

**Минералогические особенности руд
Султановского медно-цинково-колчеданного месторождения
(Южный Урал)**
(научный руководитель В. В. Масленников)

Одна из важнейших задач развития теории колчеданообразования – выявление причин разнообразия месторождений колчеданного семейства. Решить эту задачу можно на основе минералогических исследований рудных фаций колчеданных месторождений. В последние годы получены принципиально новые данные по донной гидротермальной (трубы «черных палеокурильщиков») и кластогенной (продукты разрушения гидротермальных руд) фациям, проливающие свет на природу разнообразия этих рудных фаций [Масленников, 2006; Масленникова, Масленников, 2007; Сафина, Масленников, 2009].

Установлено, что минеральный состав гидротермальных труб во многом зависит от состава рудовмещающих формаций [Масленников и др., 2010]. В частности показано, что в гидротермальных трубах, обнаруженных в рудах колчеданных месторождений Урала, теллуридные ассоциации постепенно сменяются сульфосольными по мере увеличения в подрудных толщах количества кислых вулканитов и уменьшения количества базальтов. Вместе с тем, известно, что колчеданные месторождения, залегающие среди базальтов (кипрский тип) обычно не содержат теллуридов [Еремин, 2007]. В тоже время, в сульфидных трубах Юбилейного месторождения, залегающих в базальтах в основании островодужного риолит-базальтового комплекса, обнаружены разнообразные теллуриды [Maslennikov et al., 2013]. Аналогичную позицию занимает Султановское медно-цинково-колчеданное месторождение, расположенное в Кунашакском рудном районе в зоне Восточно-Уральского поднятия. В обломочных рудах этого месторождения встречаются фрагменты кристаллических агрегатов халькопирита, характеризующиеся по данным ЛА-ИСМ-МС повышенными содержаниями теллура (до 1225 г/т). Таким образом, возникла необходимость выяснения форм нахождения теллура, который может концентрироваться как в виде изоморфной примеси в халькопирите, так и в виде микровключений теллуридов.

Султановское месторождение находится в 55 км к северу от г. Челябинска и приурочено к одноименной олистостроме, сцементированной терригенными отложениями миасской (C_{1ms}) толщи. Оруденение локализовано в небольшом аллохтонном блоке, сложенном вулканогенными породами касаргинской (D₂?ks) толщи, состоящей из порфировых и афировых базальтов, риолитов, риодацитов, дацитов и андезитов [Сапожникова, 2009]. Рудные тела линзовидной формы залегают в основных и кислых вулканитах и на их контакте. Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, марказитом, блеклыми рудами, ковеллином, халькозином, борнитом. Редкие минералы – галенит, энаргит, альгодонит, пирротин, гематит, самородное золото [Переляев, 1959].

В результате полевых работ в 2012–2013 гг. были собраны образцы руд в карьере и на рудном складе. Исследования проводились в Южно-Уральском центре коллективного пользования на базе Института минералогии УрО РАН. Минеральный состав руд изучен при помощи микроскопа Olympus BX-51 с фотокамерой Olympus DP 12. Состав рудных минералов был определен на СЭМ VEGA3 Tescan с энергодисперсионным анализатором (аналитик И.А. Блинов).

На месторождении преобладающая часть руд представлена обломочными разностями с пиритовыми рудокластами размером 3–5 см в мелкообломочной массе того же состава. В подошве некоторых рудных тел развит халькопиритовый штокверк.

Сфалерит-халькопирит-пиритовые руды сложены грубообломочными разностями с угловатыми, изометричными, не всегда четко очерченными рудными обломками со срезанием текстурного рисунка и фрагментами гематитизированных и окварцованных дацитов. Для руд характерно совместное нахождение обломков с различной структурой и текстурой. Распространены массивные кристаллически-зернистые агрегаты пирита, обломки с колломорфным и тонкозернистым строением, ажурные кварц-сфалерит-пиритовые и барит-кварц-пиритовые обломки, напоминающие фрагменты колломорфных пиритовых корок из обломочных руд слабометаморфизованных месторождений Урала, а также обломки халькопиритовых и халькопирит-пиритовых руд.

