

МИНЕРАЛЫ

Принципы классификации минералов

В основе классификации минералов лежат их химические и структурные признаки

Царство минералов

Подцарство – простые вещества и соединения

Тип - объединяет минералы с близким характером химических соединений, родственным типом химической связи

Класс - объединяет соединения с однотипными анионами (или элементами в простых веществах)

Отдел - объединяет соединения с однотипной структурой

Подцарство	Тип	Класс	Отдел	Анионная группа
Простые вещества		металлы неметаллы		
соединения	Халькогенные	сульфиды теллуриды арсениды оксиды и гидроксиды		S^{2-} Te^{2-} As^{3-}
	Кислородные соединения	Силикаты и алюмосиликаты		O^{2-} и $[OH]^{1-}$
			островные	$[SiO_4]^{4-}$ и $[Si_2O_7]^{6-}$
			цепочечные	$[Si_2O_6]^{4-}$ $[Si_3O_9]^{6-}$
			ленточные	$[Si_4O_{11}]^{6-}$
			слоевые	$[Si_4O_{10}]^{4-}$
			каркасные	$[AlSi_3O_8]^{1-}$ $[Al_2Si_2O_8]^{2-}$
		бораты		$[BO_3]^{3-}$
		фосфаты, арсенаты, ванадаты		$[PO_4]^{3-}$ $[AsO_3]^{3-}$ $[VO_3]^{3-}$
		молибдаты и вольфраматы		$[WO_4]^{2-}$ и $[MoO_4]^{2-}$
		карбонаты		$[CO_3]^{2-}$
		сульфаты		$[SO_4]^{2-}$
	галогенные	фториды хлориды		F^1 Cl^{1-}

Простые вещества

Класс 1 и 2. Металлы и неметаллы

Распространенность:

- Составляют 0,1% массы земной коры
- В природе известно ~ 30 химических элементов, но большая часть из них встречается очень редко
- Наиболее распространены **сера**, **углерод** и **медь**
- Реже встречаются благородные металлы и полуметаллы (**Au**, **Ag**, **Pt**, **As**, **Sb**, **Bi**).
- Самородное **Fe**, **Co**, **Ni**, из-за высокой реакционной способности, также редки.

Образование:

для металлов

- магматогенное (Au, Pt, Os, Ir)
- гидротермальное (Au)
- в зонах окисления (Cu, Ag)
- в метеоритах (Fe)

для неметаллов

- зоны окисления
- вулканогенное и биогенно-осадочное (S)
- эндогенное (графит и алмаз)

Общие физические свойства металлов:

- большая плотность
- металлический блеск
- хорошая электропроводность
- большая часть обладает ковкостью и низкой твердостью

Неметаллы более разнообразны по своим свойствам

МЕД

Ь

Свойства

- цвет медно-красный
- черта металлическая блестящая
- тв. **2,5–3**, сп. нет
- бл. металлический, пл. **8,5–8,9**
- изл. крючковатый, ковкая

Форма выделения

- кристаллы кубического, кубооктаэдрического габитуса
- плоские и объемные дендриты
- плотные сплошные массы, мелкие вкрапленности

Cu

Изменения

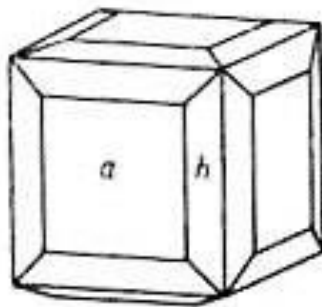
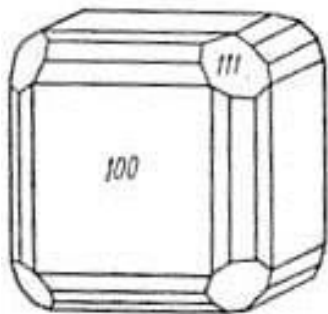
- быстро покрывается с поверхности купритом (Cu_2O) в воздушной среде
- в водно-воздушной среде за счет меди образуется малахит, азурит, сульфиды

Диагностические признаки

- вторичные изменения
- цвет, излом, ковкость

Образование

- гипергенная в нижней части зоны окисления
- низкотемпературная гидротермальная
- редко в магматических породах, как продукт кристаллизации
- в Fe-Ni метеоритах



Дендриты самородной меди

СЕРА (α-форма)

S

Свойства

- цвет от желтого до желто-коричневого
- черта белая
- тв. 1,5–2,5, сп. несовершенная
- бл. смолистый, пл. 2,07, хрупкая
- изл. от раковистого до неровного
- горючая

Форма выделения

- кристаллы бипирамидального, ромботетраэдрического габитуса
- щетки, друзы
- зернистые, порошковатые агрегаты
- корочки, налеты, натеки

Изменения

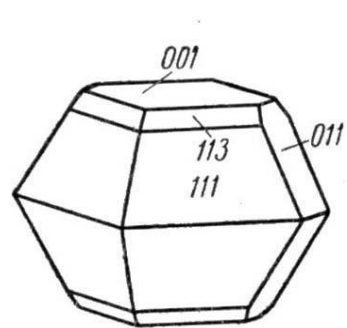
- в поверхностных условиях окисляется с образованием H_2SO_4
- при наличии бактерий переходит в сероводород

Диагностические признаки

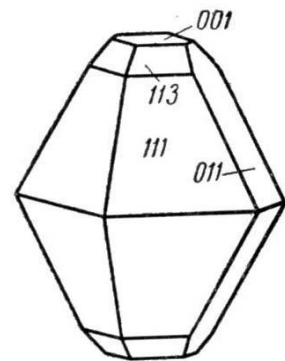
- цвет, хрупкость, горючесть

Образование

- вулканогенная, при взаимодействии вулканических газов с кислородом, друг с другом, с вмещающими породами:
$$2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$$
$$2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$$
- в зоне окисления сульфидных месторождений
- биогенно-осадочная

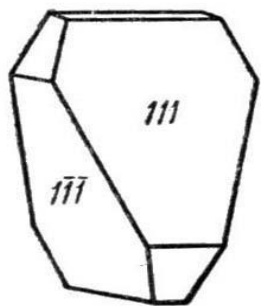


усеченно-
бипирамидальны
й

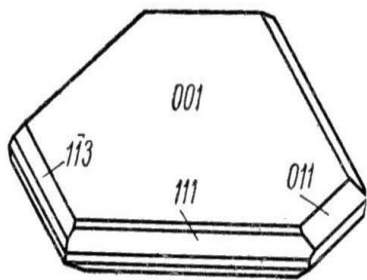


удлиненно-
бипирамидальны
й

Габитус кристаллов
серы:



псевдотетр
а-
эдрический



пинакоидальны
й



ГРАФ ИТ

Свойства

- цвет железо-черный до стально-серого
- черта черная блестящая
- бл. полуметаллический, металловидный
- тв. 1–2, сп. весьма совершенная
- изл. зернистый, ровный
- жирный на ощупь, пачкает бумагу, пл. 2,09–2,23

Форма выделения

- пластинчатые кристаллы
- чешуйчатые, пластинчатые агрегаты
- округлые выделения радиально-лучистого, зонально-концентрического строения

С

Изменения

- механическое истирание

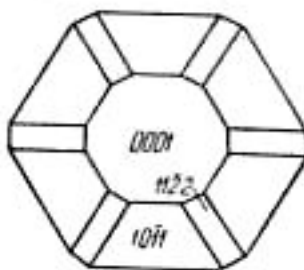
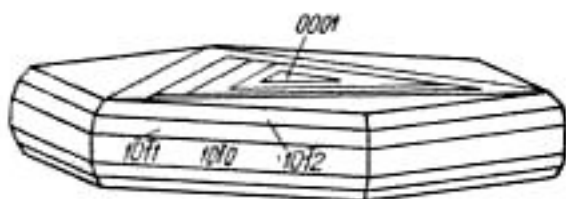
Диагностические признаки

- низкая твердость и плотность при металлическом блеске
- пачкает руки, цвет черты

Образование

- метаморфический в сланцах, мраморах, гнейсах (за счет органических остатков осадочных пород или разложения карбонатов)
- магматический: за счет разложения CO , CH_4 ; выделение непосредственно из расплава; при разложении карбонатов (ассимилированных или первично магматических)
- пиролиз каменного угля
- пневматолитово-гидротермальный

- в железных метеоритах



Габитус кристаллов графита.
На грани $\{0001\}$ видна
треугольная штриховка
полисинтетических двойников

Соединения

Халькогенные

Класс 3. Сульфиды и их аналоги S^{2-}

Распространенность:

- составляют около **0,15 %** от массы земной коры
- в природе известно более **350** минералов

Образование:

- преимущественно гидротермальное
- в зонах окисления ниже уровня грунтовых вод
- хемогенно-осадочное при сероводородном заражении бассейнов
- реже кристаллизация из магматического расплава

Общие физические свойства сульфидов:

- большая плотность
- металлический (реже алмазный) блеск
- окрашенная черта (черная, коричневая, иногда красная)
- большая часть из них не прозрачны

Свойства

- цвет стально-серый с голубоватым отливом
- иногда пестрая побежалость
- черта свинцово-серая
- тв. 2–3, сп. совершенная по кубу
- бл. металлический, пл. 7,6
- изл. ступенчатый; хрупкий

Форма выделения

- кубы, кубооктаэдры, реже октаэдры
- сплошные массы
- вкрапленность

Изменения

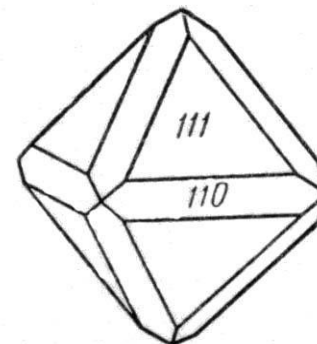
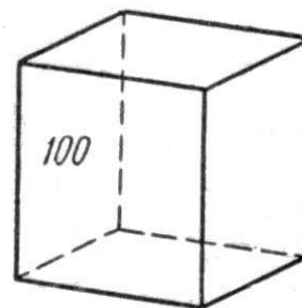
- в гипергенных условиях изменяется с образованием карбонатов и сульфатов свинца

Диагностические признаки

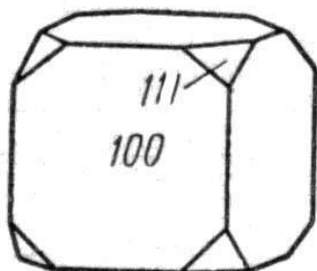
- от арсенопирита – по цвету, низкой твердости, спайности по кубу и высокой плотности

Образование

- один из наиболее распространенных гидротермальных сульфидов, часто со **сфалеритом, пиритом, халькопиритом, кварцем, флюоритом, карбонатами**



Кубические и
кубооктаэдрические кристаллы
галенита





Спайный выкол
галенита

СФАЛЕРИТ

ZnS

Свойства

- цвет чаще коричневый разной насыщенности, зависит от содержания Fe
- черный (мартит) – Fe 8–10 %; коричневый – Fe 2–8 %; желтый (клеюфан) – Fe до 1 %; зеленый – Co^{2+} ; Mn – черный
- черта от коричневой до желтой, иногда белая
- тв. 3,5–4, сп. совершенная в шести направлениях
- бл. алмазный, у скрытокристаллических агрегатов – тусклый
- изл. ступенчатый, пл. 3,9–4,1

