

ЛЕКЦИЯ 2 КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

- ◆ Все известные минералы сгруппированы в определенные классы. В основу современной классификации минералов кладут два основных признака: химический состав и структуру минералов. С изменением состава и структуры минерала меняются его свойства.
- ◆ Минералы, известные в природе и искусственно получаемые, можно подразделить на природные и искусственные соединения. Все природные образования, составляющие предмет минералогии, необходимо делить, прежде всего, на две большие самостоятельные группы:
- ◆ **1) неорганические минералы** (все природные соединения, за исключением органических) и
- ◆ **2) органические минералы**, представленные различными соединениями углерода.

- ◆ **Неорганические минералы** подразделяются по химическому составу на следующие основные группы и классы, в пределах которых выделяются подклассы по характеру химической связи, составу и структурным особенностям минералов. Приводимая ниже классификация минералов является упрощенной схемой.

◆ **Классификация неорганических минералов**

- ◆ I Самородные элементы
- ◆ II Сернистые и близкие к ним соединения (сульфиды, селениды, арсениды, антимониды и др.).
- ◆ III Галогениды
- ◆ IV Окислы и гидроокислы
- ◆ V Соли кислородных кислот: 1) нитраты; 2) карбонаты; 3) сульфаты; 4) хроматы; 5) молибдаты и вольфраматы; 6) фосфаты, арсенаты, ванадаты; 7) бораты; 8) силикаты.

КЛАСС СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СУЛЬФИДЫ)

- ◆ Общие сведения о сернистых минералах

- ◆ Минералы этой группы являются производными главным образом сероводорода. К этому типу относится около 500 минеральных видов сернистых соединений металлов и полуметаллов как, например: пирит – FeS_2 халькопирит – CuFeS_2 , сфалерит – ZnS . По количеству минералов (после силикатов), сернистые соединения занимают второе место. По подсчетам В.И. Вернадского, они составляют 0,15% по весу от земной коры. Для минералов, относящихся к сульфидам, характерно изоморфное замещение одних элементов другими. В сульфидах часто наблюдаются примеси ряда редких элементов: кадмия, галлия, таллия, рения и др.

- ◆ Главные кристаллические особенности сульфидов, а отчасти их аналоги, определяются сочетанием в кристаллических постройках этих минералов типичного **ионообразователя** – серы и типичных металлов: железа, меди, свинца, цинка и др. Однако, в связи с большими радиусами ионов серы, теллура, селена, мышьяка, сурьмы при взаимодействии их с крупными катионами металлов наблюдается явление поляризации. Вследствие поляризации появляются общие электронные оболочки и возникают ионно-ковалентные, а иногда и гистоковалентные связи. Все это определяет и характерные физические свойства минералов данной группы – большинство сульфидов характеризуются металлическим блеском, отличаются электро – и теплопроводностью, большим удельным весом и невысокой твердостью.

- ◆ В природе сульфиды кристаллизуются чаще всего из водных растворов при температуре от 600° и ниже. В основном это разные по металлоносности гидротермальные месторождения. Так же из гидротермальных растворов кристаллизуются сульфиды в скарнах, грейзенах и метаморфических горных породах, а из водных растворов образуются сульфиды в осадочных горных породах.
- ◆ Выделяются три своеобразных типа сульфидных месторождений.
- ◆ **1. Стратиформные (или пластовые) месторождения.** Представляют собой источники для добычи **меди, свинца, цинка**. Они связаны с различным комплексом осадочных пород: сланцами, песчаниками и карбонатными отложениями. Основные минералы: **пирит, халькопирит, борнит, халькозин, галенит, сфалерит**.

- ◆ **2. Ликвационные месторождения.** Это медно – никелевые месторождения сульфидных руд в ультраосновных и основных интрузивных массивах. Сульфиды представлены здесь **халькопиритом, пирротинном, пентландитом** и др. минералами.
- ◆ **3. В природных осадках в водных бассейнах** в ходе диагенеза образуется пирит, марказит, мельниковит, галенит, сфалерит. Они формируют рассеянную вкрапленность и колломорфные выделения за счет коагуляции и раскристаллизации коллоидов. На поздних стадиях диагенеза происходит уплотнение осадков и отжим поровых вод – образуются **конкреции пиритового, марказитового или смешанного пирит-марказитового состава.** Большинство сульфидов в приповерхностной зоне земной коры неустойчивы, разлагаются с образованием вторичных минералов: **карбонатов, сульфатов, окислов, силикатов.**

