корунд (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )                     |
|                              | 2     | гидроксиды                  | гётит (FeO(OH)),<br>лимонит (FeOOH·(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O)) |
| V.<br>Галогениды             | 1     | хлориды                     | галит (NaCl), сильвин (KCl)   |
|                              | 2     | фториды                     | флюорит (CaF <sub>2</sub> )   |

| Тип  | Класс | Название класса                  | Подкласс  | Примеры  |
|--|-------|----------------------------------|-----------|--|
| IV.<br>Соли<br>кисло-<br>род-<br>содер-<br>жащих<br>кислот | 1     | карбонаты                        |           | кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ), доломит ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )  |
|  | 2     | сульфаты                         |           | барит ( $\text{BaSO}_4$ ), ангидрит ( $\text{CaSO}_4$ ), гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )  |
|  | 3     | фосфаты                          |           | апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$ , бирюза $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |
|  | 4     | вольфраматы                      |           | шеелит (вольфрамат кальция) $\text{CaWO}_4$  |
|  | 5     | молибдаты                        |           | вуйфенит (молибдат свинца $\text{Pb}[\text{MoO}_4]$ )  |
|  | 6     | хроматы                          |           | крокоит (хромат свинца) $\text{Pb}(\text{CrO}_4)$ .  |
|  | 7     | бораты                           |           | улексит (водный борат натрия и кальция) $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$                                 |
|  | 8     | ванадаты                         |           | ванадинит ( $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$ )  |
|  | 9     | арсенаты                         |           | оливенит (арсенат меди) $\text{Cu}_2\text{AsO}_4(\text{OH})$   |
|  | 10    | силикаты и<br>алюмо-<br>силикаты | островные |  |
| кольцевые  |       |                                  |           | берилл (силикат бериллия и алюминия) $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$  |
| цепочечные   |       |                                  |           | пироксены – авгит $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$               |
| ленточные  |       |                                  |           | амфиболы - роговая обманка $(\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5(\text{Al}, \text{Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$                    |
| листовые   |       |                                  |           | слюды – мусковит $(\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2)$   |
| каркасные  |       |                                  |           | полевые шпаты $(\{\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{или Ba}\} \{\text{Al}_2\text{Si}_2 \text{ или } \text{AlSi}_3\} \text{O}_8)$               |

# Тип I. Самородные минералы

Состоят из одного химического элемента и называемые по этому элементу (всего 30 - 50 минералов). Составляют 0,15% массы земной коры.

Класс 1. Самородные металлы, встречающиеся в природе в только свободном состоянии (золото, платина); в соединениях (например, медь, серебро, ртуть); в свободном состоянии и в соединениях (например, никель, олово, свинец). Имеют металлический блеск, обладают электропроводностью, золото и платина не реагируют с кислотами, обладают ковкостью.

Класс 2. Самородные полуметаллы, имеющие внешне металлические признаки, но по химическим свойствам ближе к неметаллам: **самородная сурьма**, самородный мышьяк, висмут.

Класс 3. Самородные неметаллы: **графит**, алмаз, сера.

Характерен большой разброс физических свойств.

серебро



графит



самородная сурьма



Самородный мышьяк

# Самородные минералы

| Элементы<br>Свойства | Au         | Ag               | Cu             | Pt            | Fe    | S           | алмаз                 | графит         |
|----------------------|------------|------------------|----------------|---------------|-------|-------------|-----------------------|----------------|
| Сингония             | кубическая |                  |                |               |       | ромбическая | кубическая            | гексагональная |
| Твердость            | 2.5-3      | 2.5-3            | 2.5-3          | 4-4.5         | 4     | 1.5-2.5     | 10                    | 1-2            |
| Плотность            | 19.3       | 10.5             | 8.9            | 21.5          | 7.8   | 2.07        | 3.5                   | 2.09-2.33      |
| Цвет                 | желт.      | серебр.<br>белый | розово-красный | стально-серый | серый | желтый      | бесцветный до черного | черный         |

# Происхождение самородных минералов

В основном, образуются при эндогенных процессах в интрузивных породах и кварцевых жилах, сера – при вулканизме.

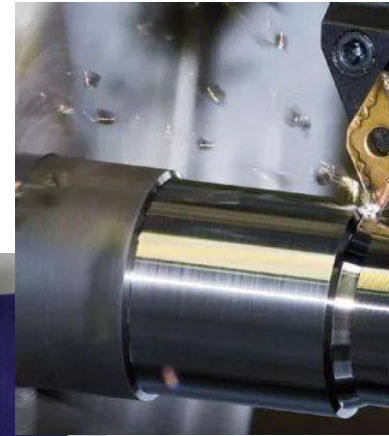
При экзогенных процессах происходит разрушение пород, высвобождение самородных минералов (в силу их устойчивости к физическому и химическому воздействию) и их концентрация в благоприятных для этого местах. Таким образом, могут формироваться россыпи золота, платины и алмазов.