Форма выделения

- кристаллы тетраэдрического, ромбододекаэдрического габитуса (на гранях часто ступени и спирали роста)

Изменения

- в зонах окисления карбонатизируется
- за счет Fe – его гидрооксиды, за счет Cd – гринокит (CdS)

Диагностические признаки

- спайность в шести направлениях
- алмазный бл, цвет черты

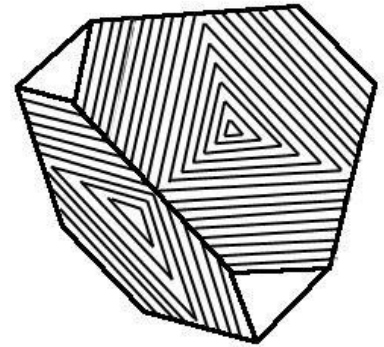
Образование

- гидротермальный почти во всех известных типах ассоциаций
- в доломитизированных породах за счет смешения горячих вод с поверхностными (почковидные агрегаты)





**Тетраэдрические кристаллы
сфалерита с характерной штриховкой
на гранях**



Свойства

- цвет от ярко-красного до коричневатого-красного. Часто свинцово-серая побежалость
- черта ярко-красная
- сп. совершенная в 3 направлениях (гексагональная призма)
- тв. 2–2,5, пл. 8–8,2, хрупкая
- бл. кристаллов алмазный до полуметаллического, у землистых агрегатов тусклый, в плотных мелкозернистых агрегатах металлический

Форма выделения

- ромбоэдри, толстотаблитчатые кристаллы
- зернистые, массивные скопления
- налеты, корочки

Изменения

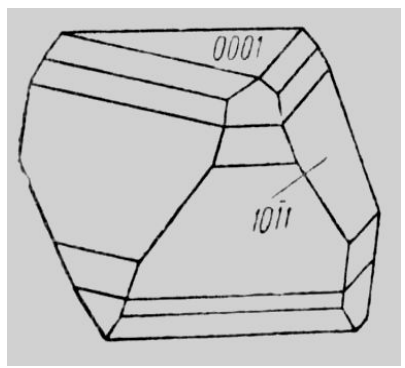
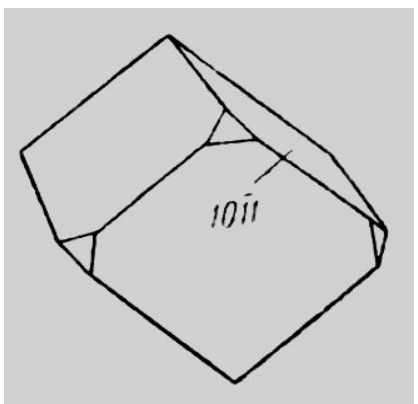
- устойчива

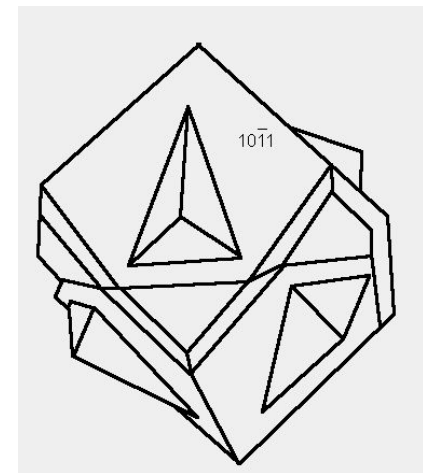
Диагностические признаки

- цвет, спайность, цвет черты
- большая плотность
- от гематита – низкой твердостью и чертой

Образование

- низкотемпературное гидротермальное
- из горячих источников, связанных с вулканизмом
- редко за счет разложения ртутьсодержащего тетраэдрита





Двойники
прорастания
кристаллов
киновари

ПИРИТ



Свойства

- цвет бледный латунно-желтый
- черта черная
- тв. 6–6,5, сп. весьма несовершенная
- бл. металлический
- изл. раковистый, неровный, пл. 5,01

Форма выделения

- кубы и пентагондодекаэдры со штриховкой на гранях, октаэдры
- сплошные зернистые массы
- конкреции, скрученные кристаллы
- вкрапленники

Изменения

- легко окисляется с образованием сульфатов и гидроксидов железа, серной кислоты

Диагностические признаки

- от халькопирита – по большей твердости, продуктам изменения
- от пирротина – по твердости, немагнитности
- штриховка на гранях куба

Образование

- гидротермальное
- в осадочных породах, каменных углях





МИНЕРАЛЫ
rusmineral.ru

ХАЛЬКОПИРИТ



Свойства

- цвет латунно-желтый
- пестрая побежалость
- черта зеленовато-черная
- тв. 3,5–4, сп. нет
- бл. металлический, пл. 4,28
- изл. неровный; хрупкий

Форма выделения

- кристаллы тетраэдрического габитуса
- сплошные массы
- Вкрапленники

Изменения

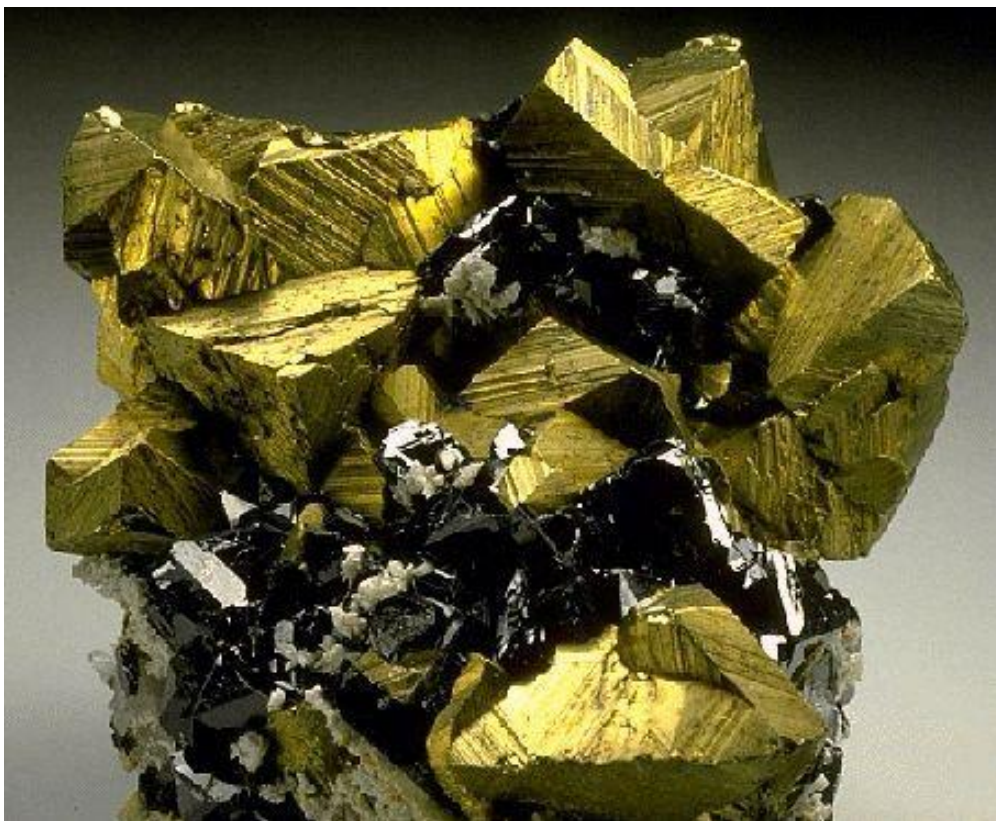
- в зонах окисления изменяется с образованием гидроксидов Fe, куприта, малахита, азурита

Диагностические признаки

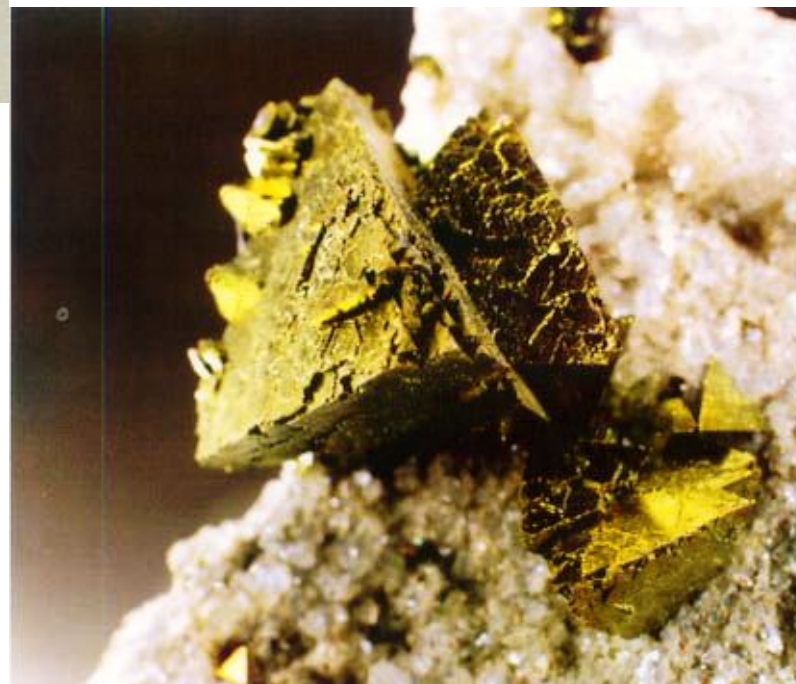
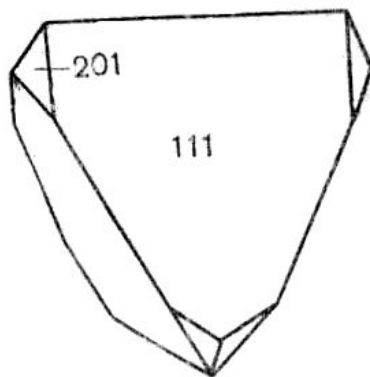
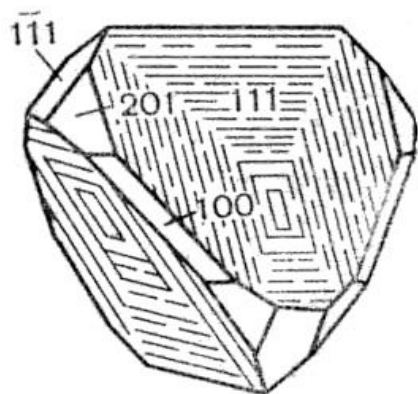
- от пирита отличается низкой твердостью
- от золота – хрупкостью
- характер изменения (наличие продуктов окисления синего и зеленого цвета)

