

Литература

Черных А. И. Металлогения Восточно-Таннуольского рудного района Алтае-Саянской складчатой области (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Сб. тезисов 2-й науч.-практ. конф. Новосибирск, 2015. С. 202–204.

Черных А. И., Ширококов А. Ю., Викторов М. В., Меркулов В. В., Лакутин А. О., Шелин М. А. Геологическое строение и условия локализации золотого оруденения Деспенской площади Восточно-Таннуольского района (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Сб. тезисов 2-й науч.-практич. конференции. Новосибирск, 2015. С. 204–206.

Черных А. И., Ветров Е. В., Пихутин Е. А. Геологическое строение и металлогения западной части Восточно-Таннуольского рудного района (Республика Тыва) на основе новых геохимических и изотопно-геохронологических данных // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 1–18.

А. А. Котов, К. Ю. Мурашов

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва
kotovaleksey@gmail.com*

Элементы-примеси в пирите и арсенопирите золоторудного месторождения Вернинское (Бодайбинский район)

Изучение распределения золота и элементов-примесей в главных рудных минералах позволяет проследить их поведение в рудном процессе. Элементы-примеси в пирите и арсенопирите золоторудного месторождения Вернинское слабо изучены. Большая часть работ, проводимых в данном направлении, посвящена месторождению Сухой Лог [Буряк, Хмелевская, 1997; Вилор и др., 2007; Large et al., 2007], расположенному в 12 км от месторождения Вернинское, и месторождениям Южно-Бодайбинской группы [Паленова и др., 2015]. При интерпретации результатов, полученных по Вернинскому месторождению, мы учли этапы рудообразования, предложенные в перечисленных работах.

В работе изучены пирит и арсенопирит из прожилково-вкрапленной минерализации рудных тел №№ 1 и 2 и образцы из жильной зоны Первенец, отобранные в карьере месторождения. Для выявления различий химического состава пирит и арсенопирит проанализированы микрозондовым методом и ЛА ИСП МС (ИГЕМ РАН, аналитик В. С. Абрамова).

В терригенных толщах как Вернинского, так и других месторождениях района распространен тонкозернистый пирит-1 (рис. а). Рудовмещающие породы не сопровождаются гидротермально-метасоматическими изменениями, что позволяет отнести тонкозернистый пирит к самой ранней генерации. По данным микрозондового анализа, пирит-1 содержит до 0.5 мас. % As и 0.2 мас. % Ni. Методом ЛА ИСП МС в нем