# Применение

- ювелирное производство и валютные запасы ( Au , Pt , Ag , алмазы);
- культовые предметы и утварь ( Au , Ag ),
- радиоэлектроника ( Au , Ag , Cu ), атомная, химическая промышленность, медицина, режущие инструменты - алмаз;
- сельское хозяйство- сера.

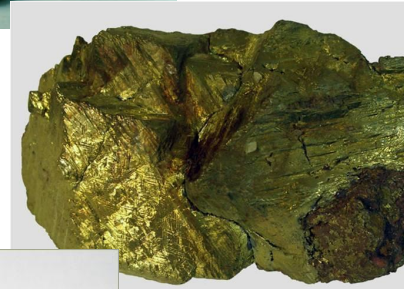


## Тип II. Сульфиды и их аналоги

Природные соединения металлов и полуметаллов с серой (производные сероводорода), с мышьяком, селеном и теллуrom.

Более 600 минералов (0,25% массы земной коры),  
3-е место после силикатов и оксидов.

1. *Простые сульфиды* - соединения катиона с анионом серы (сульфид свинца, свинцовый блеск или галенит  $PbS$ );
2. *Двойные сульфиды* - соединения двух и более катионов с анионом серы (сульфид меди, медный колчедан, халькопирит  $FeCuS_2$ )
3. *Дисульфиды* - соединения катионов с анионной группой  $[S_2]$  (сульфид железа, железный или серный колчедан, пирит  $FeS_2$ )
4. *Сложные сульфиды или сульфасоли* - смесь двойных сульфидов (блеклые руды - группа минералов подкласса сложных сульфидов, образующих изоморфный ряд)



В зависимости от особенностей физических свойств, все сульфиды имеют второе название, т.к. делятся на:

- ✓ блески - сульфиды с черным или свинцово-серым цветом и металлическим блеском (свинцовый блеск или галенит);
- ✓ колчеданы - сульфиды, которые имеют соломенно-желтый, латунно-желтый, бронзо-желтый, цвет и металлический блеск (пирит или черный колчедан, марказит или лучистый колчедан);
- ✓ обманки - сульфиды, которые имеют неметаллический блеск (сфалерит или цинковая обманка, киноварь или ртутная обманка).



Колчеданы (от др.-греч колония в Малой Азии) — устар. собирательное название, применявшееся в отношении минералов из группы сульфидов и арсенидов, содержащих серу, железо, олово, а также медь или мышьяк

- ✓ серный или железный колчедан (пирит -  $\text{FeS}_2$ ) ;
- ✓ лучистый колчедан (марказит -  $\text{FeS}_2$ );
- ✓ магнитный колчедан (пирротин -  $\text{Fe}_7\text{S}_8$ );
- ✓ мышьяковый колчедан (арсенопирит –  [\$\text{FeAsS}\$](#) );
- ✓ молибденовый колчедан (молибденит),
- ✓ никелевый колчедан (никелин –  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_3$ );
- ✓ железоникелевый колчедан (пентландит -  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ );
- ✓ оловянный колчедан (станнин),
- ✓ медный колчедан (халькопирит -  $\text{CuFeS}_2$ );
- ✓ пёстрый медный колчедан (борнит -  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ );
- ✓ кобальтовый колчедан (линнеит -  $(\text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$ ).

# Происхождение сульфидов

Преимущественно, гидротермальное, являются рудами металлов, сопутствуют нефти и природному газу, содержатся в вулканическом пепле и в водах минеральных источников.

В земной коре наиболее широко распространены сульфиды железа (пирит -  $\text{FeS}_2$ ), меди (халькопирит -  $\text{CuFeS}_2$ ), свинца (галенит -  $\text{PbS}$ ), цинка (сфалерит -  $\text{ZnS}$ ) и некоторые другие.

## ОБЩИЕ ЧЕРТЫ:

Яркая окраска, чёрная или тёмная черта, металлический блеск, высокая и средняя отражательная способность, низкая твёрдость, высокая плотность, высокая электропроводность, неустойчивы - в зоне окисления легко разлагаются и переходят в карбонаты, сульфаты и др. (например, пирит может окислиться до лимонита).

