

*Е.Е. Амплиева<sup>1</sup>, Е.В. Ковальчук<sup>1,2</sup>, Вл.Б. Комаров<sup>1,3</sup>*

*<sup>1</sup> – Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, Россия  
Amplieva@igem.ru*

*<sup>2</sup> – Российский геологоразведочный университет, г. Москва, Россия*

*<sup>3</sup> – Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия*

## **Состав сфалерита Подольского колчеданного месторождения (Южный Урал)**

*Е.Е. Amplieva<sup>1</sup>, E.V. Kovalchuk<sup>1,2</sup>, V.I.B. Komarov<sup>1,3</sup>*

*<sup>1</sup> – Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia*

*<sup>2</sup> – Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia*

*<sup>3</sup> – RUDN University, Moscow, Russia*

## **Composition of sphalerite of the Podolskoe VMS deposit (South Urals)**

**Abstract.** The Podolskoe VMS deposit of the Urals type is localized in the eastern part of the Buribay ore district, West Magnitogorsk zone of South Urals. Pyrite, chalcopyrite, and sphalerite are major ore minerals; tennantite, galena, marcasite, and bornite are less abundant. Sphalerite is the main Zn mineral of ores. Sphalerite of the Podolskoe (as well as satellite East Podolskoe) deposits is studied using LA-ICP-MS. The sphalerite grains are subdivided into two groups according to its Fe content: 260–530 and 1100–5150 ppm. The Mn, Cd and In content are 4–43, 2000–3166, and 10–86.5 ppm, respectively. The Co, As, Bi, Mn, Pb, Sb, Se, Sn, Ru, Te and Au contents are below detection limit of the LA-ICP-MS.

Крупное Подольское медно-цинково-колчеданное месторождение уральского типа было открыто в 1971 г. [Прокин, 2010]. Месторождение локализовано в восточной части Бурибайского рудного района, в пределах Тубинско-Гайского пояса, расположенного в Западно-Магнитогорской зоне Южного Урала. Массивные и прожилково-вкрапленные рудные тела Подольского месторождения расположены на нескольких рудоносных уровнях. Главная залежь месторождения сложена массивными рудами пиритового, халькопирит-пиритового, сфалерит-халькопирит-пиритового и сфалерит-пиритового минеральных типов. Главные рудные минералы – пирит, халькопирит, сфалерит, второстепенные – теннантит, галенит, марказит, борнит, германит, рутил, ковеллин, гематит, магнетит, висмутин, пирротин, самородное золото. Нерудные минералы – кварц, барит, кальцит, хлорит, диксит, серицит, гипс, ангидрит [Прокин и др., 1979; Серавкин, Косарев, 1983; Косарев и др., 2017].

Сфалерит является основным цинксодержащим минералом руд. Он также является важным носителем широкого спектра попутных элементов-примесей. В ряде месторождений сфалерит может содержать значимые концентрации Cd, Ga, Ge, In и Ag [Cook et al., 2009]. Агрегаты сфалерита в рудах Подольского месторождения разнообразны как по размерам, так и по морфологии. Сфалерит встречается в виде тонких и сложных сростаний с рудообразующими сульфидами, в виде самостоятельных ксеноморфных зерен и их скоплений, а также образует прожилки. Обнаружена цинковая вкрапленная руда, сложенная преимущественно сфалеритом, который представлен отдельными относительно крупными зернами (1.0–1.5 мм) и их агрегатами. При микроскопическом изучении установлено, что зерна трещиноваты, границы зерен извилистые, местами зубчатые. Характерной особенностью сфалерита являются эмульсиевидные включения халькопирита, редко превышающие 1 мкм. Они разнообразны по формам и типам распределения. Распределение включений халькопирита часто носит закономерный характер – они образуют полосы, распределяющиеся

параллельно зонам роста, подчеркивая внутреннее строение кристаллов сфалерита. Наряду с зональным, в некоторых сфалеритовых зернах отмечается равномерное распределение мельчайших включений халькопирита.

Сфалерит из руд Подольского и Восточно-Подольского месторождений был изучен методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) в ЦКП ИГЕМ РАН на электронно-зондовом микроанализаторе JEOL JXA-8200, оснащенный пятью волновыми и одним энергодисперсионным кристаллами при ускоряющем напряжении 20 кВ, токе зонда 20 нА и диаметре пучка 1 мкм (аналитик Е.В. Ковальчук). Анализ проводился по профилям, проходящим через «чистые» и «зараженные» халькопиритом участки сфалерита, а также в зернах без эмульсиевидных включений халькопирита. Впервые сфалерит Подольского месторождения был также изучен методом ЛА-ИСП-МС в ЦКП ИГЕМ РАН по методике [Тонкачев и др., 2019] для определения содержаний и распределения Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, In, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ru, Te и Au.

По данным РСМА, содержание Fe в различных зернах сфалерита Подольского месторождения составляет 0.04–3.29 мас. % (в 90 % анализов не превышает 1 мас. %). Содержание Cu незначительное: в большей части анализов не превышает 1 мас. %. Содержание Cd варьирует от 0.03 до 0.5 мас. %. Содержание In не превышает 0.10 мас. % (предел обнаружения метода – 0.05 мас. %).

По данным ЛА-ИСП-МС, Fe также присутствует во всех проанализированных зернах сфалерита. По содержанию Fe определены две группы составов: 260–530 и 1100–5150 г/т. Содержание Mn в сфалерите колеблется от 4 до 43 г/т, что, в целом, характерно для природного сфалерита различных месторождений. Содержание Cd в сфалерите варьирует от 2000 до 3166 г/т, In – от 10 до 86.5 г/т. Серебро также обнаружено во всех исследованных образцах, но в незначительных количествах: его содержание в 90 % анализов не превышает 50 г/т. Содержания Co, As, Bi, Mn, Pb, Sb, Se, Sn, Ru, Te и Au находятся на пределе обнаружения метода LA-ICP-MS либо ниже его.

## Литература

*Косарев А.М., Серавкин И.Б., Шафигуллина Г.Т.* Субщелочной и известково-щелочной вулканизм раннеэйфельского возраста и связанное с ним колчеданное полиметаллическое оруденение в Магнитогорской мегазоне Южного Урала // Литосфера. 2017. Т. 17. № 3. С. 29–58.

*Прокин В.А.* Открытие медноколчеданных месторождений в Башкортостане // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академия наук Республики Башкортостан. 2010. № 15. С. 96–99.

*Прокин В.А., Болотин Ю.А., Шигарев В.Г., Исмагилов М.И.* Подольское медноколчеданное месторождение на Южном Урале // Геология рудных месторождений. 1979. Т. 21. № 5. С. 3–17.

*Серавкин И.Б., Косарев А.М.* Палеовулканическая история формирования Подольского рудного поля и месторождения (Южный Урал) // Геология рудных месторождений. 1983. Т. 25. № 5. С. 72–86.

*Тонкачев Д.Е., Чареев Д.А., Абрамова В.Д. и др.* Механизм вхождения Au в In-, Fe- и In-Fe-содержащие синтетические кристаллы сфалерита по данным РСМА и ЛА-ИСП-МС // Литосфера. 2019. Т. 19. № 1. С. 148–161.

*Cook N.J., Ciobanu C.L., Pring A. et al.* Trace and minor elements in sphalerite // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2009. Vol. 73. P. 4761–4791.