- ◆ Нередко в зоне окисления сульфидных месторождений вторичные минералы, в частности гетит и гидрогетит, создают своеобразные «железные шляпы» охряно-желтого цвета. Сульфиды имеют большое промышленное значение. Они являются источником свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, молибдена и других элементов. Сернистые соединения, или сульфиды, подразделяются на две большие группы:
 - ◆ *простые сульфиды*
 - ◆ *и сложные сульфиды, называемые также сульфосолями.*

- ◆ Минералы этого класса отличаются металлическим блеском, большим удельным весом, твёрдость чаще всего не превышает 5. За счёт интенсивной окраски минералов и малой или относительно невысокой твёрдости сульфиды дают на бисквите хорошую черту. Цвет черты является одним из диагностических признаков.
- ◆ Основная масса сульфидов образуется гидротермальным путём. В условиях восстановительной среды они могут возникать и в осадочных породах.
- ◆ Ниже уровня грунтовых вод сульфиды легко разлагаются и переходят в сульфаты, карбонаты, окислы и силикаты.

- ◆ Сульфиды являются главной рудой на медь, цинк, свинец, ртуть, висмут, кобальт, никель и другие цветные металлы. Из них извлекают мышьяк, сурьму, а пирит Fe S_2 служит сырьём для получения серного ангидрида и производства серной кислоты. Следует обратить внимание на то, что чёрные металлы (железо, хром, марганец) из руд, где они представлены сульфидами, не извлекаются, (избыток серы мешает этому).

Простые сульфиды

- ◆ **Галенит (свинцовый блеск) – PbS.** Название происходит от латинского слова «гелена» - свинцовая руда. **Химический состав:** Pb-86,6%, S-13,4%. Сера может изоморфно замещаться селеном. Часто содержит примеси Ag (от 0,1 до 1%) Си, Zn, Se, Bi, Sb, Co, Mo.
- ◆ **Сингония кубическая** ($3L^4 4L^3 6L^2 9PC$).
Морфология и облик кристаллов. Зернистые агрегаты, плотные массы, кристаллы, друзы. Нередко наблюдаются крупные кристаллы (до несколько см.). **Облик кристаллов** кубический, комбинации куба и октаэдра и октаэдрический (рисунок). **Твёрдость** 2,5 (мягче кальцита). **Плотность** 7,6 (очень тяжёлый). **Цвет** свинцово-серый. **Черта** серовато-чёрная. **Блеск** металлический (от сильного до слабого). **Спайность** весьма совершенная по кубу, легко колется ступеньками по трём взаимно перпендикулярным плоскостям. **Излом** ступенчатый.

- ◆ **Разновидности.** Свинчак (тонкозернистые плотные разновидности), селенистый галенит (содержание селена от 0,5 до 1,2%).
- ◆ **Диагностические признаки.** Легко узнаётся по цвету, спайности, тяжести, низкой твёрдости, легкоплавкости, а при добавлении соды даёт королёк свинца, реагирует с $PbSO_4$, растворяется в HNO_3

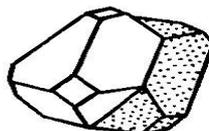
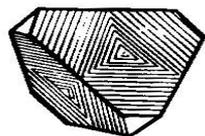
- ◆ **Парагенезис:** сфалерит, пирит, халькопирит, блеклые руды, арсенопирит, сульфасоли серебра, свинца, меди и другие сульфиды. Из нерудных кварц, кальцит, барит, флюорит и др. **Месторождения.** В Приморском крае (Тетюхе), в Средней Азии, на Алтае (месторождения Восточного Казахстана), в Забайкалье. За рубежом в Канаде, США (Миссури, Ледвия, в Колорадо), Германии.
- ◆ **Практическое значение:** является главной рудой на свинец, попутно извлекается серебро, висмут, таллий.

- ◆ **Сфалерит (цинковая обманка) – ZnS**. Название происходит от греческого слова «сфалерос» - обманчивый.
- ◆ **Химический состав**. Zn-67,06, S-32,94%. Содержит изоморфную примесь железа (до 26%), кадмия (до 0,8%), иногда марганца (до 5,8%) и других элементов. Известно несколько полиморфных модификаций: клейофан, светлоокрашенная бесцветная разновидность, марматит, черная, железистая разновидность, пршибрамит, богатая кадмием (Cd до 5%) разновидность.