Не являются породообразующими, содержатся в виде примесей. Их примесь к естественным строительным материалам снижает их качество.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Являются рудами меди, ртути, свинца, цинка, кобальта и др., сопутствуют нефти и природному газу, содержатся в водах минеральных источников.

Самые распространённые пирит (для производства серной кислоты) и халькопирит (используется как медная руда)

## Тип III. Оксиды и гидроксиды

Соединения металлов и полуметаллов (металлоидов) с кислородом:

Широко распространены в природе (17% массы земной коры)

Образованы примерно тридцатью химическими элементами

Чаще всего в природе встречаются оксиды кремния, железа, алюминия, титана, олова

Известно около 430 минералов

Многие оксиды и гидроксиды являются важными рудами на Fe, Al, Mn, Cr, Sn, U, Cu и другие

**Простые оксиды** – соединения одного элемента с кислородом - кварц (диоксид кремния -  $\text{SiO}_2$ )

**Сложные оксиды** – соединения с кислородом двух или более металлов - ильменит или титанистый железняк (оксид железа и титана -  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$  или  $\text{FeTiO}_3$ )

**Гидроксиды** – состоят из соединения гидроксильной группы ( $\text{OH}^-$ ) или воды с различными элементами – лимонит или бурый железняк ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )



Особенность большинства гидроксидов – снижение значений свойств по сравнению с оксидной формой того же атома металла.

| Минерал                  | Твердость | Плотность  | Блеск      |
|--------------------------|-----------|------------|------------|
| Корунд $Al_2O_3$         | 9         | 4          | алмазный   |
| Бемит $AlO \cdot OH$     | 3,5-4     | 3          | тусклый    |
| Кварц $SiO_2$            | 7         | 2,65 – 2,7 | стеклянный |
| Халцедон $SiO_2$         | 6,5 - 7   | 2,6        | тусклый    |
| Опал $SiO_2 \cdot nH_2O$ | 5 – 6,5   | 1,8 – 2,3  | тусклый    |

# Происхождение оксидов и гидроксидов

Представляют собой продукты экзогенных процессов, протекающих в самых верхних частях земной коры при непосредственном участии свободного кислорода атмосферы.

В глубинных условиях образуются разнообразные оксиды Fe, Ti, Ta, Nb, Al, Cr, Be, Sn, U и др.

Происхождение некоторых оксидов и гидроксидов связано с гидротермальным процессом минералообразования.

Ряд минералов, относящихся к рассматриваемому классу, возникают в результате метаморфических и метасоматических процессов.

# Использование оксидов и гидроксидов

Для получения Fe , Mn , Al , Sn .

Прозрачные, кристаллические

разновидности корунда (сапфир и рубин) и

кварца (аметист, горный хрусталь и др.)

используются как драгоценные и

полудрагоценные камни.

# Тип IV. Соли кислородных кислот (кислородные соли, оксисоли)

- Кл. 1. Карбонаты — соли угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )
- Кл. 2. Сульфаты — соли серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Кл. 3. Фосфаты — соли ортофосфорной кислоты ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )
- Кл. 4. Вольфраматы — соли вольфрамовой кислоты ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ )
- Кл. 5. Молибдаты — соли молибденовой кислоты ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$ )
- Кл. 6. Хроматы - соли ортохромовой кислоты ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ )
- Кл. 7. Бораты – соли ортоборной кислоты ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )
- Кл. 8. Ванадаты - соли ортованадиевой кислоты  $\text{H}_3(\text{VO}_4)$ .
- Кл. 9. Арсенаты — соли ортомышьяковой ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) кислот
- Кл. 10. Силикаты – соли кремниевой кислоты ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ )

# Класс 1. Карбонаты - соли угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) общая формула $\{\text{A}\} \text{CO}_3$ – где $\{\text{A}\}$ - Ca, Mg, Fe и др.

Неорганические соединения углерода в природе, известно около 240 минералов, большая часть из которых относится к солям угольной кислоты

- Очень широко распространены в верхней части литосферы, среднее их содержание в земной коре составляет 1,5 %.
- Входят в состав мраморов, известковистых сланцев, скарнов.
- В структуре карбонатов анионные группы  $[\text{CO}_3]^{2-}$  в форме плоских треугольников изолированы друг от друга катионами или дополнительными анионами.