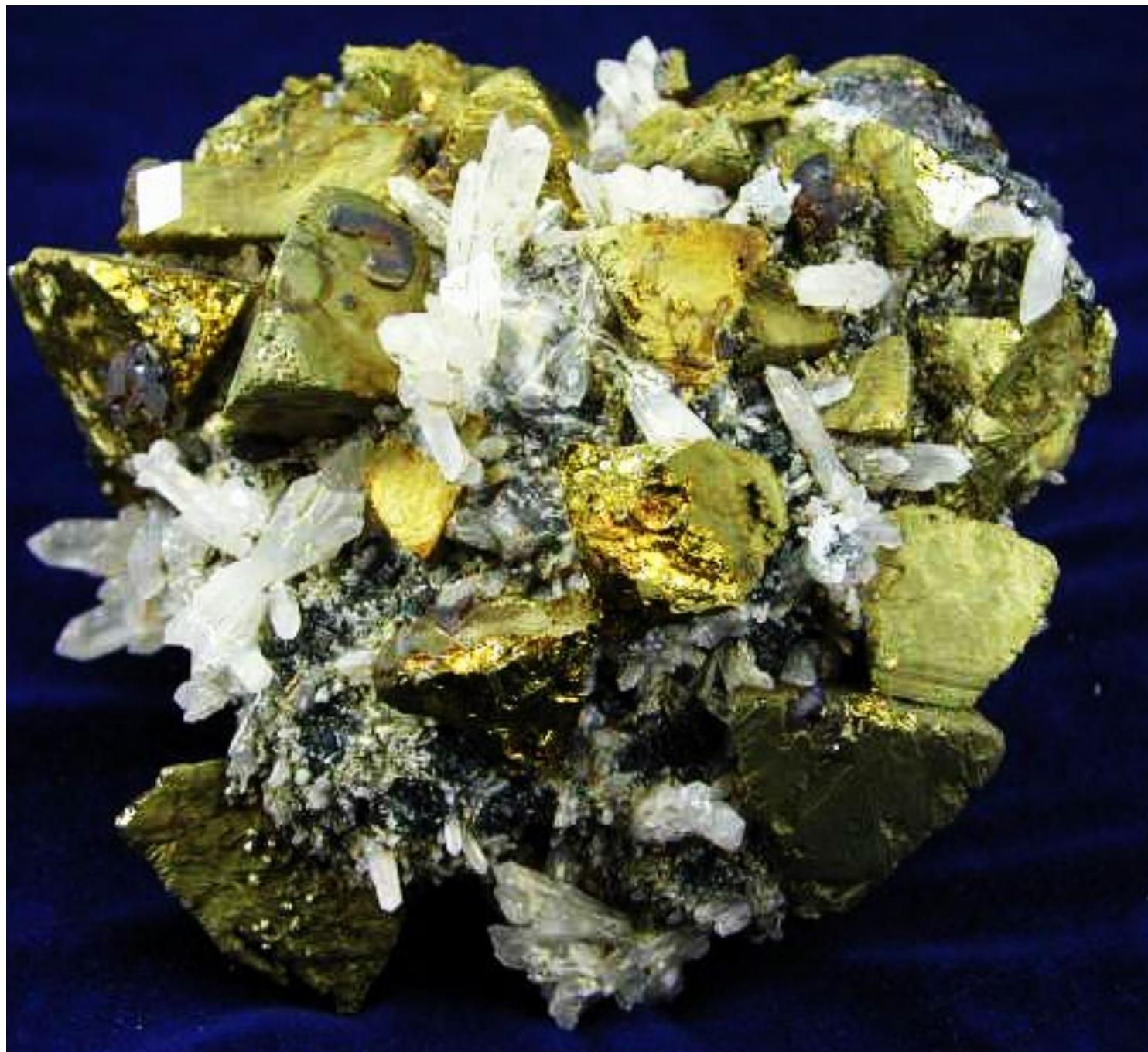
Образование

- гидротермальное
- ликвационно-магматическое с пирротинном и пентландитом



Тетраэдрические
кристаллы
халькопирита с
характерной
штриховкой на
гранях

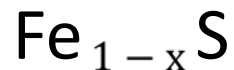




Побежалость на халькопирите



ПИРРОТИН



Свойства

- цвет бронзово-желтый до темного бронзово-желтого с коричневой или красновато-коричневой побежалостью
- черта серо-черная
- тв. **3,5–4,5**, сп. несовершенная в трех направлениях по {1010} и отдельность
- бл. металлический
- изл. неровный до полураковистого
- слабо магнитен, хрупкий, пл. 4,58–4,65

Форма выделения

- редко кристаллы гексагонального и пластинчатого облика
- сплошные массы
- зернистые скопления
- вкрапленники

Изменения

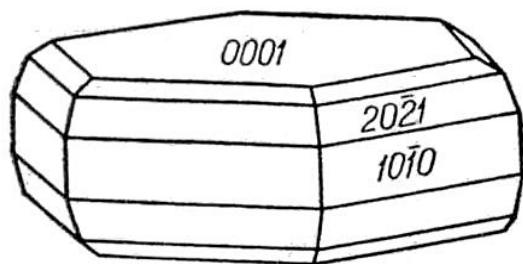
- в поверхностных условиях легко окисляется с образованием сульфатов и гидроксидов железа

Диагностические признаки

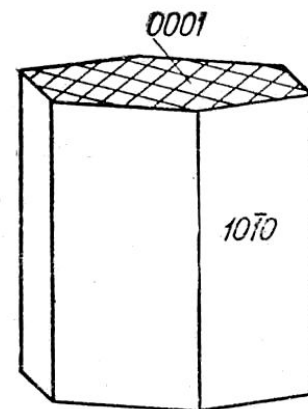
- от пирита – по твердости, магнитности, цвету

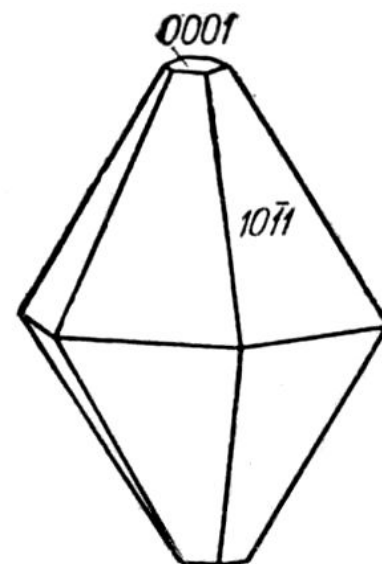
Образование

- магматическое в основных и ультраосновных породах
- в кимберлитах (включения в алмазах)
- скарны
- гидротермальное



Таблитчатый и
призматический кристаллы
пирротина





Дипирамидальный кристалл пирротина

АРСЕНОПИРИТ



Свойства

- цвет оловянно-белый до стально-серого
- иногда желтая побежалость
- черта от темно-серой до черной
- тв. 5,5–6, сп. ясная по {101}
- бл. металлический
- изл. неровный, пл. 5,9–6,2

Форма выделения

- псевдоромбические призматические кристаллы со штриховатостью параллельно оси z
- шестоватые, радиально-лучистые агрегаты
- плотные мелкозернистые массы

Изменения

- окисляется с образованием гидроксидов железа и арсенатов грязно-оливково-зеленого цвета

Диагностические признаки

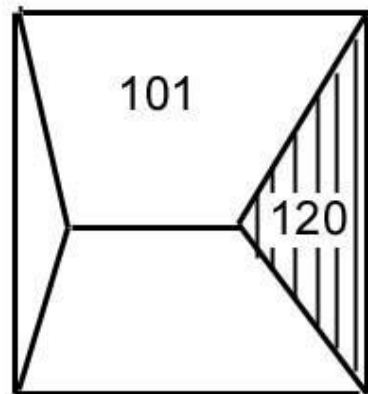
- от галенита – большей твердостью, цветом, спайностью (у галенита – по кубу)

Образование

- высоко- и среднетемпературное гидротермальное

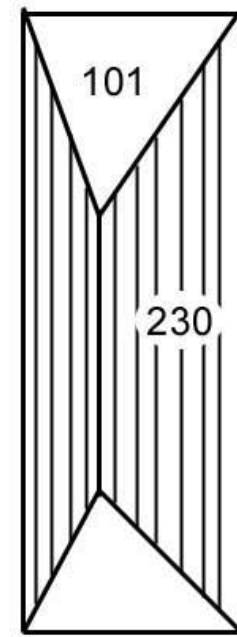


Радиально-
лучистый
агрегат
арсенопирит
а



псевдоромбические
короткопризматические
кристаллы
арсенопирита со
штриховатостью





Длиннопризмат
и-ческие
кристаллы
арсенопирита

Класс 9. Фториды F^{1-}

Распространенность:

- Имеют довольно ограниченное распространение
- К собственно фторидам относится всего **12** минеральных видов
- Ведущими катионами являются литофильные элементы Ca, Na, Al, Mg.
- Из минералов наиболее широко распространен **флюорит**
 CaF_2

Образование:

- Гидротермальное
- контактово-метасоматическое
- магматическое
- в пегматитах

Общие свойства:

Свойства зависят от типа катиона.

Фториды литофильных элементов обладают:

- средней твердостью
- стеклянным или жирным блеском
- белой или слабо окрашенной чертой

ФЛЮОРИТ



Свойства

- цвет желтый, зеленый, фиолетовый, белый, серый, бесцветный
- окраска чаще всего связана с дефектами структуры. Черно-фиолетовая – с примесью углеводородов. Обычна цветовая зональность
- черта бесцветная, у очень темных разновидностей слегка окрашена
- тв. 4, сп. совершенная по октаэдру, спайные поверхности часто волнистые
- бл. стеклянный до жирного; пл. 3,18
- изл. ступенчатый

Форма выделения

- кубические кристаллы, реже в форме октаэдров
- массивный с четко проявленными спайными трещинами
- порошковатые, землистые массы
- характерно двойникование по {111}, часто с образованием двойников прорастания

Изменения

- в поверхностных условиях устойчив

Диагностические признаки

- форма кристаллов, особенности двойникования
- октаэдрическая спайность и часто цвет

Образование

- телетермальные жилы, грейзены
- контактово-метасоматическое
- гранитные пегматиты и др.



Флюорит кубического и
октаэдрического габитуса



Кристаллы
зеленого,
розового и
голубого
флюорита

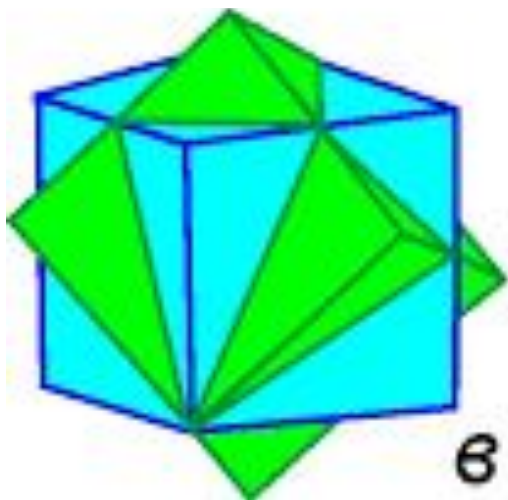




полихромный
флюорит



Друза кубических
кристаллов желтого
флюорита



Двойники
прорастани
я флюорита

Класс 10. Хлориды Cl^{1-}

Распространенность:

- Хлориды более широко распространены в природе, чем другие галогенные соединения
- К собственно хлоридам относится **68** минеральных видов
- Ведущими катионами являются литофильные элементы Na, K, Mg
- Наибольшим распространением пользуются минералы **галит** NaCl и **сильвин** KCl

Образование:

- в основном хемогенно-осадочное, в лагунах и озерах

В незначительных количествах образуются в гипогенных ассоциациях:

- вулканических возгонах
- термальных источниках

Общие свойства:

Зависят от типа катиона.
Для хлоридов литофильных элементов характерна:

- низкая твердость и плотность
- стеклянный блеск
- растворимость в воде
- совершенная спайность по кубу (для хлоридов Na и K)
- большая часть их белая или бесцветна
- часто окраска связана с механическими примесями оксидов Fe, битумов или с дефектами кристаллической решетки

