

A new type of oceanic Cu-Zn-Co-Au volcanogenic massive sulfide deposit // Diversity of hydrothermal systems on slow spreading ocean ridges. AGU Geophysical Monograph. 2010. P. 321–368.

*Torokhov M.P., Cherkashev G.A., Stepanova T.V., Zhirnov E.A.* Uranium, its minerals and parageneses in massive sulfides of the Logatchev-2 MAR ore field // InterRidge News. 2002. Vol. 11 (2). P. 32–33.

*Turekian K.R., Wedepohl K.H.* Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust // Geological Society of America Bulletin. 1961. Vol. 72. P. 175–192.

**Н.Р. Аюпова<sup>1</sup>, А.С. Целуйко<sup>1</sup>, А.Ф. Собиров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии  
и геоэкологии УрО РАН, Институт минералогии, г. Миасс  
ayupova@mineralogy.ru

<sup>2</sup> – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе

### **Обломочные руды**

#### **Узельгинского медно-цинково-колчеданного месторождения (рудное тело № 5), Южный Урал**

На многих колчеданных месторождениях Урала, Понтида, Рудного Алтая, Кипра и других регионов мира основной объем руд состоит из обломочных рудных фаций, образованных в результате субмаринного разрушения, оползания и переотложения гидротермальных руд [Жабин, 1978; Авдонин и др., 1991; Масленников, 2006; Сафина, Масленников, 2009]. Большие мощности, плохая сортировка, высокое соотношение крупно- и мелкообломочной фракций, присутствие фрагментов труб палеокурильщиков в сульфидных брекчиях, а также локализация их в кровле и на склонах рудных тел непосредственно над массивными рудами указывает на перенос рудного материала на небольшие расстояния. По мере удаления от центра рудной залежи в брекчиях наблюдаются изменения текстурного рисунка, обусловленные уменьшением размера обломков, увеличением степени их окатанности, возрастанием количественной роли цементирующей мелкообломочной массы, появлением микротекстур с признаками заполнения более поздними сульфидами свободного пространства в рудокластах. На флангах сульфидные брекчии постепенно сменяются гравийно-псаммитовыми сульфидными турбидитами с характерной градацией обломочного материала и механоглифами в подошве слоев [Масленников, 2006; Сафина, Масленников, 2009]. Особое положение в разрезах колчеданных месторождений Урала занимают рудные диагениты, которые характеризуются интенсивными преобразованиями переотложенного сульфидного материала [Maslennikov et al., 2019].

Нами изучены коллювиальные сульфидные брекчии рудного тела № 5 Узельгинского медно-цинково-колчеданного месторождения (Южный Урал) с целью реконструкции условий формирования рудных залежей верхнего уровня месторождения.

Узельгинское месторождение расположено в центральной части одноименного рудного поля на территории Челябинской области. Оно приурочено к межкупольной депрессии между Александровским, Узельгинским и Баксановским риодацитовыми куполами, выполненной лавами и вулканокластическими отложениями кварц-плагиоклазовых риодацитов [Медноколчеданные..., 1988]. Рудные тела располагаются на

двух уровнях, разделенных 200–280-м толщей пород: нижнем – в кровле пачки эффузивных кварцевых риолитов карамалыташской свиты (рудные тела № 2, 3, 4, 7, 8) и верхнем – в кровле вулканокластической пачки кислого состава карамалыташской свиты (рудные тела № 1, 5, 6, 9) на контакте и вблизи контакта с улугаускими отложениями. В породах, подстилающих рудоносную депрессию, и в рудовмещающей кислой толще установлена крутопадающая субмеридиональная зона серицит-хлорит-кварцевых метасоматитов с многочисленными пиритовыми и карбонатно-пиритовыми жилами [Медноколчеданные..., 1988]. Оба рудных уровня «нанизаны» на одну и ту же осевую зону метасоматитов, которая рассматривается как рудоподводящий канал.

Образование пирротиновых руд и замещение массивных руд серицит-кварцевыми и хлорит-кварцевыми метасоматитами со штокверком сульфидных прожилков в зоне рудоподводящего канала указывают, что в период формирования руд верхнего уровня выше по разрезу нижние руды претерпели гидротермальный метаморфизм и частичную регенерацию [Медноколчеданные..., 1988]. Рудное тело № 5 залегает над четвертым и сложено преимущественно медно-цинковыми рудами с увеличивающимся к кровле высоким содержанием блеклых руд.