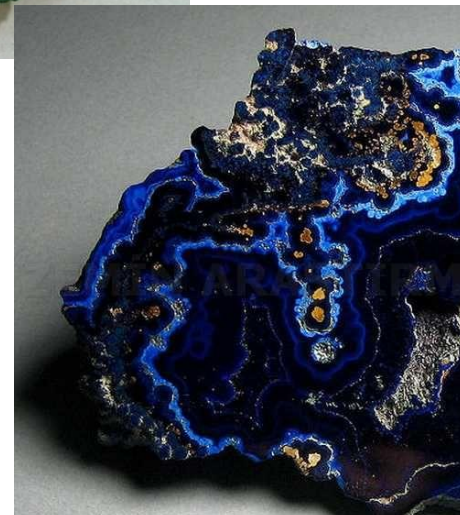
Наиболее распространенными являются карбонаты:

безводные - кальцит  $\text{CaCO}_3$ ; магнезит  $\text{MgCO}_3$ ;

доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ; сидерит  $\text{FeCO}_3$

с гидроксильной группой (ОН) - малахит  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ;

азурит  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$



# Происхождение

В большинстве случаев карбонаты образуются в гипергенных процессах (хотя известны и магматические карбонаты).

Происхождение некоторых карбонатов, например, кальцита в известняках, связано с жизнедеятельностью организмов.

Гидротермальные карбонаты распространены в жилах, контактово-метасоматических зонах, в отложениях минеральных источников, в миндалинах вулканических пород.

**Кристаллизуются** в ромбической и тригональной сингониях (хорошие кристаллические формы и спайность по ромбу);

**Цвет:** большинство белые или бесцветные, в зависимости от вхождения в структуру ионов-хромофоров могут быть:

- ✓ медные - зеленые или синие;
- ✓ урановые - желтые;
- ✓ содержащие железо – коричневатые.

**Двойное лучепреломление** - следствие наличия в структуре плоских групп  $[\text{CO}_3]^{2-}$ .

**Низкая твердость:** 3 - 5.

**Удельный вес:** меняется в широких пределах в зависимости от химического состава минералов. Самый легкий из карбонатов - сода; наибольшим удельным весом обладают карбонаты висмута и свинца.



Большинство карбонатов относительно хорошо **растворяются в воде** богатой свободной углекислотой по схеме  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Некоторые интенсивно **вскипают в разбавленной (10%) соляной кислоте**, выделяя при этом пузырьки  $\text{CO}_2$ , что является одним из основных диагностических свойств при идентификации широко распространенных карбонатов кальция, магния и железа.

# Значение

- являются породообразующими минералами осадочных пород (известняки, доломиты и др.) и метаморфических пород (мрамор, скарны);
- используются как удобрения;
- используются как поделочный камень (малахит);
- многие карбонаты имеют практическое значение как руды на железо, цинк, свинец и медь;
- большие скопления магнезита и сидерита – источник получения магния и железа;
- плотные массивные карбонатные породы (известняки, мраморы, доломиты) используются в качестве строительного материала.

## Класс 2. Сульфаты — соли серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

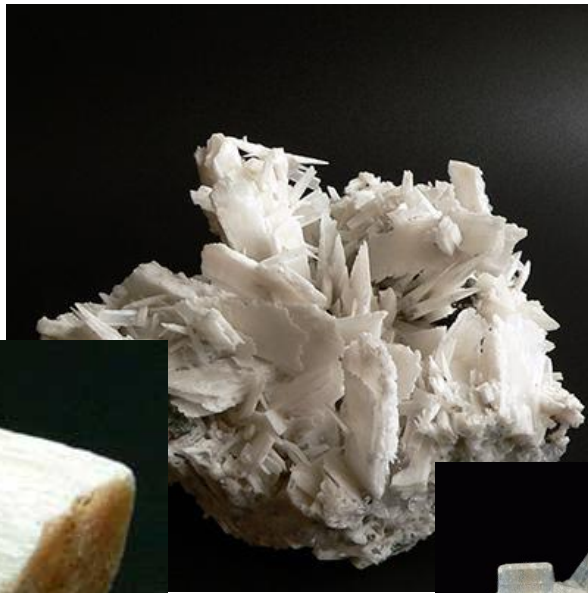
В природе известно около 300 минералов (155), относящихся к этому классу соединений, но по массе они составляют менее 0,1 % веса земной коры.

Образовываются в природе в условиях повышенной концентрации кислорода, необходимой для перевода серы в высшую степень окисления ( $\text{S}^{6+}$ ) и при относительно низких температурах. Такие условия в земной коре создаются вблизи поверхности, где и встречается основная масса сульфатов.

Некоторые сульфаты (барит, целестин) имеют гидротермальный генезис.