Кристаллически-зернистый *пирит* слагает основную часть обломочных руд и представлен идиоморфными, гипидиморфными и изометричными зернами размером до 0.2–0.3 мм. Центральная часть некоторых кристаллов пирита пористая. При травлении в концентрированной $\text{HNO}_3 + \text{CaF}_2$ в пирите выявляется грубая осцилляторная зональность «первого» рода. Колломорфный пирит в обломках представлен почковидными агрегатами, а также реликтами почек в кристаллически-зернистом пирите. В краевых частях почек и по трещинам он замещается халькопиритом и кристаллическим пиритом. Дендриты пирита обнаружены в кристаллически-зернистом пирите и проявляются при замещении нерудным минералом. Фрамбоиды пирита иногда обнаруживаются в виде реликтов в кристаллическом пирите и слагают центральную часть некоторых пиритовых почек.

В рудах выделяется два типа пластинчатого пирита. Пирит первого типа образует тонкие пластинки (до 10 мкм), часто в ассоциации с марказитом, обрастает почки колломорфного пирита с образованием радиально-лучистых и сноповидных агрегатов. Второй тип слагает крупные (20–50 мкм) пористые пластинки, которые в ассоциации с кристаллическим и колломорфным пиритом образуют обломки с ажурной текстурой. Предполагается, что первый тип пирита представляет собой псевдоморфозы по марказиту, второй – по пирротину.

Широко распространенный *марказит* встречается в виде пластинчатых кристаллов, включений и сростков с кристаллическим пиритом. В халькопирит-пиритовых обособлениях отмечается в виде тонкой густой вкрапленности в халькопирите.

Халькопирит образует мелкие (до 1 см) обломки изометричной и вытянутой формы и халькопирит-пиритовые обособления. Распространено замещение пиритовых обломков халькопиритом. Характерной особенностью халькопиритовых обломков является наличие участков с крустификационным строением, сходным с зоной В труб «черных курильщиков», а также развитие пластинчатого сфалерита [Масленникова, Масленников, 2007].

Сфалерит в сочетании с пиритом формирует обломки с ажурным, кристаллическим и почковидным строением. Крупные зерна сфалерита с халькопиритовой эмульсией и зональным строением сходны с зоной С труб «черных курильщиков» [Масленникова, Масленников, 2007]. Встречаются мелкие зерна сфалерита неоднородного строения: в центре наблюдаются почковидные агрегаты сфалерита, окруженные каймой зернистого, иногда сдвойникового сфалерита с халькопиритовой «болезнью». Иногда обломки сфалерита представлены сростками зональных гексагональных кристаллов, вероятно, наследующих морфологию вюрцита.

Галенит является редким минералом и встречается в виде включений (до 10 мкм) в халькопиритовых обломках и сростается (до 50 мкм) с халькопирит-пиритовыми агрегатами. Особенностью галенита является повышенное содержание селена (до 3.52 мас. %).

Пирротин образует редкие мелкие включения (до 10 мкм) в кристаллическом пирите, однако на начальной стадии образования месторождения был одним из главных минералов, что установлено по наличию многочисленных псевдоморфоз пирита по пирротину.

Теллуrowисмутит (мас. %: Те 46.99–49.9, Вi 50.1–53.01) обнаружен в виде пластинок и изометричных включений размером 10–15 мкм в кристаллически-зернистом пирите и обломках халькопирита. В ассоциации с теллуrowисмутитом в виде изометричных зерен встречаются *цумоит* (мас. %: Те 38.99–40.91, Вi 57.83–59.77 и примесь Se до 2.58) и *гессит*. Размер зерен гессита и цумоита не превышает 10 мкм. Единичное зерно *самородного золота* (мас. %: Au 78.36, Ag 21.64) обнаружено в халькопиритовом обломке. Редкие минералы наиболее характерны для халькопиритовых обломков, представляющих фрагменты труб «черных курильщиков».