ГАЛИТ NaCl

СИЛЬВИН KCl

Свойства

- цвет белый, сероватый, желтоватый, красноватый, синий, голубой, черный, часто бесцветный прозрачный
- черта белая или бесцветная
- тв. **2–2,5**, сп. совершенная по кубу
- бл. стеклянный, реже тусклый из-за механических примесей
- изл. ступенчатый до ровного
- пл. у **галита 2,2**, у **сильвина – 2,0**
- растворяется в воде
- **солёный вкус у галита и горько-солёный у сильвина**

Форма выделения

- кубические кристаллы (часто воронкообразные) у галита
- кубы, усложненные октаэдрическими гранями – у сильвина
- зернистые плотные массы
- сталактиты
- налеты, выцветы

Изменения

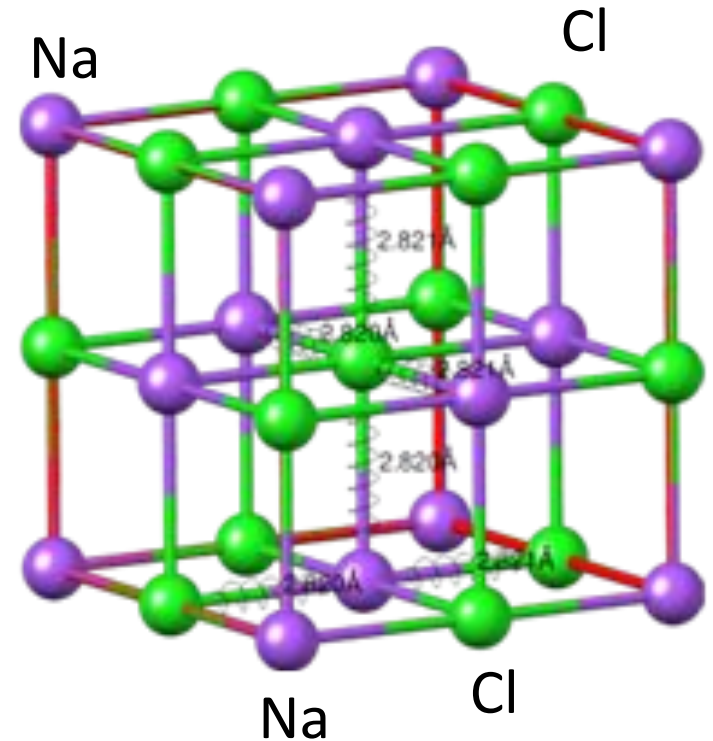
- растворяются в воде

Диагностические признаки

- у галита – соленый вкус
- у сильвина – горько-соленый

Образование

- хемогенное (крупные залежи сильвина редки)
- в областях современного вулканизма (отложения фумарол, налеты на поверхности лав)

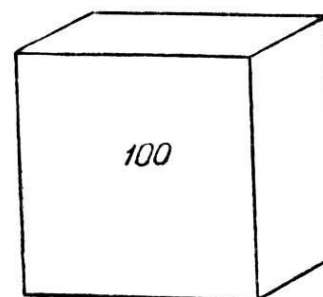
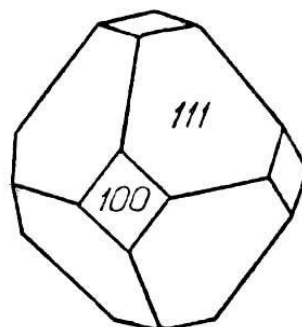
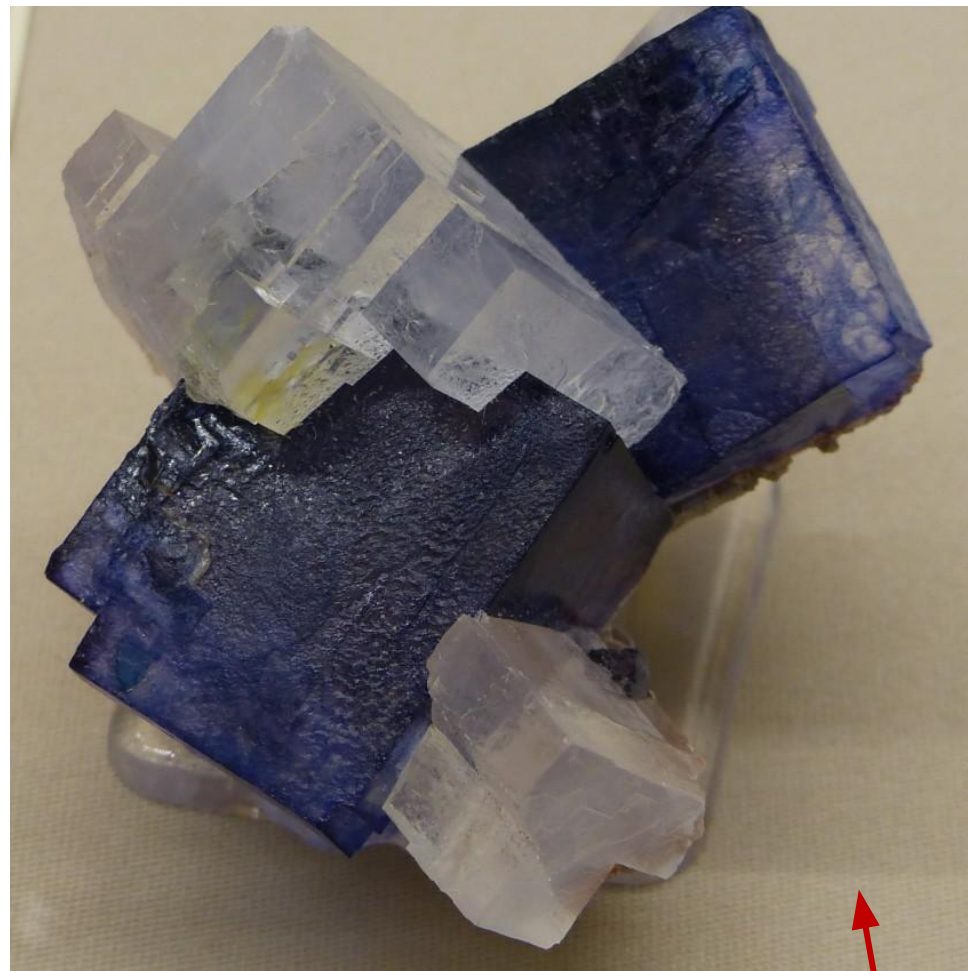


Скелетные кристаллы галита





Кубооктаэдры сильвина



Кубически
е
кристаллы
галита



Зернистый агрегат
галита и сильвина



Кислородные соединения

Класс 4. Оксиды и гидроксиды O^{2-} и $[OH]^{1-}$

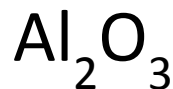
Распространенность:

- выделено почти **200** минеральных видов
- они составляют около **17%** от массы литосферы
- из них почти **13%** приходится на семейство кремнезема и **4%** – на долю оксидов и гидроксидов железа

Образование:

- в зонах окисления
- в корах выветривания
- при коагуляции растворов под действием морской воды (гидроксиды Fe, Al, Mn)
- биогенно-осадочное (озерно-болотные железные руды)
- в скарнах
- метаморфическое
- магматическое и в пегматитах (кварц, корунд)

КОРУНД



Свойства

- цвет обычно серый
- черта белая
- незначительная примесь Cr дает красный цвет (рубин);
 Fe^{2+} – Fe^{3+} – желтый; соотношение Fe^{2+} и Ti^{4+} – синий (сапфир);
 Fe_2O_3 до 3 % – красно-коричневый
- тв. **9**, сп. нет
- отдельность по $\{0001\}$ и $\{1011\}$
- бл. стеклянный, на плоскости $\{0001\}$ перламутровый
- хрупкий, пл. 4,0

Форма выделения

- кристаллы бочонковидной формы, ограниченные ступенчатыми бипирамидами
- пластинчатые, столбчатые кристаллы
- плотные зернистые агрегаты – наждаки

Изменения

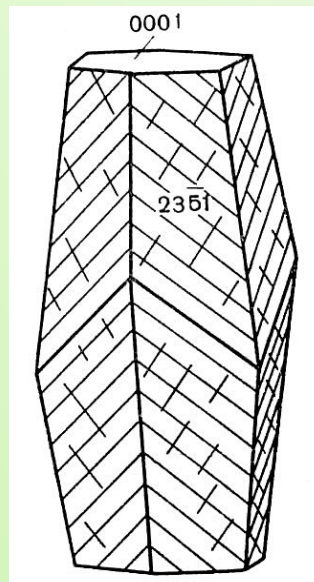
- в поверхностных условиях устойчив

Диагностические признаки

- тв., форма кристаллов
- штриховка на боковых гранях и пинакоиде

Образование

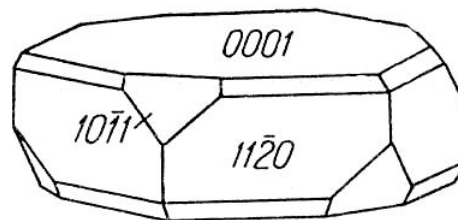
- магматическое в породах богатых глиноземом и бедных кремнеземом и щелочами
- контактово-метасоматическое (наждаки)
- регионально-метаморфическое



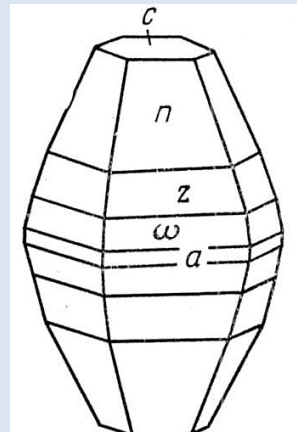
Столбчатый кристалл
корунда



Таблитчатый
кристалл
корунда



Бочёнок
видный
кристалл
л
корунда





Жёлтый
корунд



Сапфир



Рубин



Отдельность в корунде

МАГНЕТИТ



Свойства

- цвет железно-черный, иногда на гранях синеватая побежалость
- черта черная, хрупкий, пл. 5,2
- тв. 5,5–6, сп. нет, иногда отдельность по {111}
- бл. полуметаллический, металлический
- изл. раковистый, неровный, ступенчатый

Форма выделения

- кристаллы октаэдрического, ромбододекаэдрического облика
- мелкозернистые массы, мелкая вкрапленность
- **псевдоморфозы** по гематиту (мушкетовит)

Псевдоморфоза - минеральное образование (индивид или агрегат), внешняя форма которого не соответствует его химическому составу, будучи унаследованной от первоначального минерала