Образцы для исследований были отобраны в шахте Узельгинского месторождения во время полевых работ 2019 г. Образцы (размер ~12×20 см) были распилены на пластины и приполированы для текстурно-структурного изучения в шлифовальной мастерской ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Оптико-микроскопическое изучение аншлифов (30 шт.) проводилось на микроскопе Olympus BX51. Для выявления особенностей внутреннего строения сульфидных минералов аншлифы были протравлены смесью концентрированной  $\text{HNO}_3$  и  $\text{CaF}_2$ . Состав акцессорной минерализации определен на СЭМ VEGA3 Tescan с ЭДС (аналитик М.А. Рассомахин).

По морфологии, размеру и составу рудокластов выделены следующие минеральные типы рудных брекчий: 1) пиритовые; 2) сфалерит-пиритовые; 3) барит-сфалерит-пиритовые и 4) пирит-халькопирит-сфалеритовые.

*Пиритовые брекчии* залегают на массивных серноколчеданных рудах и сложены крупными слаженно-угловатыми и угловатыми (до 3.5×1.5 см) пиритовыми обломками, количество которых резко преобладает над цементом. Основная часть обломков представлена мелко-среднезернистыми пиритовыми агрегатами с многочисленными гнездами (2×3 мм) и прожилками (мощность до 3–4 мм) халькопирита, сфалерита с халькопиритовой эмульсией, блеклых руд и галенита. Некоторые рудокласты представляют собой агрегаты тонко-мелкозернистого апопирротинового пирита с выполнением полостей футляровидных псевдоморфоз халькопиритом и сфалеритом. В кварцевом цементе встречаются новообразованные кристаллы, одиночные фрамбониды пирита и их сегрегации. Обнаружены осколки сфалерита и халькопирита размером до 0.15–0.25 мм с реликтами изокубанитовой решетки в сфалерит-пиритовом цементе.

*Сфалерит-пиритовые брекчии*, как и пиритовые, имеют резкие контакты с массивными пиритовыми рудами и характеризуются неравномерным распределением крупнообломочного (до 4×3 см) рудокластического материала в песчано-гравийном матриксе пирит-сфалеритового состава, количество которого преобладает над обломками. Структурное травление показало, что мелко- среднезернистые агрегаты пирита рудокластов сложены преимущественно грубо- и тонкозональными кристаллами. В обломках тонкозернистого пирита просматривается почковидное строение, и их можно диагностировать как части фрагментов гидротермальных корок. Пирит-сфалеритовые

фрагменты отличаются ажурным строением и содержат включения блеклых руд, селеносодержащего галенита (до 1.5 мас. % Se), барита и кварца. Агрегаты блеклых руд сложены зональными зернами теннантита (до 0.2 мас. % Ag, 3.6–6.0 мас. % Sb), теннантит-тетраэдрита (0.2–0.3 мас. % Ag, 8.3–10.6 мас. % Sb) и тетраэдрит-теннантита (0.3–0.5 мас. % Ag, 15.5–19.8 мас. % Sb). Крупные (более 1–2 см) пирит-сфалеритовые обломки обладают зональным строением, которое проявлено в присутствии кольцевидного пиритового обрастания вокруг ядра, окруженного, в свою очередь, пирит-сфалеритовой оболочкой с многочисленными гнездами тонкозернистого пирита, галенита и блеклой руды. Песчано-гравийный матрикс сложен суб- и эвгедральными кристаллами пирита, фрамбоидами и мелкими тонкозернистыми пиритовыми и сфалерит-пиритовыми обломками.

В *барит-сфалерит-пиритовых брекчиях* обломками являются фрагменты зональных барит-сфалерит-пиритовых труб и диффузеров, которые сцементированы пирит-сфалеритовыми агрегатами. Размер фрагментов труб варьирует от первых миллиметров до 1.5–3 см. Зональность труб выражена присутствием осевого канала из агрегатов барита и тонкозернистого пирита, который обрастает пирит-сфалеритовым агрегатом, и внешней барит-сульфидной зоны. Некоторые рудокласты также характеризуются зональным строением: пирит-сфалеритовое ядро с реликтами псевдоморфоз пирита по кристаллам пирротина имеет кайму тонкозернистого пирита с включениями фрамбоидов пирита или пластинчатыми агрегатами барита и почками сфалерит-пиритового состава. Характерной особенностью брекчий является появление рудокластов сажистого апопирротинового пирита, футляровидные псевдоморфозы которого выполнены сфалеритом и окружены почковидной сфалерит-пиритовой оболочкой. Акцессорные минералы представлены алтаитом и колорадоитом, которые обнаружены в галенит-блекловорудной ассоциации в каналах труб палеокурильщиков и в пирит-сфалеритовом цементе.