Различают: водные - *гипс* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и безводные - *ангидрит* ( $\text{CaSO}_4$ )

Наиболее распространены и известны сульфаты Ca, Ba, Sr, Pb: *гипс* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), *ангидрит* ( $\text{CaSO}_4$ ), *барит или тяжёлый шпат* ( $\text{BaSO}_4$ ), *целестин* ( $\text{SrSO}_4$ ), *англезит* ( $\text{PbSO}_4$ ), *тенардит* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), *мирабилит или глауберова соль* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), *алунит* ( $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ), *ярозит* ( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ )



## Общие свойства сульфатов:

- ✓ кристаллизация в моноклинной и ромбической сингониях,
- ✓ небольшая твердость (меньше 3,5),
- ✓ светлая окраска,
- ✓ стеклянный блеск,
- ✓ совершенная спайность,
- ✓ растворимые в воде.

## Применение сульфатов:

- ✓ строительство,
- ✓ сельское хозяйство,
- ✓ медицина,
- ✓ химическая промышленность.

## Класс 3. Фосфаты (165 минеральных видов) — соли ортофосфорной ( $H_3PO_4$ ) кислоты

В большинстве своем гипергенные минералы, образуются в поверхностной зоне за счет разложения органических остатков. Количество минеральных видов около 180 (200). Редки (0,7% массы земной коры).

Невысокие показатели твердости и плотности.

Эта малораспространенная группа минералов имеет важное значение в жизни человека, так как апатит, входящий в нее, служит сырьем для изготовления фосфорных удобрений и синтетических моющих средств.

Главные представители:

- апатит
- вивианит
- бирюза

## Класс 4. Вольфраматы – соли вольфрамовой ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ ) кислоты

*Вольфраматы* в природе не многочисленны. Однако в рассматриваемый подкласс входят два промышленно важных рудных минерала - вольфрамит -  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$  и шеелит -  $\text{CaWO}_4$ , имеющих глубинное происхождение.

Для получения вольфрама, который используется в оборонной и аэрокосмической промышленности и электроники, для изготовления лампочек, а ввиду своей сопротивляемости высоким температурам идет в производство электрических клапанов, радио- и рентгеновской аппаратуры.

# Класс 5. Молибдаты — соли молибденовой ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ) кислоты

Большинство *молибдатов* являются гипергенными минералами, образующихся в зонах железных шляп рудных месторождений в результате окисления молибденита ( $\text{MoS}_2$ ).

Наиболее распространенные молибдаты:

- вульфенит (молибдат свинца -  $\text{PbMoO}_4$ ) – руда свинца,
- ферримолибдит ( $\text{Fe}_2^{3+}[\text{MoO}_4]_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).



**Класс 6. Хроматы** - представители солей ортохромовой кислоты ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) - очень редки (около 10 минералов).

Встречаются в зонах окисления некоторых полиметаллических месторождений, классическим из которых является Березовское на Среднем Урале.

Главный минерал класса хроматов – крокоит ( $\text{PbCrO}_4$ ) - красная свинцовая руда (хромат свинца островного строения). В структуре хроматов - тетраэдр  $(\text{CrO}_4)^{2-}$ .

Именно в хромате из этого месторождения - крокоите -  $\text{PbCrO}_4$  в 1797 г. был открыт химический элемент хром.

**Класс 7. Бораты** - кальциевые и магниевые соли борных кислот  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{HBO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Относятся более 100 минералов разнообразной структуры, но почти всегда сходного состава.

Структуры боратов подобно структурам силикатов могут быть островными, цепочечными, ленточными, кольцевыми, слоистыми в зависимости от степени полимеризации анионных групп.

В природе наиболее распространены бораты кальция, магния, натрия:

- ✓ иньоит  $\text{Ca}(\text{B}_2\text{VO}_3(\text{OH})_5) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,
- ✓ колеманит  $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,
- ✓ пандермит  $\text{Ca}_2(\text{B}_4\text{VO}_7(\text{OH})_5) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,
- ✓ гидроборацит  $\text{CaMg}(\text{B}_2\text{VO}_4(\text{OH})_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,
- ✓ ашарит  $\text{Mg}_2(\text{B}_2\text{O}_4\text{OH})(\text{OH})$ ,
- ✓ улексит  $\text{NaCa}(\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

**Класс 8. Ванадаты** — группа минералов, представляющих собой различные по составу и сложности соли ортованадиевой кислоты  $H_3(VO_4)$ . Известно около 50 минералов (основных и водных солей), большинство из которых очень редки.

