

*Н. П. Сафина, Н. Р. Аюпова*  
*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс*  
*safina@ilmeny.ac.ru*

*Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе*

### **Касситерит в рудах медно-цинково-колчеданных месторождений Ивдельского рудного района (Северный Урал)**

Олово относится к числу рассеянных элементов в колчеданных рудах, и его основные минеральные формы представлены сульфидами – станнином  $Cu_2FeSnS_4$ , станноидитом  $Cu_8Fe_3Sn_2S_{12}$ , кестеритом  $Cu_2(ZnFe)SnS_4$ , моусонитом  $Cu_6Fe_2SnS_8$ , колуситом  $Cu_6(Sn,As)_2S_8$ , а также касситеритом  $SnO_2$ . Находки этих минералов на колчеданных месторождениях приурочены к рудоподводящим зонам [Marcoux, Leistel, 1996] или связаны с борнитсодержащими рудами колчеданных залежей [Hannigton et al., 1999]. На Урале минералы олова обнаружены в рудах Гайского, Учалинского, им. III Интернационала, Карабашского Молодежного, Александринского, Валенторского и Вишневого колчеданных месторождений [Пшеничный и др., 1972; Тесалина и др., 1998; Молошаг, Викентьев, 2009; Аюпова et al., 2015]. Повышенные концентрации олова в колчеданных рудах увеличивают их инвестиционную привлекательность. В связи с этим изучение распределения Sn в различных типах руд колчеданных месторождений Урала и выявление его минеральных форм является актуальным. Нами изучены руды обрабатываемых Шемурского и Ново-Шемурского колчеданных месторождений, расположенных в Ивдельском рудном районе на Северном Урале. Результаты исследований показывают, что содержания Sn (а также Ga) превышают среднестатистический уровень и могут представлять промышленный интерес.

Текстурно-структурные и минералогические исследования выполнены с использованием оптических микроскопов Axiolab (Carl Zeiss) и Olympus BX-51. Химический состав минералов определялся на сканирующем электронном микроскопе (VEGA3 Tescan с энергодисперсионным анализатором, аналитик И. А. Блинов). Содержания олова в штучных пробах руд установлены с помощью ИСП-МС анализа (Agilent 7700X, аналитик К. А. Филиппова).

Шемурское месторождение локализуется в пределах верхней риолит-дацитовой толщи нижнешемурской подсети, тяготея к ее обломочным фациям [Трякина, 1979]. Особенностью месторождения является наличие многочисленных крутопадающих даек, преимущественно основного состава, мощностью от 1 до 6 м. Обломочные руды на восточном фланге рудного тела № 2 представлены элювиальными и коллювиальными брекчиями, сложенными обломками массивного, колломорфного, губчатого пирита и сцементированные магнетит-халькопирит-сфалеритовым агрегатом. На контакте с дайками локализованы массивные пирит-магнетитовые руды с неравномерным распределением основных рудных минералов. Пирит присутствует в виде трещиноватых массивных агрегатов, иногда с реликтивными участками колломорфного строения, и изометричных обособлений, сходных по морфологии с конкрециями. Для пирита характерно замещение магнетитом. В участках с повышенным содержанием магнетита появляются гнезда хлорита.

Содержание олова в рудных брекчиях составляет 4.05 г/т и достигает 10 г/т в пирит-магнетитовых разностях. В этом типе руд в цементирующей магнетит-халькопирит-сфалеритовой матрице обнаружены изометричные зерна касситерита, иногда с

кристаллографическими очертаниями, размером 5–10 мкм. Часто наблюдаются тонкие сростки касситерита с магнетитом. Неожиданным стало обнаружение касситерита в ассоциации с гидроксидом Ga и Ga-содержащей слюдой. В единичном случае в ассоциации с перечисленными минералами установлено зерно кобальтина размером до 5 мкм. В массивных пирит-магнетитовых рудах в магнетите наблюдается равномерное распределение включений касситерита размером до 10 мкм. Значительные содержания Ga (13.33–39.18 г/т) и низкие – Sn (0.2–1.0 г/т) характерны для сдвойникового (новообразованного) сфалерита полосчатых руд Шемурского месторождения.

В отличие от Шемурского, Ново-Шемурское месторождение залегает на контакте базальтов нижней толщи верхнешемурской подсвиты с дацитами верхней толщи нижнешемурской подсвиты [Злотник-Хоткевич, Трякина, 1979]. Среди руд месторождения выделены брекчиевые (преимущественно пиритовые) и линзовидно-полосчатые магнетит-сфалерит-пиритовые руды. В брекчиях обломки кристаллического пирита сцементированы пирит-халькопирит-сфалеритовым материалом. Полосчатое строение руд обусловлено чередованием пиритовых и магнетит-сфалеритовых полос мощностью 0.2–3 см. Довольно часто прослои сливаются, расщепляются по простиранию и выклиниваются. В сфалеритовых полосах встречаются реликтовые зерна пирита или тонкие (2–3 мм) прерывистые прослои из пирита, а основная сфалеритовая масса имеет неоднородное строение в результате избирательного замещения сфалерита магнетитом.