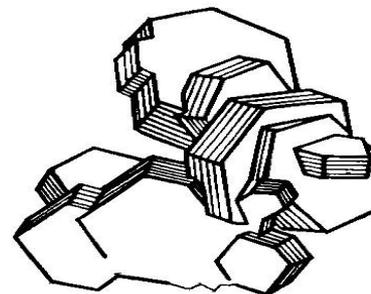
Кристаллы некоторых сульфидов



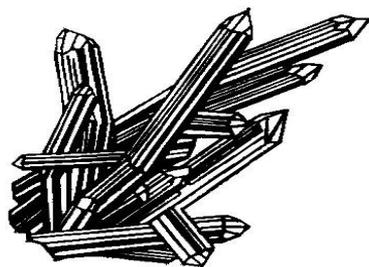
Сфалерит



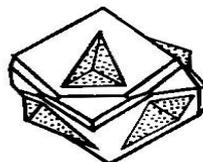
Галенит



Пирротин



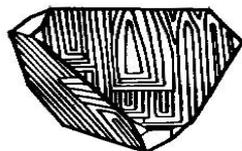
Антимонит



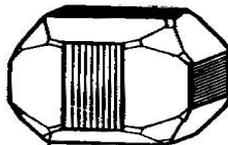
Жидоварь



Молибденит



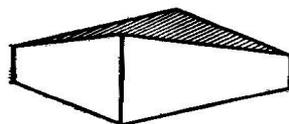
Халькопирит



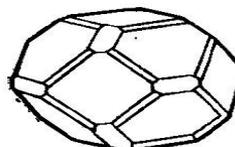
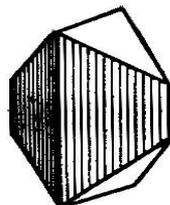
Пирит



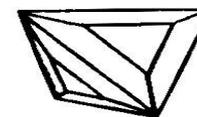
Марказит



Арсенопирит



Шмальтин



Блѣклая руда

- ◆ **Сингония кубическая** ($3L^4 4L^3 6L^2 9PC$). **Кристаллическая структура** характеризуется трехслойной (кубической) плотнейшей упаковкой анионов серы. Катионы цинка занимают половину тетраэдрических пустот между анионами. **Морфология и облик кристаллов**: часто образует правильные кристаллы в друзовых пустотах в виде тетраэдров и додекаэдров. **Агрегаты**. Сплошные массы, характеризуются явнозернистой структурой, легко распознается благодаря резко проявленной спайности в отдельных зернах. Иногда почковидные образования.

- ◆ **Твёрдость:** 3-4. **Плотность** 4. **Цвет:** - безжелезистые разновидности: бесцветные, зеленоватые или медово-жёлтые; маложелезистые красновато-коричневые;
- ◆ -сильно железистые коричнево-чёрные и чёрные.
- ◆ **Черта:** коричневая. **Блеск:** алмазный. **Спайность:** весьма совершенная. **Излом** неровный, ступенчатый. **Особые свойства.** Электричества не проводит, обладает полярным термоэлектричеством.

- ◆ **Диагностические признаки:** легко узнаётся по цвету черты, блеску, спайности, а при температуре плавления растрескивается, но не плавится, растворяется в HNO_3 с выделением серы. В окисленном пламене на угле дает белый налет окиси цинка.

Происхождение: образуется обычно вместе с галенитом, пиритом и халькопиритом в гидротермальных месторождениях, скарнах и стратиформных рудах, встречается в месторождениях угля. При процессах окисления сфалерит быстро разлагается с образованием сульфата цинка.

- ◆ **Парагенезис.** Встречается в ассоциации с галенитом, пиритом, халькопиритом в полиметаллических месторождениях. Характерны ассоциации с арсенопиритом, кубанитом, магнетитом, касситеритом. Из жильных минералдов с ним выделяются кварц, кальцит, барит.
- ◆ **Месторождения:** Казахстан (ВКО), Украина (Нагольный Кряж).
- ◆ **Практическое значение:** является главной рудой на цинк, попутно извлекают кадмий, индий, галлий. Применяется при оцинковке металла.

- ◆ **Киноварь (циннабарит, ртутная обманка) – HgS**. Название произошло от индийского слова, обозначающего красную смолу, «кровь дракона».
- ◆ **Химический состав**: Hg-86,2%, S-13,8%. Иногда отмечаются примеси селена и теллура. Сингония тригональная ($L^3ZL^4^3PC$). **Морфология и облик кристаллов**: ромбоэдры и их двойники прорастания. **Твёрдость**: 2-2,5. **Плотность**: 8-8,2. **Цвет**: тёмно-красный, ало-красный и карминово-красный. **Черта**: красная. **Блеск**: алмазный. **Спайность**: совершенная. **Излом** неровный. **Диагностические признаки**: узнаётся по цвету минерала и черты.