Кристаллизуются ванадаты природные в гексагональной, ромбической, моноклинной и триклинной сингониях. Образуют порошки, налёты, корочки, редко хорошо образованные кристаллы. Окраска преимущественно жёлтая, красная или буровато-красная, главным образом за счёт аниона  $[VO_4]^{3-}$ , а также некоторых катионов (например,  $Cu^+$  придаёт им зелёные оттенки). Твердость: 1- 4; плотность 2,5 - 7.

В большинстве своем гипергенные минералы, образуются в поверхностной зоне за счет разложения органических остатков.

**Класс 9. Арсенаты** — соли ортомышьяковой ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) кислоты

Включает около 120 минералов. В комплексном анионе  $\text{AsO}_4^{3-}$  мышьяк может изоморфно замещаться на R и S.

По особенностям состава арсенаты природные делят на безводные — миметезит  $\text{Pb}_5[\text{AsO}_4]_3\text{Cl}$ , оливенит  $\text{Cu}_2[\text{AsO}_4]\text{OH}$ , дюфтит  $\text{PbCu}[\text{AsO}_4]\text{OH}$  и др. и водные — эритрин, аннабергит, скородит, эвхроит  $\text{Cu}_2[\text{AsO}_4]\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , метацейнерит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и др.

В большинстве своем гипергенные минералы, образуются в поверхностной зоне за счет разложения органических остатков.

## Класс 10. Силикаты – соли кремниевых кислот

Минералы сложного химического состава, самый многочисленный класс, насчитывающий до 800 видов (не менее 75% всей земной коры), среди них главную роль играют полевые шпаты.

По химическому составу силикаты иногда рассматривают как соли различных гипотетических кремниевых и алюмокремниевых кислот с подразделением на безводные и водные силикаты.

Основой кристаллической решётки силикатов является кремнекислородный тетраэдр  $[SiO_4]^{-4}$ . Ион кремния  $Si^{+4}$  располагается в центре тетраэдра и окружён четырьмя ионами кислорода  $O^{-2}$ , расположенными в вершинах тетраэдра. В кристаллической решётке алюмосиликатов особую роль играет  $Al^{+3}$  как бы частично замещающий ион кремния внутри тетраэдра.

Сочетания тетраэдров определяют внутреннюю структуру силикатов.

Выделяют:

А. Островные (сложены изолированными тетраэдрами) – группы оливина, гранатов, циркона, ставролита, дистена (кианита), топаз и кольцевые (тетраэдры соединены в замкнутые кольца) – группы берилла и турмалина;

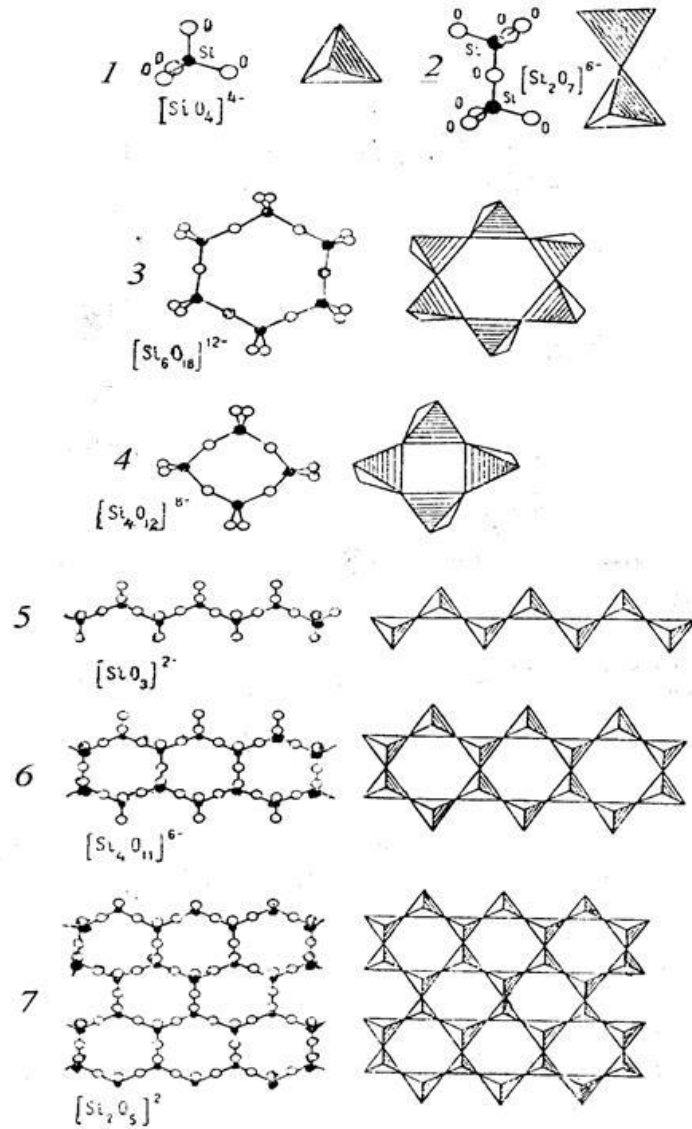
Б. Цепочечные (тетраэдры соединены в непрерывные цепочки): группа пироксенов (авгит), родонит;