Изменения

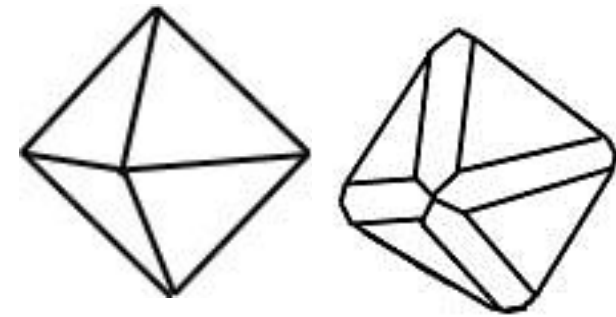
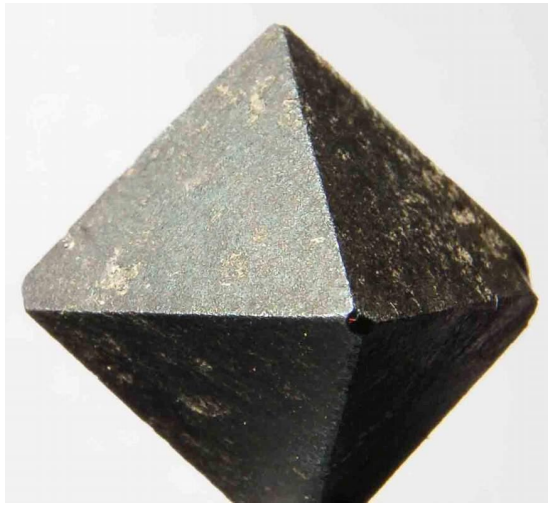
- в гипергенных условиях, как правило, устойчив
- в гипогенных замещается гематитом (высокий потенциал O_2)

Диагностические признаки

- магнитность
- черная черта
- форма кристаллов

Образование

- контактово-метасоматическое: $4CaCO_3 + 2FeCO_3 + 5SiO_2 + H_2O =$
 $= Ca_3Fe_2(SiO_4)_3 + CaFe(Si_2O_6) + Fe_3O_4 + 6CO_2 + H_2O$
гранат пироксен магнетит флюиды
- регионально-метаморфическое в хлоритовых сланцах и кварцитах

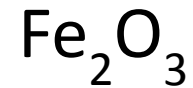


Кристаллы
магнетита
октаэдрического
габитуса



Друза
октаэдрических
кристаллов
магнетита с пиритом

ГЕМАТИТ



Свойства

- цвет черный, стально-серый, в землистых агрегатах ярко красный
- черта вишнево-красная, красно-коричневая
- тв. 5–6, сп. нет
- отдельность по ромбоэдру
- бл. от полуметаллического до тусклого, хрупкий
- изл. раковистый, пл. 5,26–4,9 (в волокнистых разностях)

Форма выделения

- кристаллы таблитчатые, пластинчатые (границы ромбоэдра и пинакоида часто исштрихованы)
- тонко- и крупнопластинчатые агрегаты
- натечные радиально-лучистые и зонально-концентрические агрегаты (красная стеклянная голова)
- землистые массы, пленки, дендриты, налеты
- псевдоморфозы по магнетиту (мартит)

Изменения

- в поверхностных условиях гидратируется (гидрогематит)

Диагностические признаки

- от гидроксидов отличается чертой, высокой твердостью
- от киновари – меньшей пл. и отсутствием спайности
- от магнетита – немагнитностью, чертой и формой кристаллов

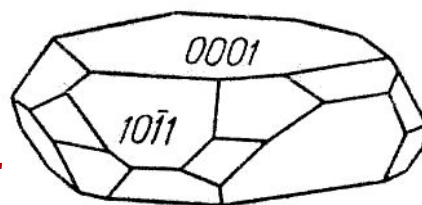
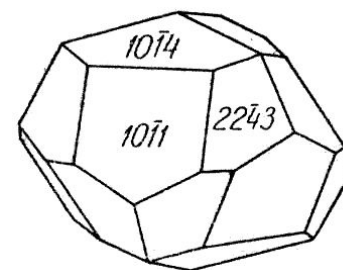
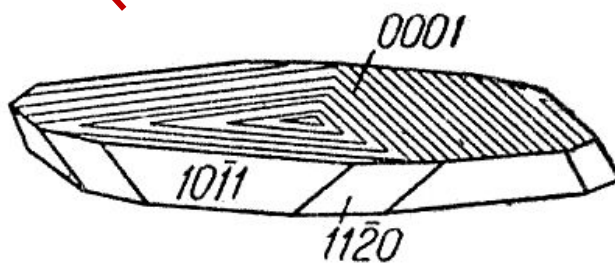
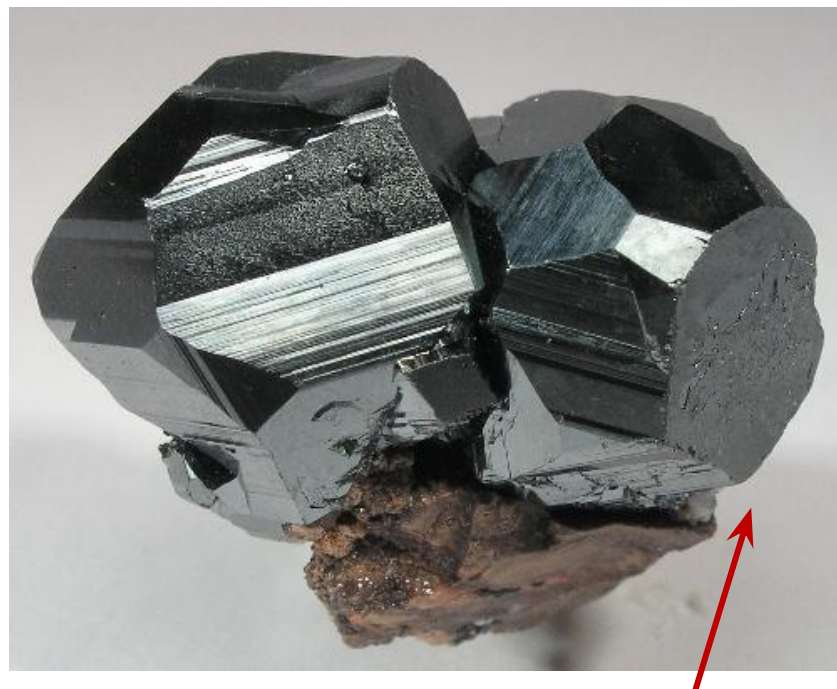
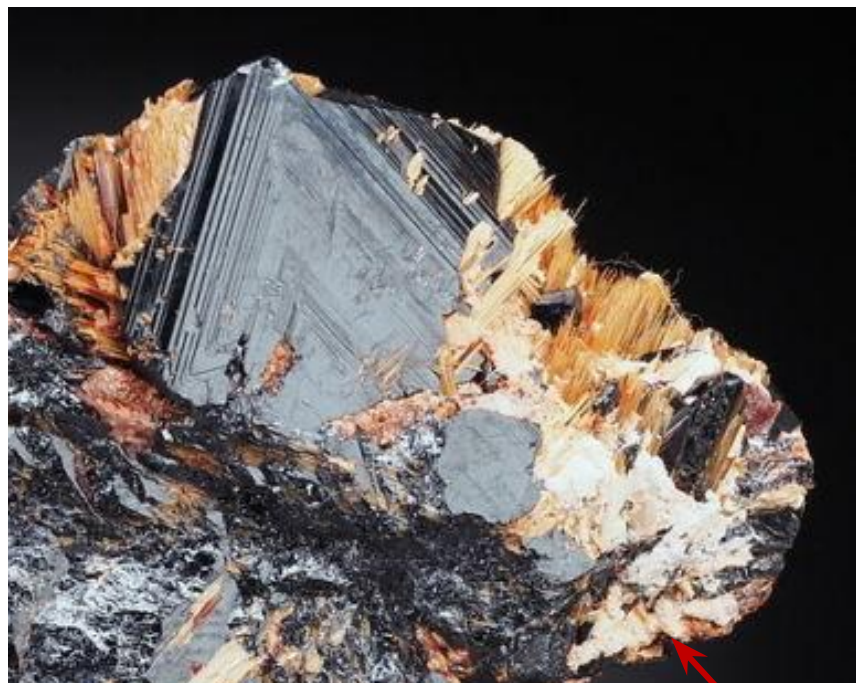
Образование

- в латеритных корах выветривания и зонах окисления
- регионально-метаморфическое (железистые кварциты)
- гидротермальное при отальковании ультраосновных пород
- скарны
- акцессорный в магматических породах

Друза пластинчатых
кристаллов гематита

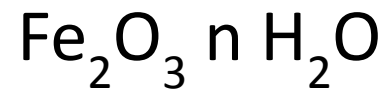


Почковидны
й агрегат



Габитус
кристаллов
гематита

ЛИМОНИТ



Обобщающее название для всех гидратированных форм оксида трехвалентного железа

(гётита, лепидокрокита, гидрогётита)

Главным компонентом **лимонита**

является **гётит** $\alpha\text{-FeOOH}$



Свойства

- цвет темно-бурый и желтый (охра)
- черта желто-бурая, хрупкий
- бл. тусклый
- пл. 3,3–4,28

Форма выделения

- массивные скопления радиально-волокнистой структуры
- гроздевидные, сталактитовые образования
- конкреции, оолиты
- землистые массы, налеты, корки

Изменения

- при нагревании переходит в оксид, теряя воду

Диагностические признаки

- цвет черты
- форма выделения

Образование

- верхняя часть зоны окисления и коры выветривания
- минеральные источники вулканических областей
- биогенно-осадочное (луговые, болотные, дерновые руды)



КВАРЦ



Свойства

- цвет обычно белый, серый
бесцветный прозрачный – горный хрусталь
дымчатый, розовый
черный – морион
желтый – цитрин
фиолетовый – аметист
зеленый – празем
- черта белая
- тв. 7, сп. несовершенная,
- изл. раковистый, пл. 2,65
- бл. стеклянный до жирного

Форма выделения

- кристаллы дипирамидального, призматического габитуса
- двойники
- зернистые и скрытокристаллические массы

Изменения

- яркий пример устойчивого минерала

Диагностические признаки

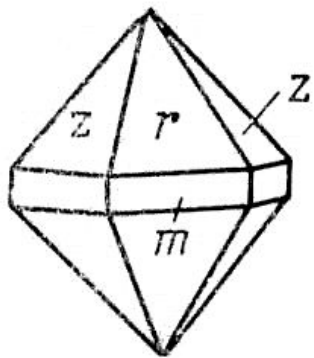
- твердость
- форма кристаллов
- отсутствие спайности
- поперечная штриховка на гранях призмы
- от нефелина – по твердости

Образование

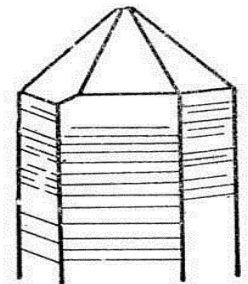
- гидротермальное
- магматическое
- в пегматитах и др.
- регионально-метаморфическое
- контактово-метаморфическое