Фото киновари



- ◆ **Происхождение:** образуется в низкотемпературных гидротермальных месторождениях.
- ◆ **Парагенезис:** флюорит, антимонит, кварц.
- ◆ **Месторождения:** Киргизия, Донбасс (Никитовка), Алтай, Чукотка, Испания, Италия, Югославия, Китай. **Практическое значение:** единственная руда на ртуть, так же применяется в качестве минеральной краски.

- ◆ **Пирротин FeS**. Название происходит от греческого слова «пирротес»-красноватый (по оттенку окраски).
- ◆ **Химический состав**: Fe-63,53%, S-36,47% , содержит примеси Ni, Co, Zn, Cu, иногда Mn. **Сингония** гексагональная (L^6L^27PC).
Морфология и облик кристаллов: кристаллы имеют таблитчатый псевдогексагональный облик. **Твёрдость**: 4. **Плотность**: 4,7. **Цвет**: бурый, а в свежих сколах бронзовый. **Черта**: серо-чёрная. **Блеск**: металлический. **Спайность**: не совершенная. **Излом** неровный.
- ◆ **Диагностические признаки**: узнаётся по бронзовому цвету в свежих сколах, слабой магнитности, бесформенности выделений; хорошо проводит электрический ток, имеет бурую побежалость.

- ◆ **Происхождение:** образуется в магматических месторождениях, генетически связан с основными породами, контактово-метаморфическим (в скарнах) и гидротермальным путями.
- ◆ **Парагенезис:** встречается с магнетитом, халькопиритом, пиритом, пентландитом, арсенопиритом, карбонатами, кварцем в свинцово-цинковых, сульфидно-касситеритовых и золоторудных месторождениях.
- ◆ **Месторождения:** ВКО (Байбура), Норильское, Монче-тундра (Мурманская область), Урал (Турьинское), Дальнегорск (Приморский край). За рубежом: Сэдбени (Канада), Бушвельд (Ю. Африка), Норвегия.
- ◆ **Практическое значение:** сырьё для сернокислотного производства.

- ◆ **Аурипигмент (желтая мышьяковая обманка) - As_2S_3** . Название происходит от золотисто-желтого. **Химический состав:** As-61%, S-39% Иногда содержит примеси ртути Hg, германия Ge и др. **Сингония** моноклинная (L2 PC) **Морфология и облик кристаллов:** короткопризматические кристаллы, столбчатые, волокнистые и почковидные массы, зернистые, порошковатые, чешуйчатые агрегаты и слюдоподобные образования. **Твёрдость:** 1,5-2. **Плотность:** 3,5. **Цвет:** золотисто-жёлтый, грязно-зелёный. **Черта:** светло-жёлтая. **Блеск:** алмазный, перламутровый (на плоскостях спайности), жирный, смоляной на изломе. Просвечивающийся. **Спайность:** весьма совершенная.

Фото аурипигмента



- ◆ **Диагностические признаки.**

Диомагнитен, не проводит электричества, листочки гибки, но не упруги. Легко узнаётся по цвету и запаху чеснока. Под действием лучей ртутно-кварцевой лампы золотисто-желтый аурипигмент приобретает зеленовато-желтый цвет.

Происхождение: встречается в низкотемпературных гидротермальных месторождениях. **Парагенезис:**

реальгар, кальцит, кварц, киноварь, антимонит. **Месторождения:** Грузия, Греция, Якутия. **Практическое**

значение: руда на мышьяк, используется в медицине и сельском хозяйстве

- ◆ **Реальгар** (красная мышьяковая руда) - (As₂S₃) **Химический состав:** As 70,1%, S-29,9%.
- ◆ **Сингония моноклинная** (L2PC).
Облик кристаллов: призматические кристаллы. **Твёрдость:** 1-1,5.
Плотность: 3,5 **Цвет:** оранжево-красный. **Черта:** оранжевая. **Блеск:** алмазный. **Спайность:** весьма совершенная.. **Диагностические признаки:** узнаётся по запаху чеснока, по цвету, по оранжевой черте, разрушается на свету, превращаясь в порошок оранжевого цвета. Штриховка вдоль вытянутости кристаллов, по ассоциации с аурипигментом. Не проводит электричества.