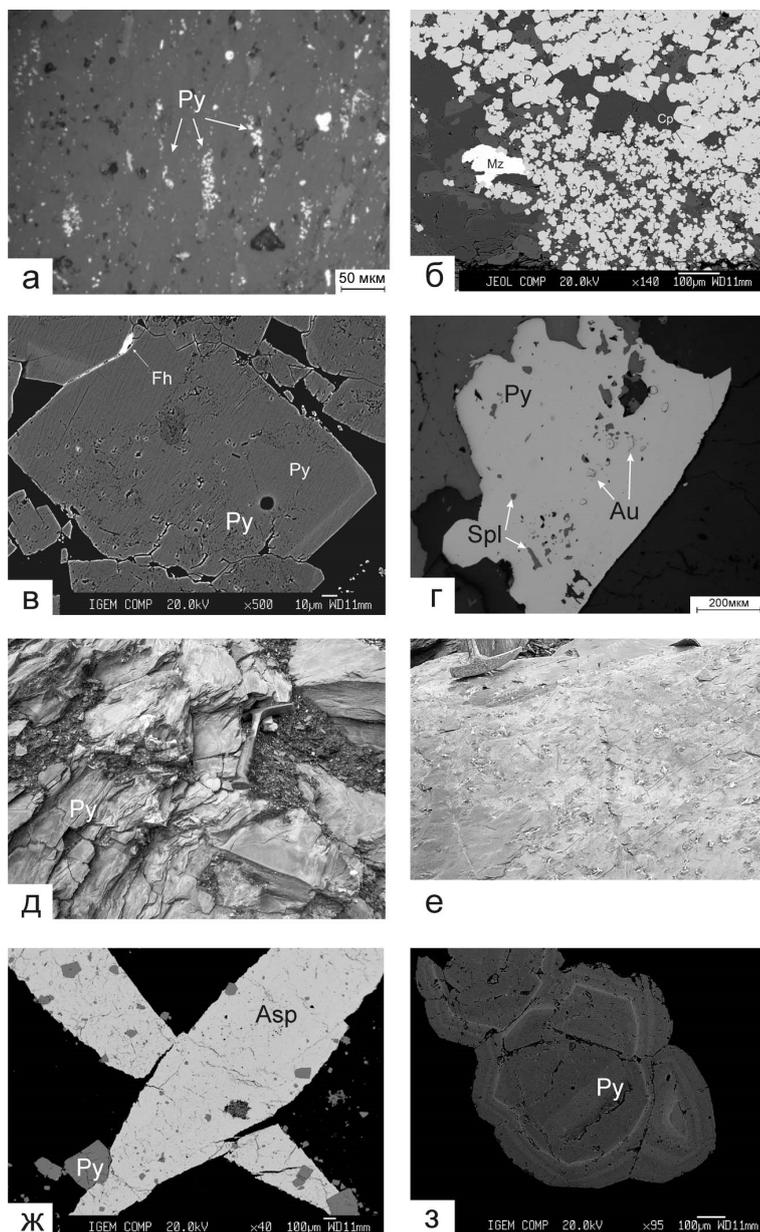


Рис. Морфология пирита и арсенопирита золоторудного месторождения Вернинское.

а) скопления тонкозернистого пирита-1 (Py); б) тонкозернистый пирит-2 с включениями халькопирита (Cp) и зерном монацита (Mz); в) зональный кристалл пирита-3 с включением блеклой руды (Fh); г) зерно пирита-4 с включениями золота (Au) и сфалерита (Spl); д) гигантские кристаллы пирита-5 с кварцем в расланцованной породе; е) вкрапленные арсенопиритовые руды, сложенные крестоподобными агрегатами крупных кристаллов арсенопирита; ж) игольчатые кристаллы арсенопирита (Asp); з) пентагон-додекаэдрические зерна пирита.

установлены высокие содержания Au (до 7.9 г/т), Co и Ni. Определение содержаний других элементов-примесей сопровождается трудностями, связанными с малыми размерами пирита (до 20 мкм).

Тонкозернистый пирит-2, образующий секущие линзовидные, согласные плосчатые и овоидальные скопления, возможно, образован в результате регионального метаморфизма. В пирите-2 можно встретить включения халькопирита, а также монацит (рис. б). Скопления пирита-2, по данным микрозондового анализа, отличаются от пирита-1 пониженным содержанием As (до 0.12 мас. %) и отсутствием Ni. По данным ЛА ИСП МС пирит-2 характеризуется более низкими содержаниями Au (0.16–1.8 г/т), Co (до 54 г/т) и Ni (до 460 г/т).

Агрегаты пирита, встречающиеся в толщах в виде отдельных идиоморфных кристаллов (от 0.1 до 5 мм) и не образующие скопления, относятся к более поздней генерации (рис. в). В агрегатах пирита-3 в пределах рудных тел часто присутствуют вкрапленники халькопирита, галенита, сфалерита и блеклых руд. По данным микрозондового анализа, содержания As в пирите-3 ниже пределов обнаружения. Однако в зональных кристаллах содержания As достигают 0.39 мас. %, также отмечаются Co (до 0.08 мас. %) и Ni (до 0.1 мас. %). Данная генерация отличается от первых двух повышенным содержанием Sb (241–1560 г/т) и низкими – Co, Ni и Cu. Содержания Au в одном анализе составляют 3.15 г/т.

Часто крупные (от 0.5 до 2 см) идиоморфные кристаллы пирита имеют сложное внутреннее строение и приурочены к кварцевым прожилкам. Идиоморфные кристаллы пирита-4 относятся к продуктивной рудной ассоциации, т.к. в пиритах этой генерации часто присутствуют включения золота, а также халькопирита, сфалерита, галенита, блеклой руды и др. (рис. г). Кристаллы пирита-4 окружены кварцем с тенями давления. Пирит-4 отличается более высокими содержаниями Ni (57–160 г/т), чем пирит-3, но более низкими относительно пирита-1 и -2.