В. Ленточные (содержат соединенные в обособленные ленты тетраэдры): минералы группы амфиболов (роговая обманка);

Г. Слоевые (листовые) и алюмосиликаты (тетраэдры объединены в ленты, образующие единый непрерывный слой): тальк, серпентин (змеевик), каолин, группа слюд (биотит, мусковит).

Д. Каркасные, алюмосиликаты и бериллосиликаты (каркас полевых шпатов создан тетраэдрами, сцепленными всеми четырьмя вершинами): группы полевых шпатов (калиево-натриевых и кальциево-натриевых), фельдшпатоидов и цеолиты.

## Типы соединения кремнекислородных тетраэдров:



- 1–2 – изолированный кремнекислородный тетраэдр;
- 2 – группа из двух тетраэдров (сдвоенный);
- 3–4 – группы из шести и четырех тетраэдров, связанных в кольцо;
- 5 – цепочка тетраэдров;
- 6 – лента тетраэдров;
- 7 – слой (лист) тетраэдров

# Островные силикаты



Ставролит



Циркон



Оливин



Гранаты



Дистен (кианит)



Топаз



# Кольцевые силикаты – встречаются сравнительно редко, состоят из 3-х или 6-ти тетраэдров, замкнутых в кольца

Берилл ( $\text{Al}_2[\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$ ) – «драгоценный сине-зелёный (цвета морской воды) камень», «brille и brilliant» - блестеть

Блеск: стеклянный

Цвет: бледно-зелёный, изумрудно-зелёный, винно-жёлтый, розовый, синеватый

Черта: нет

Спайность: весьма совершенная

Твёрдость: 8

Сингония: гексагональная

Удельный вес: 2,6 – 2,9 г/см<sup>3</sup>

Встречается: в гранитах (пегматита), гнейсах и кристаллических сланцах

Используется: в ювелирном деле, как абразивный материал и руда для получения берилла



# ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

## Группа пироксенов

Кристаллическая решетка построена из простых одинарных цепочек кремнекислородных тетраэдров, между которыми катионы (Mg, Fe, Li, Mn, Ca)

Подразделяются на ромбические и моноклинные

Высокотемпературные, входят в состав МГП и самых глубинных метаморфических горных пород, скарнов

Образуют изоморфный ряд из 20-ти минералов.

# Ленточные силикаты

Ленточные силикаты с радикалом  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$  объединяют минералы группы амфиболов – минералов с непостоянным химическим составом, среди которых наиболее распространен породообразующий минерал роговая обманка - сложный алюмосиликат кальция, магния и железа -  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{Al,Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ .

Амфиболы являются более поздними, чем пироксены, продуктами магматической кристаллизации и более ранними минералами метаморфизма. Роговая обманка, тремолит, актинолит — типичные минералы скарнов.

# Слоистые (слоевые, листовые) силикаты

Представляют непрерывные слои, где тетраэдры связаны ионами кислорода, а между слоями связь осуществляется через катионы. Поэтому у них общий радикал в формуле -  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ .

Эта группа объединяет породообразующие минералы-слюды: чёрный биотит, бесцветный мусковит и его мелкочешуйчатая разновидность серицит.

Кроме них часто встречаются метаморфического происхождения серпентин (змеевик), тальк и непостоянного состава хлориты. Эти минералы возникают при воздействии на ультраосновные породы горячих растворов и газов.

# Слоистые (слоевые, листовые) силикаты

Представляют непрерывные слои, где тетраэдры связаны ионами кислорода, а между слоями связь осуществляется через катионы. Поэтому у них общий радикал в формуле -  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ .

Эта группа объединяет породообразующие минералы-слюды: чёрный биотит, бесцветный мусковит и его мелкочешуйчатая разновидность серицит.

Кроме них часто встречаются метаморфического происхождения серпентин (змеевик), тальк и непостоянного состава хлориты. Эти минералы возникают при воздействии на ультраосновные породы горячих растворов и газов.