- ◆ **Происхождение:** образуется в низкотемпературных гидротермальных месторождениях.
Парагенезис: аурипигмент, пиритом, марказитом, кальцит, кварц, киноварь, антимонит.
Месторождения: Грузия, Греция, Якутия, Венгрия. **Практическое значение:** руда на мышьяк.
- 

- ◆ **Антимонит (сурьмяный блеск, стибнит)**-(Sb_2S_3) *Химический состав:* Sb-71, 38%, S-28, 62%. Содержит примеси As, Bi, Pb, Fe, Cu, редко Ag, Au.
- ◆ **Сингония ромбическая** (3L2 3PC).
Морфология и облик кристаллов: встречается всегда в виде шестоватых или игольчатых кристаллов, исстрихованных вдоль удлинения. **Твёрдость:** 4. **Плотность:** 4,6. **Цвет:** тёмно-серый. **Черта:** тёмно-серая. **Блеск:** металлический. **Спайность:** совершенная. **Излом** занозистый.
Диагностические признаки: радужная и синеватая побежалость, в тонких сколах просвечивает жёлто-красным цветом, капля едкого калия оставляет на антимоните буровато-коричневое пятно, спичка легко зажигается, если ей чиркнуть по антимониту

◆ **Происхождение и парагенезис:**

образуется в гидротермальных месторождениях при низких температурах. Сопутствующие минералы: киноварь, кварц, флюорит, кальцит, пирит, аурипигмент, реальгар.

Месторождения: Киргизия, Грузия (Никитовка). **Практическое**

значение: является рудой на сурьму, используется в медицине и сельском хозяйстве, антимонитовый порошок входит в состав спичек.

- ◆ **Молибденит (молибденовый блеск) - MoS_2 .**
- ◆ Название происходит от греческого слова «молибдос» - свинец, за сходство со свинцом. *Химический состав:* Mo 59,94%, S-40,06%. Обычно химически чистый. Наблюдается изоморфная примесь рения (до 0,3%). **Сингония** гексагональная (L6 6L2 7PC). **Морфологи и облик кристаллов.** Встречающиеся кристаллы в большинстве случаев несовершенны, это листоватые, чешуйчатые агрегаты, сферолиты, оторочки и рассеянная вкрапленность в кварцевых жилах. **Твёрдость 1 Плотность 4,7.** **Цвет:** голубовато-серый. **Черта:** голубовато-серая. **Блеск:** металлический или жирный. **Спайность:** весьма совершенная.

- ◆ **Диагностические признаки:**
гибок, но не упруг, легко чертится и сминается ногтем, пишет на бумаге, жирный на ощупь, растворяется в горячей серной кислоте, при выпаривании сернокислого раствора молибденита появляется синее пятно, легко узнается по цвету и блеску.

- ◆ **Происхождение и парагенезис:** образуется в грейзенах, высокотемпературных гидротермальных месторождениях совместно с кварцем и небольшим количеством пирита, иногда с вольфрамитом, бериллом, турмалином, касситеритом, рутилом и скарнах – с шеелитом, кварцем. Генетически связан с кислыми изверженными породами (гранитами, гранодиоритами и др.) Пегматитовое – в ассоциации с вольфрамитом, касситеритом, висмутином..
- ◆ **Месторождения:** Тырны-ауз (Кавказ), Забайкалье, Казахстан (Коунрад, Караоба) Удокан (Читинская область). За рубежом Клаймакс (США), Мексика, Норвегия, Марокко.
- ◆ **Практическое значение:** это важнейшая руда на молибден, применяющейся для изготовления специальных сортов стали, в электротехнике, в химическом производстве.

- ◆ **Пирит – FeS₂**. «Пирос» по-гречески – огонь. Синонимы: серный колчедан, железный колчедан. **Химический состав:** Fe – 46,6, S – 53,4. В составе пирита железо изоморфно замещается кобальтом – Co и никелем – Ni, в состав пирита может входить мышьяк – As до 2,7%, часто встречаются Sb, Cu, Au и Ag. **Сингония кубическая** (3L44L36L2PC). **Морфологи и облик кристаллов:** В горных породах и рудах пирит встречается в виде вкрапленников или округлых зерен, конкреции с концентрическим и радиально-лучистым строением, наблюдаются почковидные агрегаты. Кристаллы кубического, пентагон-додекаэдрического, реже октаэдрического облика. **Твёрдость:** 6-6,5. **Плотность:** 4,9-5,2. **Цвет:** светлый латунно-жёлтый, часто с побежалостями желтовато-бурого и пёстрых цветов. **Черта:** буровато - или зеленовато-чёрная. **Блеск:** сильный металлический. **Спайность:** весьма несовершенная. **Излом** ступенчатый, неровный.

- ◆ **Диагностические признаки:**
легко узнаётся по цвету, формам кристаллов, штриховатости граней, высокой твёрдости. Перед паяльной трубкой, растрескиваясь, плавиться в магнитный шарик. Легко теряет часть серы, которая горит голубым пламенем. В HNO_3 разлагается с трудом, выделяя серу. В разбавленной HCl не растворяется.