кристаллы кварца
дипирамидального
габитуса



Поперечная
штриховка на гранях
призмы





Цитрин



Празем



Дымчатый кварц



Аметист



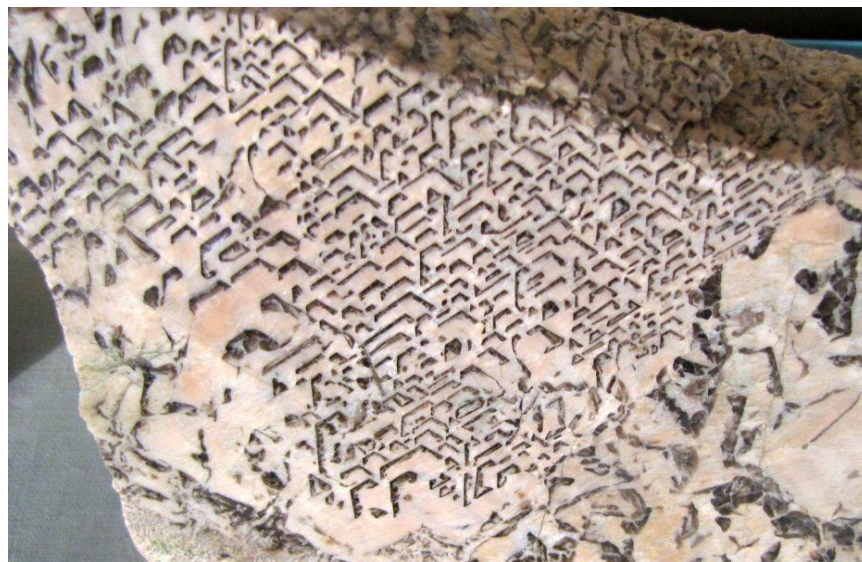
Розовый
кварц



Морион



Горный хрусталь



Эпитаксические врослки кварца в
кальците

ХАЛЦЕДОН



Формально – скрыто-волокнистая разновидность кварца;
удлинение волокон параллельно L_2

Свойства

- цвет обычно серый
- черта белая
- оксиды и гидроксиды **Fe** окрашивают в красно-коричневые цвета (карнеол, сердолик, сардер); **Ni** – в яблочно-зеленый (хризопраз)
- концентрически-зональный халцедон называется агатом, прямолинейно-полосчатый – ониксом
- тв. **6,5–7**, сп. нет
- бл. тусклый до воскового, пл. 2,6

Форма выделения

- натечные агрегаты
- формы выполнения газовых полостей в эффузивах
- плотные прожилки в породах

Изменения

- в поверхностных условиях устойчив

Диагностические признаки

- от кварца отличается блеском, твердостью
- от опала – тв. и более высокой плотностью

Образование

Гидротермальное:

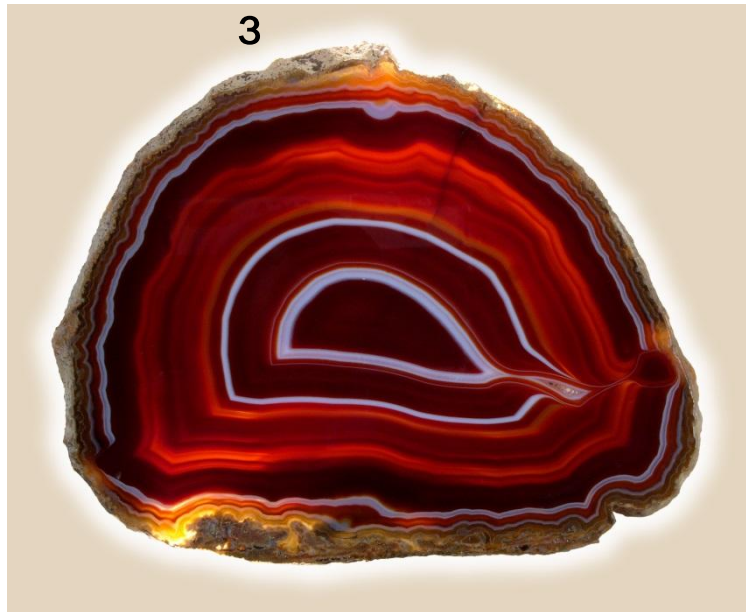
- осаждение из истинных растворов
- кремниевые прослои в осадочных породах при диагенезе осадков, богатых вулканическим материалом (псевдоморфозы по дереву, органическим остаткам)
- в порах эффузивов



Хризопра



Голубой
халцедон



Карнео



Сердолик



Оникс



Секреция

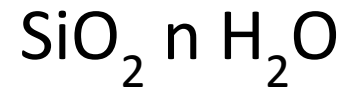


Сталактиты
халцедона



Микрозернистый
агрегат

ОПАЛ



- Коллоидальная кремнекислота глобулярного строения
- Глобули имеют равный диаметр (1–10 000 ангстрем) и укладываются в ПКУ (**благородный опал**)
- Каждая из этих глобулей состоит из скоплений (менее 800 ангстрем в диаметре) шариков кремнезема
- Глобули могут быть расположены хаотично – **обычный опал, полуопал**

Свойства

- цвет белый, черный, бывает окрашен в светлые оттенки желтого, красного, бурого и др., **опалесценция**
- черта белая, бл. восковый, тусклый
- тв. 5–6,5, пл. 1,8–2,3 (зависит от количества воды)

Форма выделения

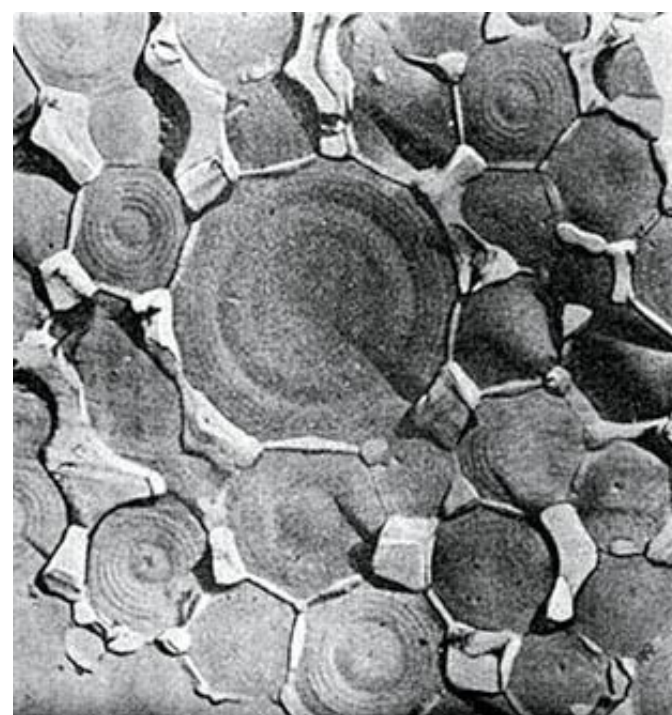
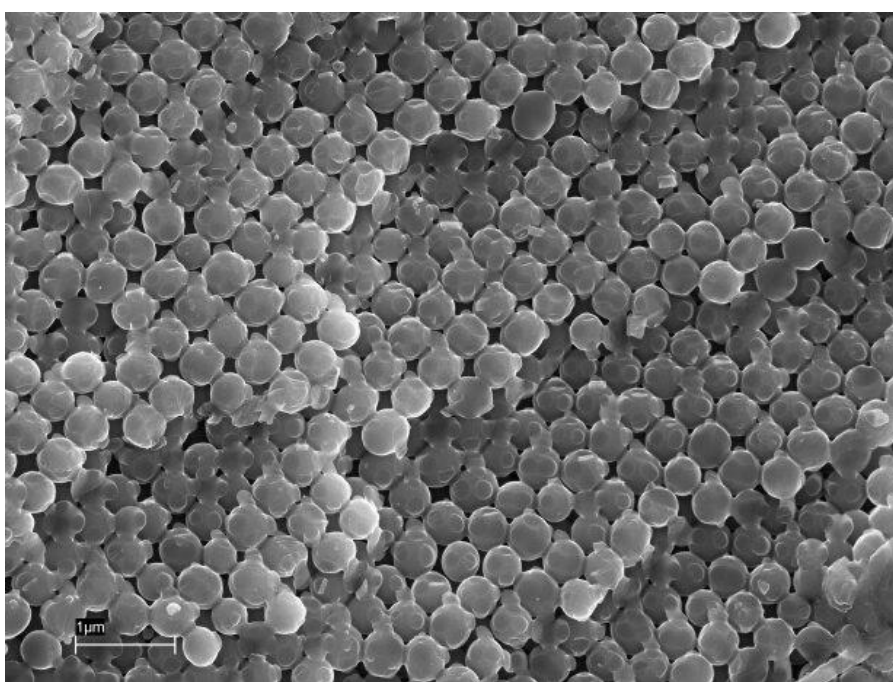
- натечные агрегаты разной формы
- землистые агрегаты, оолиты, корки
- псевдоморфозы по органическим остаткам
- скелеты губок, радиолярий
- прожилки в осадочных породах

Диагностические признаки

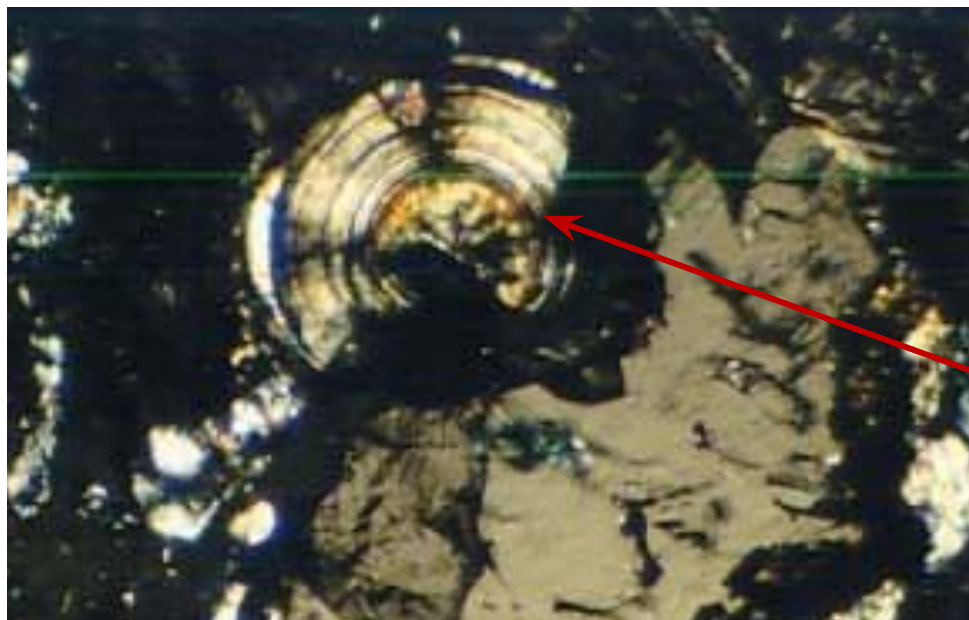
- от халцедона отличается меньшей твердостью, плотностью, восковым блеском

Образование

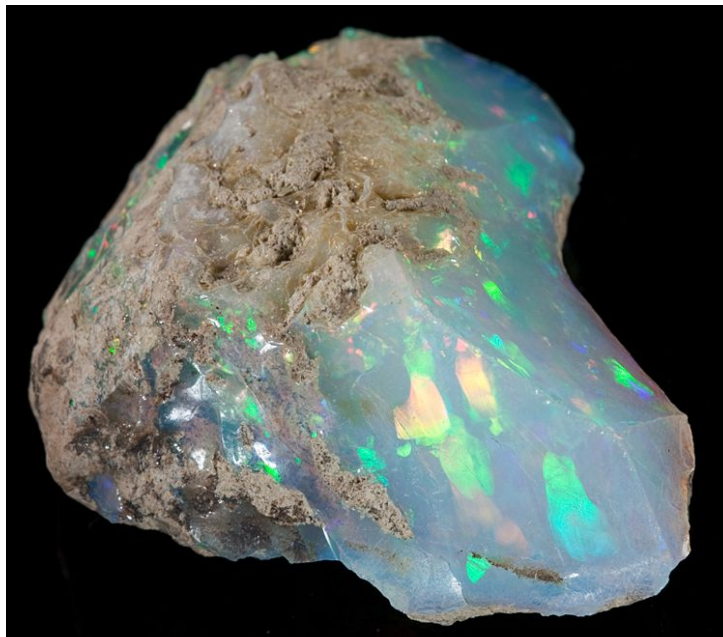
- низкотемпературное гидротермальное (менее 100–155 °С) в вулканических областях
- заполняет поры в эффузивах вместе с халцедоном
- отлагается в виде натеков вокруг гейзеров (гейзерит)
- в результате выветривания кремнистых пород
- осадочный