*Пирит-халькопирит-сфалеритовые брекчии* состоят из фрагментов пирит-халькопирит-сфалеритовых палеогидротермальных труб, отличаются существенно сфалеритовым составом, появлением слабовыраженных прерывистых слоистых текстур, возрастанием количества халькопирита в рудах. Тонко-мелкозернистый пирит образует полосы, прожилки и агрегаты извилистой формы в сфалеритовом цементе. Крупнозернистые халькопирит-сфалеритовые агрегаты часто заключены в пиритовую оболочку и своим строением напоминают деформированные каналы гидротермальных труб диаметром до 2 см. Сходство с трубами палеокурильщиков также подчеркивается выполнением полостей каналов карбонатами. Встречены как зональные, так и однородные агрегаты ртутистого теннантита (до 1.3 мас. % Hg, 5.7–7.4 мас. % Sb) и теннантит-тетраэдрита (8.1–12.0 мас. % Sb), включения алтаита (до 1.2 мас. % Se), колорадоита и селеносодержащего галенита (до 5.1 мас. % Se), которые обычно тяготеют к крупнозернистым агрегатам сфалерита заполнения каналов.

Таким образом, описанные рудные брекчии характеризуются закономерностями, которые отражают фациальные условия их накопления. Пиритовые и сфалерит-пиритовые брекчии, залегающие непосредственно на массивных серноколчеданных рудах, позволяют предполагать, что в небольших локальных впадинах вблизи источника сноса рудокластический поток разгрузился от грубообломочной составляющей, образуя несортированные агломератовые пиритовые брекчии, а по склонам вниз происходило накопление гравийно-песчаных рудокластитов, содержащих редкие крупные рудокласты и обогащенных блеклыми рудами.

Скопления фрагментов барит-сфалерит-пиритовых и пирит-халькопирит-сфалеритовых труб палеокурильщиков в кровле рудной залежи предполагают существование гидротермальной постройки с многочисленными крупными и мелкими каналами гидротермальных труб. По минеральному составу трубы палеокурильщиков сопоставимы с современными светло-серыми (барит-сфалерит-пиритовые) и серыми (пирит-халькопирит-сфалеритовые) относительно низкотемпературными курильщиками бассейна ПАКМАНУС [Maslennikov et al., 2017]. Находки псевдоморфоз пирита по кристаллам пирротина в рудокластах также свидетельствуют о невысоких температурах гидротерм. Присутствие теннантита во внутренней части труб указывает на высокую степень окисленности гидротерм, а наличие теллуридов – на слабые преобразования труб палеокурильщиков [Maslennikov et al., 2017]. Ранее в обломочных рудах всяческого бока рудного тела № 1 были обнаружены барит-халькопирит-сфалеритовые трубы палеокурильщиков, наружная зона которых представлена сфалеритом, баритом и кальцитом с подчиненным развитием эвгедральных и субгедральных кристаллов пирита, а каналы выполнены халькопиритом или тетраэдритом в ассоциации с галенитом, самородным золотом, гесситом и редко петцитом [Maslennikov et al., 2017]. Обнаруженные находки различных минералогических типов палеогидротермальных труб объясняют частую смену минеральных ассоциаций в рудах и свидетельствуют о слабом метаморфизме руд верхнего уровня Узельгинского месторождения.

## Литература

*Авдонин В.В., Дергачев А.Л., Сергеева Н.Е.* Гидротермальные постройки и продукты их разрушения на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая // Продукты разрушения гидротермальных построек в колчеданоносных районах. Свердловск: УрО РАН, 1991. С. 126–137.

*Жабин А.Г.* Скорость литификации сульфидных вулканогенно-осадочных руд и возникновение рудокластов // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1978. № 4. С. 118–129.

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

Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение / В.А. Прокин, В.М. Нечеухин, П.Ф. Сопко и др. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1988. 241 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., Safina N.P., Tseluyko A.S., Melekestseva I.Yu., Large R.R., Herrington R.J., Kotlyarov V.A., Blinov I.A., Maslennikova S.P., Tessalina S.G.* Mineralogical features of ore diagenites in the Urals massive sulfide deposits, Russia // Minerals. 2019. Vol. 9 (150).

*Maslennikov V.V., Maslennikova S.P., Large R., Danyushevsky L., Herrington R.J., Ayupova N.R., Zaykov V.V., Lein A.Yu., Tseluyko A.S., Melekestseva I.Yu., Tessalina S.G.* Chimneys in Paleozoic massive sulfide mounds of the Urals VMS deposits: Mineral and trace element comparison with modern black, grey, white and clear smokers // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 85. P. 64–106.