Фото пирита



Фото пирита



- ◆ **Происхождение и парагенезис.**
- ◆ Пирит образуется в самых различных геологических условиях. Встречается в магматических горных породах в виде мельчайших вкраплений, в среднетемпературных гидротермальных месторождениях является золотоносным минералом, так же наблюдается в контактово-метасоматических месторождениях как спутник в скарнах и магнетитовых залежах. Ассоциирует с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, марказитом, кварцем в гидротермальных месторождениях, в колчеданных месторождениях, где пирит составляет крупные залежи на 80-90% с подчиненным количеством халькопирита, сфалерита и кварца.

- ◆ **Месторождения:** на Урале (Карабаш, Блява), Башкирия (Сибай), Рудный Алтай (Змеиногорское, Белоусовское, Березовское), Закавказье (Чирагидзорское) За рубежом в Норвегии и Испании.

Практическое значение:

применяется главным образом для получения серной кислоты, а продукты обжига используются как железная руда. В пирите часто концентрируются Au, Cu, Zn, которые могут извлекаться при переработке.

- ◆ **Пентландит (железо-никелевый колчедан) – $(Fe,Ni)_9S_8$** . Назван в честь Д.Б. Пентланда, открывшего минерал. **Химический состав** непостоянный. Соотношение между Fe и Ni обычно 1:1. постоянно присутствует кобальт, в количестве от 0,4 до 2,5% в виде изоморфной примеси к никелю. **Сингония кубическая** (3L44L36L29PC). **Морфология и облик кристаллов**. Агрегаты зерен и отдельные включения неправильной формы. **Твердость** 3-4. **Плотность** 4,5-5. **Цвет** пентландита бронзово-желтый, светлее, чем у пирротина. **Черта** зеленовато-черная, светлая бронзово-бурая. **Блеск** металлический. **Спайность** совершенная по октаэдру {111}. **Излом** раковистый, неровный

- ◆ **Разновидности** кобальт-пентландит (содержит до 49% кобальта).

Диагностические признаки: не магнитен, чем и отличается от пирротина, хорошо проводит электричество. Перед паяльной трубкой сплавляется в черный магнитный шарик. В азотной кислоте растворяется, окрашивая раствор в зеленый цвет. При добавление раствора аммиака и порошка диметилглиоксима наблюдается карминно-красное окрашивание с образованием осадка (реакция на никель).

◆ **Происхождение и парагенезис.**

Встречается почти постоянно в парагенетической ассоциации с пирротином и халькопиритом, но только в тех сульфидных рудах, которые генетически связаны с основными и ультраосновными изверженными породами (габбро-норитами, перидотитами и др.). *Поисковый признак* на пентландит-пирротин и халькопирит. **Месторождения.**

Восточный Казахстан (Байбура, Бакырчик и др.), Норильское, Монче-Тундра, Канада (Седбери), Норвегия, Ю. Африка.

- ◆ **Практическое значение.** Основная руда на никель, около 90% мировой продукции никеля извлекается из медно-никелевых сульфидных руд. Источник получения кобальта, металлов платиновой группы, селена и теллура. Никель применяется для изготовления специальных инструментов, посуды, как составная часть многих важных в техническом отношении сплавов (никелевая сталь, нейзильбер, сплавы с медью и цинком для реостатов, монет и др.). Для получения соединений, применяемых для никелирования, и т.д.

- ◆ **Ковеллин (медное индиго) – CuS.** Назван в честь итальянского минералога Ковелли. **Химический состав** Cu 65,5%, S-33,5%, химическими анализами установлены примеси Fe, Se, Ag, Pb. **Сингония гексагональная** (L6 6L2 7PC). **Морфология и облик кристаллов:** кристаллы встречаются чрезвычайно редко и имеют вид мелких тонких табличек. **Твёрдость 1,5-2.** **Плотность 4,6.** **Цвет:** индигово-синий. **Черта** серая до чёрной. **Блеск** металлический. **Спайность** средняя. **Излом** неровный.

- ◆ **Диагностические признаки:** легко узнаётся по ярко-синему цвету, низкой твёрдости. Перед паяльной трубкой легко плавится, загораясь голубым пламенем, выделяя SO_2 . В отличие от халькозина, в запаянной трубке даёт возгон серы. В горячей HNO_3 растворяется с выделением серы. **Происхождение и парагенезис.** Является продуктом окисления медно-сульфидных руд, в парагенезисе с халькопиритом, борнитом, халькозином и др. Ковеллин, гидротермального происхождения, встречается в парагенезисе с пиритом, но очень редко, (в Бьютт в Монтане, США). **Месторождения.** Самостоятельных месторождений не образует. В больших массах был встречен на о. Кавау (Новая Зеландия), США. **Практическое значение:** руда на медь, совместно с другими медными минералами.