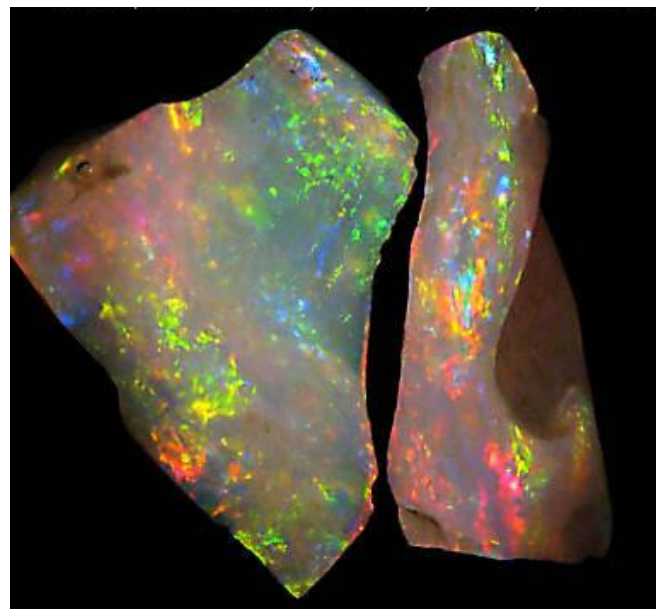
Глобулярное строение опала
под электронным микроскопом



Сферолит опала в срастании с
кальцитом.
Проходящий поляризованный
свет



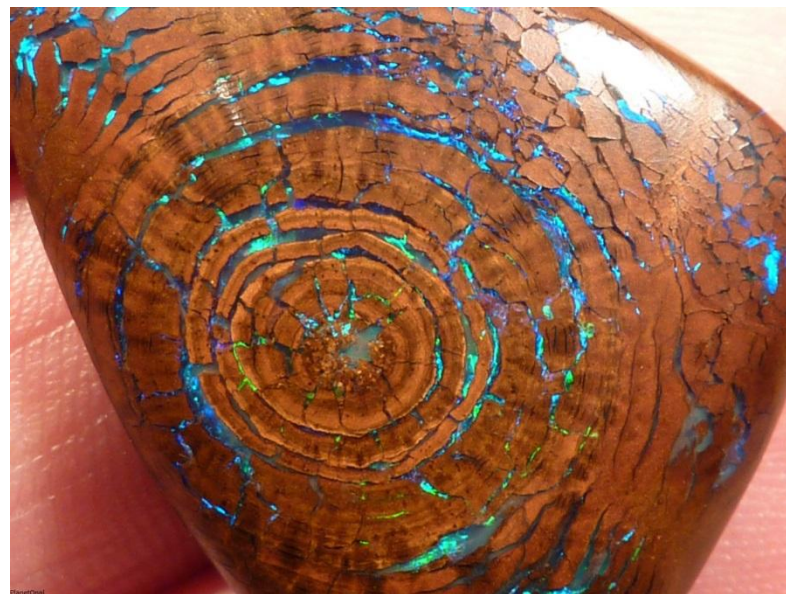
Опалесценция
в благородном
опале



Кахолонг



Псевдоморфоза опала по
белемнитам



Псевдоморфоза опала по
дереву



Огненный
опал



Празеоопа
Д

Класс 6. Фосфаты $[\text{PO}_4]^{3-}$

Распространенность

- Вместе с аналогами составляют **0,7%** от массы литосферы
- В природе известно около **185** минеральных видов фосфатов, но широко распространены не более нескольких десятков
- Часто встречаются фосфаты Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , UO_2^{2+}

Образование

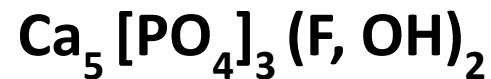
- зоны окисления
- магматическое в щелочных породах и карбонатах (апатит)
- контактово-метасоматическое
- осадочное (фосфориты)
- реже гидротермальное

Физические свойства

Сильно различаются в зависимости от типа катиона и структуры минерала:

- многие из них имеют низкую и среднюю твердость (редко 6-6,5)
- часто отличаются яркой окраской
- плотность в зависимости от состава колеблется от низкой до высокой

АПАТИТ



Свойства

- цвет желто-зеленый, синий, голубой, сине-зеленый, розовый, фиолетовый, дымчатый, белый
- черта белая
- изл. неровный до раковистого
- тв. 5, сп. несовершенная в одном направлении
- бл. стеклянный до жирного, пл. 3,2–3,4

Форма выделения

- дипирамидально-призматические кристаллы
- зернистые, сахаровидные агрегаты
- радиально-лучистые и шестоватые агрегаты

Изменения

- в поверхностных условиях устойчив

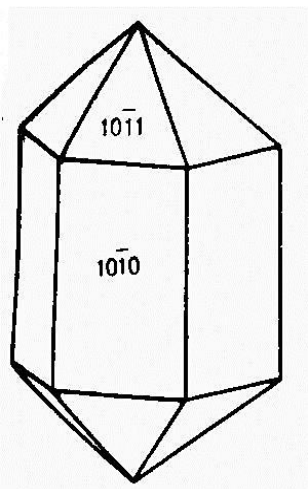
Диагностические признаки

- от корунда, берилла – по низкой твердости
- сглаженные растворенные ребра кристаллов

Образование

- магматическое в кислых и щелочных породах
- щелочные пегматиты
- карбонатиты
- контактово-метасоматическое
- осадочное





Несовершенная
ясность в
апатите



Гексагонально-
призматический
кристалл
апатита в
кальците



Сахаровидный
апатит



Класс 7. Сульфаты $[\text{SO}_4]^{2-}$

Распространенность

- Составляют **0,1%** от массы земной коры
- Известно около **120** минералов
- Наиболее часто встречаются сульфаты Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} (гипс и ангидрит, барит, целестин)

Различают сульфаты безводные и водные, содержащие кроме анионного комплекса $[\text{SO}_4]^{2-}$ добавочные анионы $(\text{OH})^-$

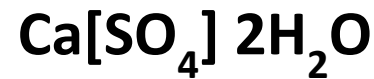
Образование:

- хемогенно-осадочное, в лагунах и озерах (гипс, ангидрит)
- гидротермальное (барит)
- в зонах окисления (сульфаты Pb, Cu, U)
- как продукты вулканической деятельности

Общие свойства:

- низкая твердость (до 3,5), для водных сульфатов – не более 2
- низкая плотность (кроме сульфатов Ba, Sr, Pb)
- совершенная спайность
- большая часть сульфатов прозрачные, белые, окрашены в светлые тона механическими примесями или из-за дефектов кристаллической решетки

ГИПС



Свойства

- цвет снежно-белый, серый, бесцветный
- из-за примесей может быть желтоватый, голубоватый, розоватый, бурый, черный
- черта белая
- тв. 2, сп. весьма совершенная по {010} и несовершенная по {100} и {011} с углами 66 и 114°
- бл. на {010} перламутровый, на других плоскостях стеклянный, у волокнистых агрегатов шелковистый
- спайные чешуйки гибкие, но не упругие; пл. 2,32

Форма выделения

- таблитчатые, уплощенные кристаллы, реже столбчатые
- двойники в виде ласточкиных хвостов
- друзы пластинчатых кристаллов (гипсовые розы)
- параллельно-шестоватые агрегаты (селенит)
- зернистые сплошные массы

Изменения

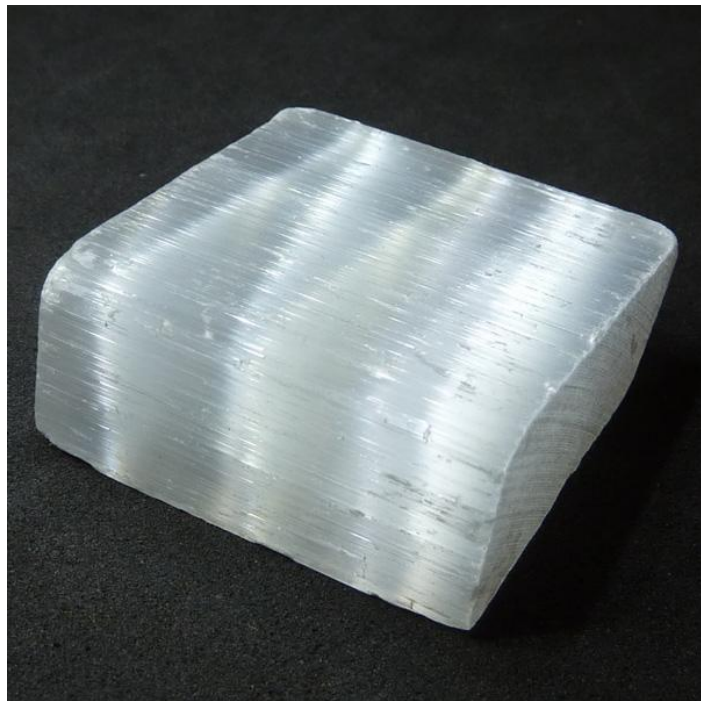
- при метаморфизме переходит в ангидрит $\text{Ca}[\text{SO}_4]$
- перерабатывается микроорганизмами с образованием S

Диагностические признаки

- низкая твердость, спайность
- отсутствие реакции с HCl

Образование

- при выпаривании морской воды
- в осадочных породах при окислении сульфидов
- в зоне окисления сульфидных месторождений
- отложения горячих источников и фумарол
- редко гидротермальное в пустотах жил
- при гидратации ангидрита $\text{Ca}[\text{SO}_4]$ и др.



Гипс
селенит



Двойник «ласточкин хвост»





Гипсовые «розы» в пустыне
Сахара



Пещера в шахте Naica на юге мексиканского штата Чихуахуа.
Кристаллы гипса до 15 м в длину и 1,5 м в диаметре.
Глубина 300 м

Класс 8. Карбонаты $[\text{CO}_3]^{2-}$

Распространенность

- Составляют 1,5% от массы земной коры
- Известно около 95 минералов
- Наиболее распространены карбонаты Ca, Mg, Fe
- Реже встречаются карбонаты Zn, Pb, Mn и др.