Содержание олова в брекчиях составляет, в среднем, 20 г/т, а в полосчатых рудах установлены максимальные значения – 96.5 г/т. В рудных брекчиях наблюдаются многочисленные выделения касситерита. Его более крупные зерна приурочены исключительно к сдвойникованному сфалериту цементирующей матрицы, тогда как мелкие (2–5 мкм) изометричные зерна располагаются обособленно и реже находятся в сростках с магнетитом. При этом угловатые кристаллы магнетита размером до 50 мкм равномерно распределены в сфалерите. В полосчатых рудах зерна касситерита располагаются как в пиритовых, так и сфалеритовых прослоях. В первых касситерит в сростках с магнетитом или сфалеритом заполняет интерстиции в кристаллическом пирите. В сфалеритовых прослоях касситерит и магнетит в виде разрозненных изометричных зерен располагаются в сфалерите, который содержит реликтовые включения халькопирита и корродирует кристаллы новообразованного пирита. Единственное зерно касситерита размером 10 мкм было обнаружено на контакте пирита и халькопирита.

Таким образом, обогащение оловом обломочных руд Шемурского и Ново-Шемурского месторождений связано с присутствием его собственной минеральной формы – касситерита. Аномальные концентрации Sn – характерная черта высокотемпературных гидротермальных сульфидов [Hannington et al., 1999]. Олово концентрируется в крустификационном халькопирите и сфалерите палеогидротермальных труб «черных курильщиков» [Масленникова, Масленников, 2007]. Структура станнина сходна с халькопиритом и сфалеритом, и поэтому в благоприятных условиях могут образоваться тетраэдрические сульфиды Zn и Cu, обогащенные Sn. Установлено, что олово переносится в высокотемпературных условиях, поэтому считается, что исключительно метаморфизованные колчеданные руды обогащены им [Petersen, 1986]. Гипергенные преобразования сульфидов олова, главным образом, его переход во вторичный касситерит – обычное явление в зоне субаэрального [Viallefond, 1994] и субмаринного [Ауцрова et al., 2015] гипергенеза колчеданных руд. В обломочных рудах Яман-Касинского месторождения выявлены рудокласты

псевдоморфного апопирротинового пирита, обогащенного оловом (16–36 г/т) [Сафина, Масленников, 2009].

Обогащение кластогенных руд оловом и сопутствующим ему галлием на изученных месторождениях, вероятно, является результатом процессов преобразования обломочных сульфидных отложений. Формирование аутигенного касситерита связано с высвобождением олова при растворении рудных обломков, вероятно, содержащих включения сульфидов олова, и последующей его концентрацией в виде более устойчивого оксида в ассоциации с поздним сфалеритом и магнетитом. Процессы регенерации массивных серно-колчеданных руд, связанные с внедрением даек на Шемурском месторождении, приводили к перераспределению олова с формированием включений касситерита в магнетите.

*Работы выполнены по государственной бюджетной теме Института минералогии УрО РАН «Минералогия и геохимия рудных и рудоносных фаций как отражение геологической истории палеогидротермальных систем» и в рамках проекта № 15-11-5-23 Президиума РАН.*

## Литература

*Злотник-Хоткевич А. Г., Трякина Н. П.* Особенности зональности руд Ново-Шемурского месторождения (Северный Урал) в сравнении с колчеданными месторождениями Северных Мугоджар // Вопросы генезиса эндогенной зональности колчеданных месторождений. Тр. ЦНИГРИ. Вып. 148. М., 1979. С. 58–62.

*Масленникова С. П., Масленников В. В.* Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков». Екатеринбург–Миасс: УрО РАН, 2007. 312 с.

*Молошаг В. П., Викентьев И. В.* Новые данные о германий-оловянной минерализации колчеданных месторождений Урала // Ежегодник–2008. ИГГ УрО РАН, 2009. С. 220–223.

*Пиленичный Г. Н., Шадлун Т. Н., Вьяльсов Л. Н., Тронева Н. В., Басова Г. В.* Сульфиды олова, меди и железа в колчеданных рудах Южного Урала // Геология рудных месторождений. 1972. № 5. С. 106–111.

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

*Тесалина С. Г., Масленников В. В., Сурин Т. Н.* Александринское медно-цинково-колчеданное месторождение (Восточно-Магнитогорская палеоостровная дуга, Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. 228 с.

*Трякина Н. П.* Некоторые особенности геологического строения и зональности руд Шемурского месторождения // Вопросы генезиса эндогенной зональности колчеданных месторождений. Тр. ЦНИГРИ. Вып. 148. М., 1979. С. 62–65.

*Auipova N. R., Maslennikov V. V., Maslennikova S. P., Blinov I. A. Danyushevsky L. V., Large R. R.* Rare mineral and trace element assemblages in submarine supergene zone at the Devonian Molodezhnoye VMS Deposit, the Urals, Russia // Proceedings of the 13 SGA Biennial Meeting. Mineral resources in a sustainable world. Nancy, 2015. Vol. 5. P. 2051–2054.

*Hannington M. D., Bleeker W., Kjarsgaard I.* Sulfide mineralogy, geochemistry, and ore genesis of the Kidd Greek deposit. II. The bornite zone // Economic Geology Monograph. 1999. Vol. 10. P. 225–266.

*Marcoux E., Leistel J. M.* Mineralogy and geochemistry of massive sulfide deposits: Iberian Pyrite Belt // Boletín Geológico y Minero. 1996. Vol. 107 (3). P. 117–126.

*Petersen E. U.* Tin in volcanogenic massive sulfide deposits: an example from the GecoMine, Manitouwadge District, Ontario, Canada // Economic Geology. 1986. Vol. 81. P. 323–342.

*Viallefond L.* Cluster analysis on geochemical results from gossans // in: The massive sulphide deposits of the South Iberian Pyrite Province: geological setting and exploration criteria (eds. Leistel J.M. et al.). BRGM, France, 1994. P. 109–229.