Сложные сульфиды

- ◆ **Халькопирит (медный колчедан) - CuFeS_2 .** Назван по двум греческим словам: «халькос» - медь, «пир» - огонь. **Химический состав:** Cu-34,57, Fe-30,54, S-34,9%, обычно присутствуют примеси: серебро, золото, таллий, селен, теллур. **Сингония тетрагональная** (L66L27PC). **Морфология и облик кристаллов.** Кристаллы редки и встречаются только в друзовых пустотах. Чаще всего они имеют октаэдрический с комбинациями {111} или тетраэдрический облик (рисунок), реже скаленоэдрический и др. **Морфология:** сплошные зернистые массы, отдельные зерна, известны также колломорфные образования в почковидных и гроздевидных формах.

- ◆ **Твёрдость:** 3,5-4. **Плотность:** 4,1-4,3 **Цвет:** латунно-жёлтый, часто с темно-желтой или пестрой побежалостью. **Черта:** чёрная, с зеленоватым оттенком. Непрозрачен. **Блеск** сильный металлический. **Спайность:** несовершенная. **Излом** неровный, раковистый. **Диагностические признаки:** легко узнаётся по цвету и ярким вторичным минералам, развивающимися по нему, резко отличается от пирита, который в изломе часто бывает, покрыт побежалостью, похожей на цвет халькопирита. Миллерит, в неправильной формы зернах, бывает похож на халькопирит, но обладает более сильным блеском и богат никелем. Перед паяльной трубкой, растрескиваясь, сплавляется в магнитный шарик. С содой на угле дает королек меди. В закрытой трубке обнаруживает возгон серы. В HNO_3 постепенно разлагается с выделением серы.

Фото халькопирита



Фото халькопирита



- ◆ **Происхождение и парагенезис:**
- ◆ В природе халькопирит может образоваться в различных условиях. Как спутник пирротина часто встречается в магматических месторождениях медно-никелевых сульфидных руд в основных изверженных породах в ассоциации с пентландитом, магнетитом, иногда с кубанитом и др. Наиболее широко развит в среднетемпературных гидротермальных жильных и метасоматических месторождениях. **Обычно ассоциирует** с пиритом, пирротинном, сфалеритом, галенитом, с блеклыми рудами и многими другими минералами. Из нерудных минералов в этих месторождениях встречаются кварц, кальцит, барит, различные по составу силикаты и др.

- ◆ При экзогенных процессах халькопирит образуется очень редко. В процессе выветривания, разрушаясь химически, дает сульфаты меди и железа. Псевдоморфозы по халькопириту, т. е. замещение его вторичными сульфидами меди – борнитом, халькозином и ковеллином, широко распространены в зонах вторичного сульфидного обогащения медных месторождений.

- ◆ **Месторождения:** Восточный Казахстан (Малеевское, Риддер-Сокольное, Греховское и др.), Джесказганское (Западный Казахстан). За рубежом: Урал (Карпушинское, Левихинское, Турьинское и др.) Норильск, Канада, США (Дингхем в штате Юта), Чукикамата (Чили), Африка и др. **Практическое значение:** важнейшая руда на медь. Получаемая на металлургических заводах медь употребляется как в чистом виде, так и в виде сплавов (латуни, бронзы, томпака и др.). Главное потребление меди является электропромышленность, значительное количество расходуется в машиностроении, судостроении, изготовлении аппаратуры для химической промышленности, жилищном строительстве и т.д.

- ◆ **Арсенопирит (мышьяковый колчедан) – FeAsS**. Химический состав. Fe-34,3%, As-46%, S-19,7% Часто содержит в качестве изоморфной примеси кобальт (Co до 12%), Ni, Sb. **Сингония** моноклинная (L2 PC). **Морфология и облик кристаллов**: кристаллы обычно имеют призматический облик, от короткостолбчатых до шестоватых и игольчатых; также распространены псевдодипирамидальные кристаллы и метакристаллы. **Твёрдость** 5,5-6. **Плотность** 5,9-6,2 **Цвет** оловянно-белый, стально-серый. **Черта** серовато-чёрная. **Блеск** металлический. **Спайность** не совершенная. **Излом** неровный, игольчатый.

◆ **Диагностические признаки.**

- ◆ узнаётся по серым удлинённым кристаллам с грубой штриховкой, по высокой твёрдости, при ударе молотком издаёт чесночный запах, разлагается HNO_3 с выделением серы.

Происхождение и парагенезис:

образуется в высоко-и среднетемпературных гидротермальных месторождениях, встречается в скарнах.