Гипергенная минерализация в обломочных рудах представлена *ковеллином*, *борнитом* и *халькозином*.

Халькопиритовые руды в подошве рудных тел представляют собой практически мономинеральные обломковидные, прожилковидные и вкрапленные агрегаты в сильно хлоритизированной породе.

Халькопирит слагает зернистые агрегаты со сдвойникоvanным строением и спайностью. В рудах также присутствуют редкие мелкие кристаллы *пирита* и ксеноморфные и изометричные включения *теннантита* (до 100 мкм). Характерными для халькопирита являются прожилки *борнита*, *халькозина* и *ковеллина*.

Особенностью минерального состава халькопиритовых руд является наличие золотосодержащих минералов изометричной, ксеноморфной, иногда прожилковидной формы. *Электрум* размером зерен до 20 мкм обладает переменчивым составом (содержание Ag 27.21–36.94 мас. %) и встречается совместно со всеми минералами в халькопиритовых рудах. *Самородное золото* (Ag от 13.5 до 21.64 мас. %) и *кюстелит* (мас. %: Ag 55.33, Au 44.67) размером до 10 мкм установлены в рудах исключительно в ассоциации с борнитом и халькозином.

Таким образом, на Султановском месторождении сфалерит-халькопирит-пиритовые руды характеризуются обломочным строением с кристаллическими и коллоидными обломками, что свидетельствует о хорошей сохранности руд. Среди обломков халькопирита установлены признаки, соответствующие халькопириту труб «черных курильщиков». Нижние рудные тела залегают среди базальтов и на базальтах и могли бы быть отнесены к кипрскому типу. Однако в отличие от месторождений кипрского типа, в рудах Султановского месторождения установлены теллуриды, самородное золото, электрум и кюстелит. По составу аксессуарных минералов Султа-

новское месторождение сходно с Юбилейным месторождением, также залегающим среди базальтов основания разреза риолит-базальтовой формации. Можно предположить, что эти два месторождения относятся к особому рудно-формационному типу, отличающемуся от кипрского и, скорее всего – переходному к уральскому типу колчеданных месторождений с теллуридами и самородным золотом. В рудах Султановского месторождения золото концентрируется, в основном, в халькопирите, а не в сфалерите, как на Юбилейном месторождении. Это различие может иметь значение при совершенствовании схем обогащения руд.

Автор благодарен В. В. Масленникову, Н. Р. Аюповой, А. Г. Гладкову и И. А. Блинову за помощь в исследованиях. Работа выполнена при поддержке гранта № 14-5-НП-26, проекта ОФИ № 13-5-012-НЕДРА и 14-05-00630 РФФИ.

Литература

Еремин Н. И., Сергеева Н. Е., Дергачев А. Л. Типоморфизм редких минералов колчеданных руд и их геохимический тренд // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2007. № 2. С. 40–48.

Масленников В. В. Литогенез и колчеданообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384 с.

Масленникова С. П., Масленников В. В. Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщико» (на примере Урала). Екатеринбург–Миасс: УрО РАН, 2007. 312 с.

Переляев А. П. Руды Султановского колчеданного месторождения на Урале // Вопросы геологии и происхождения колчеданных месторождений Урала. Тр. ГГИ УФАН, Свердловск, 1959. Вып. 43. С. 161–174.

Сапожникова Е. В., Пуртов В. А. и др. Материалы к технико-экономическому обоснованию кондиций подсчета запасов Султановского медноколчеданного месторождения. Верхняя Пышма: Челябинскнедра, 2009ф. 260 с.

Сафина Н. П., Масленников В. В. Рудокластиты колчеданных месторождений Яман-Касы и Сафьяновское (Урал). Миасс: УрО РАН, 2009. 260 с.

Maslennikov V. V., Ayupova N. R., Maslennikova S. P. et al. Mineral and Chemical Peculiarities of Vent Chimneys from the Yubileynoye VMS Deposit at the Early Devonian Basalt-Boninite Basement of West Magnitogorsk Arc, the Southern Urals, Russia // 12th SGA Biennial Meeting. 2013. P. 145–149.