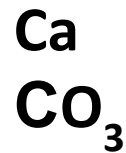
Образование:

- осадочное биогенное и хемогенное (известняки и доломиты)
- гидротермальное
- в корях выветривания и зонах окисления (карбонаты Cu, Zn, Pb)
- метасоматическое
- реже магматогенное (карбонатиты)

Общие свойства:

- низкая твёрдость (3-5)
- реакция с разбавленной соляной кислотой
- совершенная спайность
- средняя плотность
- большая часть карбонатов белые бесцветные или слабо окрашены механическими примесями
- карбонаты Cu – зеленые и синие, Fe – желтовато-бурые, Mn – розовые

КАЛЬЦИТ



Свойства

- цвет обычно белый, серый
бесцветный прозрачный – исландский шпат
Ni окрашивает в зеленый; Co, Mn – в розовый, углистое
вещество – черный, тонкодисперсный пирит – синеватый и
зеленоватый
Fe – желтоватый, буроватый; хлорит, малахит – зеленый
- черта белая, пл. 3
- изл. ступенчатый
- тв. 3, сп. совершенная по ромбоэдру
- бл. стеклянный до перламутрового
- вскипает при взаимодействии с разбавленной HCl
- характерны деформационные двойники

Форма выделения

- кристаллы скаленоэдрического, ромбоэдрического габитуса, плоские ромбоэдры
- друзы, щетки, сталактиты, сплошные массы, зернистые агрегаты
- корки, налеты, натеки

Изменения

- легко выщелачивается водами, богатыми углекислотой

Диагностические признаки

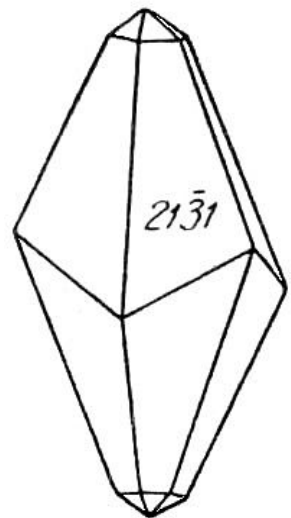
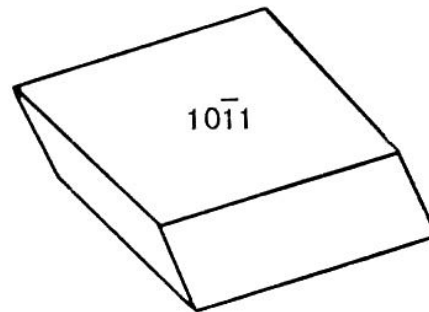
- спайность, низкая твердость, реакция с HCl

Образование

- биогенно- и хемогенно-осадочное
- гидротермальное
- магматическое (карбонатиты)



Ромбоэдрический
габитус



Скаленоэдрический
габитус



Натечна
я форма
кальцита

Друза
скаленоэдрически
хкристаллов



Друза
уплощенных по
ромбоэдру
кристаллов

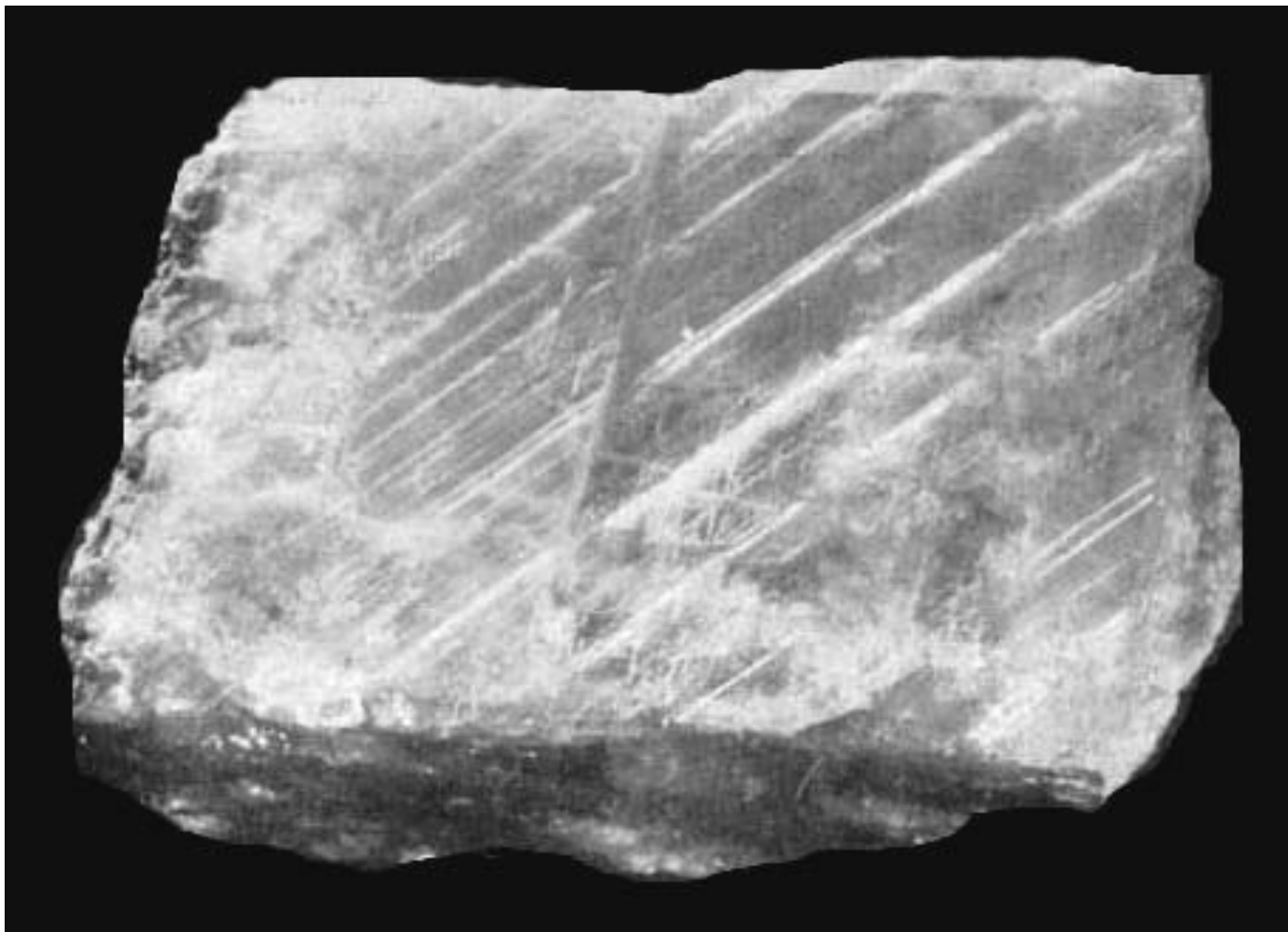
ТУРА: 01.06.00

ЛЖ

ОС

СИ





Штриховка на ромбоэдрических спайных
плоскостях кальцита – швы деформационных
двойников

ДОЛОМИТ



Свойства

- бесцветный, белый, желтоватый, розово-бурый (примесь гидроксидов Fe), розовый (Mn), зеленый (Cr)
- бл. стеклянный, на спайных поверхностях перламутровый
- тв. **3,5–4**, сп. совершенная по ромбоэдру
- черта белая, пл. 2,85
- изл. ступенчатый, раковистый
- **с холодной HCl взаимодействует только в порошке**

Форма выделения

- ромбоэдры, имеющие несколько округленные грани, часто образованные взаимоперекрывающимися чешуйками
- седловидные расщепленные кристаллы
- сферолиты

Изменения

- если содержит Fe, то легко разлагается с образованием гидроксидов

Диагностические признаки

- реагирует с холодной разбавленной HCl только в порошке

Образование

- хемогенно-осадочное: в отшнурованных от моря бассейнах, сухом и жарком климате при повышенном содержании $MgCl_2$
- доломитизация кальцита в бассейнах лагунного типа
- гидротермальное



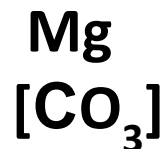
Друзы

уплощенных,
ромбоэдрических,
искривленных
кристаллов доломита



Седловидные кристаллы
доломита

МАГНЕЗИТ



Свойства

- цвет белый, бурый, серый, желтый
- бл. стеклянный или тусклый
- тв. 3,5–4,5 сп. совершенная по ромбоэдру
- черта белая, пл. 3
- изл. ступенчатый до раковистого, хрупкий
- реагирует с HCl при нагревании

Форма выделения

- кристаллы редки
- зернистые агрегаты
- фарфоровидные, мелоподобные агрегаты

Диагностические признаки

- реакция с HCl только при нагревании
- фарфоровидная форма выделения

Образование

- гидротермальное изменение ультраосновных пород
- гидротермально-метасоматическое (с кальцитом, тальком, баритом, кварцем, хлоритом, пиритом...)
- в небольших количествах хемогенно-осадочное: в отшнурованных от моря бассейнах, сухом и жарком климате при повышенном содержании MgCl_2

Фарфоровидный магнезит



СИДЕРИТ



Свойства

- цвет желтовато-серый, желто-бурый, коричневый
- черта белая
- изл. ступенчатый
- тв. 4, сп. совершенная по ромбоэдру
- бл. стеклянный до перламутрового, у мелкозернистых агрегатов тусклый
- плотность 4
- **реагирует с горячей HCl** – после взаимодействия на поверхности остается желто-зеленое пятно солей железа

Форма выделения

- кристаллы ромбоэдрического габитуса редки, часто искривлены
- сплошные зернистые массы
- конкреции, оолиты

Изменения

- легко разлагается с образованием гидроксидов Fe

Диагностические признаки

- от кальцита и доломита по реакции с HCl

Образование

- гидротермальное
- хемогенно-осадочное

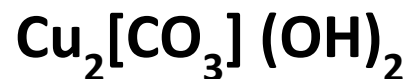




Друза уплощенных по
ромбоэдру кристаллов
сидерита



МАЛАХИТ



Свойства

- цвет ярко-зеленый, темно-зеленый, травяно-зеленый
- черта бледно-зеленая
- тв. 3,5–4, сп. совершенная по {201}
- бл. кристаллов алмазный, стеклянный, волокнистых агрегатов – шелковистый, бархатный
- изл. у плотных агрегатов полураковистый до неровного
- пл. 3,6–4,0
- реагирует с холодной HCl

Форма выделения

- очень редко встречаются пористые кристаллы розетковидного сложения, которое обусловлено двойникованием игольчатых или призматических индивидов
- гроздевидные, округлые выделения с концентрической полосчатостью и радиально-лучистой структурой
- землистые массы, налеты

Диагностические признаки

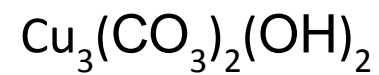
- реагирует с холодной HCl
- зеленый цвет
- гроздевидные, округлые выделения

Образование

- характерный минерал зоны окисления медьсодержащих руд
- из зоны окисления может выноситься и отлагаться в цементе других пород (медистые песчаники)
- из горячих источников (в виде цемента в конгломератах)



Малахит с
азуритом



Почковидный
агрегат малахита



Минералы с металлическим и алмазным блеском

твердость **меньше 5**

мед



графи



киновар



халькопири



Т

галени



Т

сфалер



ИТ
пирротит



Н

твердость **больше 5**



магнети



гемати



пири



Т

арсенопири



Т

лимонит



Т

Минералы со стекляннным блеском

твердость меньше 5

	сера	цв. жёлтый	
	флюорит	ТВ. 4	
	гипс	ТВ. 2	< p

вкус

галит	солёный	< p
сильвин	горько-солёный	

реакция с HCl

карбонаты:

Кальцит	с холодной HCl	спайность по ромбоэдру
магнезит	с нагретой HCl	
доломит	в порошке	
сидерит	с нагретой HCl	
малахит	цв. зеленый	

твердость больше 5

корунд ТВ. 9

кварц ТВ. 7

халцедон ТВ. 6,5-7
тусклый блеск

опал ТВ. 5-6,5
низкая плотность

апатит – ТВ. 5