# Каркасные силикаты

Наиболее сложная структура – бесконечные трёхмерные решётки или каркасы, состоящие из связанных между собой тетраэдров, через кислороды всех своих четырёх вершин.

Важнейшие породообразующие минералы, 60% массы земной коры

Образуются в результате магматических и метаморфических, в меньшей степени гидротермальных процессов минералообразования

В поверхностных условиях разлагаются, гидратируются с образованием слюд, гидрослюд и глинистых минералов

По составу подразделяются на:

- ✓ полевые шпаты,
- ✓ фельдшпатыды,
- ✓ цеолиты

# Свойства силикатов

Сложный химический состав и разнообразие кристаллической структуры дают большой разброс показателей физических свойств:

✓Твёрдость: от 1 до 9

✓Спайность: от весьма совершенной до несовершенной

✓Окраска: широчайший спектр цветов и оттенков

✓Внутри каждой структурной группы свойства близки, имеется какой-то один или два признака, по которым можно определить минерал.

Например, слюды определяют по спайности и низкой твердости

✓Часто силикаты группируются по окраске - темноокрашенные, светлоокрашенные (особенно это относится к породообразующим силикатам)

✓Образуются, в основном, при формировании магматических и метаморфических пород в эндогенных процессах. Большая группа глинистых минералов (каолин и др.) образуется в экзогенных условиях при выветривании силикатных горных пород.

- ✓ Многие силикаты являются полезными ископаемыми и применяются в народном хозяйстве.
- ✓ Это строительные материалы, облицовочные, поделочные и драгоценные камни (топаз, гранаты, изумруд, турмалин и др.), руды металлов ( Ве , Zr , Al ) и неметаллов (В), редких элементов. Они находят применение в резиновой, бумажной промышленности, как огнеупоры и керамическое сырье.

Среди силикатов:

- Полевые шпаты (57%)
- Амфиболы и пироксены (13%)
- Кварц (11%) – относится к силикатам с непрерывными трёхмерными каркасами или каркасные силикаты.
- Слюда (11%)
- Оливин (3%)



**Тип V. Галогениды** (рождающие соль) или **галоиды, галогены** – соединения галогенов (электроотрицательных) с другими химическими элементами или радикалами (соли галоидных кислот).

По участвующему в соединении галогену:

- фториды;
- хлориды;
- бромиды (соли бромистоводородной кислоты – бромид серебра  $\text{AgBr}$ );
- иодиды (соли иодистоводородной кислоты  $\text{HI}$  – калия иодид  $\text{KI}$ );
- астатиды.

Всего около 100 минералов.

- Взаимодействие с водой: большинство растворимы
- Вкус: горько-соленый
- Гигроскопичность: интенсивно поглощают влагу из воздуха и расплываются в густое желе (поэтому в коллекциях их хранят в герметичной упаковке)
- Происхождение: из высохших морских лагун и сохраняются, как правило, лишь в сухом жарком климате (пустынях) либо в условиях природной защиты от дождей и подземных вод (глина, гипсовые купола); в жарком климате отлагаются на побережьях морей и океанов; лишь немногие галогениды возникли в результате магматических процессов (флюорит, криолит) и неподвластны воздействию воды в приповерхностных условиях

## Наиболее распространены:

Класс 1. Хлориды — соли соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ), насчитывается до 25 минералов: галит ( $\text{NaCl}$ ), сильвин ( $\text{KCl}$ ), карналлит  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (водный хлорид калия и магния).

Класс 2. Фториды – соли плавиковой кислоты, насчитывается около 20 минералов. Светлые, средней плотности и твёрдости. Представитель: флюорит ( $\text{CaF}_2$ ).

По генезису фториды и хлориды отличаются. Флюорит - продукт эндогенных процессов (гидротермальный), а галит и сильвин образуются в экзогенных условиях за счет осаждения при испарении в водоемах.

# ОБЩИЕ СВОЙСТВА ДЛЯ ГАЛОГЕНИДОВ

- ✓ низкая твердость,
- ✓ кристаллизация в кубической сингонии,
- ✓ совершенная спайность,
- ✓ широкая цветовая гамма,
- ✓ прозрачность,
- ✓ легко растворяются в воде.

Особыми свойствами обладают галит и сильвин- соленый и горько-соленый вкус.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЛОГЕНИДОВ

В народном хозяйстве флюорит используется в оптике, металлургии, для получения плавиковой кислоты; галит и сильвин - в химической и пищевой промышленности, в медицине, сельском хозяйстве, фотоделе.