Сопутствующие минералы: самородное золото, кварц, турмалин, полевые шпаты, слюды, карбонаты, берилл, топаз; также в качестве спутника участвует в месторождениях олова, меди, свинца, висмута, вольфрама, цинка и др

- ◆ **Месторождения:**

- ◆ на Урале (Кочкарское), в Забайкалье (Дарасу), Швеция (Болиде). **Практическое значение:** арсенопиритовые руды являются основным сырьём для получения различных соединений мышьяка, используемых частью в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями, а также в красочной, кожевенной и других отраслях химической промышленности, попутно из него извлекают Au и Co.

- ◆ **Борнит (пестрая медная руда) - Cu_5FeS_4** . Назван по имени австрийского минералога И. Борна. **Химический состав**: Cu-63,3%, Fe-11,2%, S-25,5, в качестве примеси часто содержит серебро(Ag). **Сингония кубическая** (3L4 4L3 6L2 9PC). **Морфология и облик кристаллов**: кристаллы встречаются исключительно редко. **Твёрдость 3 Плотность 5 Цвет** в свежем изломе тёмный медно-красный, обычно покрывается яркой синей побежалостью. **Черта** серовато-чёрная. **Блеск** полуметаллический. **Спайность** весьма не совершенная или вовсе отсутствует.

- ◆ **Диагностические признаки:** легко узнаётся по цвету и пёстрой синей побежалости, низкой твёрдости, разлагается в HNO_3 с выделением всплывающей серы. **Происхождение и парагенезис:** образуется в низкотемпературных гидротермальных месторождениях, а также в окисленных медно-сульфидных рудах в зоне вторичного сульфидного обогащения. Сопутствующие минералы: пирит, халькозин, галенит, сфалерит, халькопирит и др. **Месторождения:** ВКО, Дзезказганское, Успенское. (Центральный Казахстан). **Практическое значение:** руда на медь.

- ◆ **Пентландит $(Fe,Ni)_9S_8$) Химический состав:** непостоянный, соотношение между Fe и Ni обычно 1:1, Co-2,5%.
Сингония кубическая (3L44L36L29PC).
Морфология и облик кристаллов: в хорошо образованных кристаллах в природе до сих пор не был встречен.
Твёрдость 3-4. **Плотность** 4,5-5. Хрупкий **Цвет** бронзово-жёлтый, светлее чем у пирротина. **Черта** зеленовато-чёрная. **Блеск** металлический. **Спайность** совершенная по октаэдру {111}. **Излом** неровный, раковистый.

- ◆ **Диагностические признаки:** узнаётся по спайности, не магнитен. Перед паяльной трубкой сплавляется в магнитный шарик. Растворяется в HNO_3 , окрашиваясь в зелёный цвет.

Происхождение и парагенезис.

Образуется в ликвационных медно-никелевых сульфидных рудах.

Сопутствующие минералы: пирротин, халькопирит.

- ◆ **Месторождения:** Казахстан, Канада (Сэдбери). **Практическое значение:** руда на никель, кобальт, медь, селен, теллур и металлы платиновой группы.

Контрольные вопросы.

- ◆ 1) Какие минералы относятся к сульфидам? Характерны ли они для Восточного Казахстана? Их практическое значение.
- ◆ 2) Дайте характеристику пирита. Какая форма кристаллов характерна для пирита?
- ◆ 3) Какое отличие пирита от марказита?
- ◆ 4) Характерное свойство пирротина?
- ◆ 5) Напишите формулу пентландита. Его происхождение, месторождения и значение.
- ◆ 6) Какие физические свойства характерны для арсенопирита? Его практическое значение и парагенезис.
- ◆ 7) Особые свойства молибденита. Его происхождение и месторождения.
- ◆ 8) Каково происхождение халькозина и ковеллина? Их химический состав.
- ◆ 9) По каким внешним признакам можно отличить пирит от халькопирита?
- ◆ 10) Какие сульфиды образуются в зонах вторичного сульфидного обогащения?

- ◆ 11) Назовите главные месторождения медных руд Казахстана.
- ◆ 12) Перечислите сульфиды, содержащие медь.
- ◆ 13) Что характерно для борнита?
- ◆ 14) Дайте характеристику сульфидам свинца и цинка.
- ◆ 15) Какой, обычно, имеют блеск почти все сульфиды?
- ◆ 16) С какими минералами в ассоциации встречается галенит?
- ◆ 17) Химическая формула сфалерита. Его практическое значение и области распространения.
- ◆ 18) Какие руды называются полиметаллическими?
- ◆ 19) Назовите главные районы распространения полиметаллических руд в Казахстане.