Гигантские кристаллические агрегаты пирита-5 (от 2 см) в песчаниках имеют идиоморфную форму, а в сланцах образуют гнезда до 15 см. Кристаллы пирита-5 образуют скопления размером до 15 см (рис. д). Наложенное золото в пирите ассоциирует со сфалеритом, халькопиритом, реже галенитом. Пирит-5 часто имеет зональное строение, которое фиксируется вариациями содержаний As и Co в центре кристаллов и по краям.

Крупные кристаллы арсенопирита, часто образующие гнездовые скопления, нарастают на пириты ранних генераций. Вкрапленные руды со звездчатыми агрегатами арсенопирита (от 2 до 5 см) являются наиболее продуктивными на месторождении и отличаются почти полным отсутствием пирита. На нижних горизонтах (~200 м) месторождения, вскрытых карьером, рудная минерализация представлена исключительно арсенопиритом. Арсенопирит наблюдается в виде крупных (до 8 см) кристаллических агрегатов (рис. е) и звездчатых сростаний (рис. ж). По содержаниям элементов-примесей в этом арсенопирите отличия не обнаружены, однако следует отметить высокие содержания Au (до 11.9 г/т). В составе арсенопирита также присутствуют (г/т) Se (до 140), Ni (до 360), Cu (до 330) и Ag (от 4 до 33).

Жильная минерализация на месторождении выделяется в отдельную зону Первенец (ранее известное как самостоятельное жильное месторождение Первенец). В этих жилах выделяются гнездовые скопления самородного золота и пентагон-додекаэдрического пирита самой поздней генерации (рис. з). В этом пирите установлена ростовая зональность с зонами, обогащенными As. Встречается пирит с гнездо-

выми скоплениями самородного золота. Золото представлено округлыми зернами размерами до первых миллиметров или тонкими пленками в зальбандах жил. Золото высокопробное (Ag от 9 до 12 мас. %). Золото в ранних генерациях пирита и арсенопирита содержит Fe (0.14–1.01 мас. %) и Ag (менее 4.44 мас. %).

Таким образом, распределение элементов-примесей в рудах месторождения Вернинское подтверждает его сложную историю формирования. Состав пирита-1 отличается от пирита-2 накоплением As, Co, Ni и Au. В пирите-3 установлены повышенные содержания Sb. В пирите-4 и -5 накапливаются Co, Cr, Ni, Cu, а также Au (0.73 мас. %, в среднем, в каждой разновидности). Арсенопирит представлен двумя генерациями без особых отличий в составе. Самая поздняя генерация пирита в минерализованной зоне Первенец отличается пентагон-додекаэдрической формой кристаллов с ростовой зональностью, которая связана с присутствием насыщенных As или, наоборот, обедненных им зон.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-01167.

Литература

Буряк В. А., Хмелевская Н. М. Сухой Лог – одно из крупнейших золоторудных месторождений мира. Владивосток: Дальнаука, 1997. 157 с.

Вилор Н. В., Кажарская М. Г., Чупарина Е. В., Коткин В. В., Дейс С. Ю. Распределение концентраций золота в месторождениях Бодайбинского рудного района // Руды и металлы. 2007. № 1. С. 34–43.

Паленова Е. Е., Белогуб Е. В., Плотинская О. Ю. и др. Эволюция состава пирита на золоторудных месторождениях Копыловское и Кавказ в черносланцевых толщах (Бодайбинский район, Россия) по данным РСМА и ЛА-ИСП-МС // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 1. С. 71–92.

Large R. R., Maslennikov V. V., Robert F. et al. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoi Log Deposit, Lena gold province, Russia // Economic Geology. 2007. Vol. 102. P. 1233–1267.

А. Е. Будяк¹, Ю. И. Тарасова¹, А. В. Чугаев²

*¹ – Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск
Budyak@igc.irk.ru*

*² – Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии, г. Москва*

Структурная и геохимическая характеристика месторождение Красное (Байкало-Патомское нагорье)

Золоторудное месторождение Красное расположено в северной части Бодайбинской синклинали, являющейся частью Бодайбинского синклинория, который, в свою очередь, территориально вписывается в контуры Байкало-Патомского нагорья (БПН). В геотектоническом отношении БПН рассматривается геологами в качестве рифтогенного прогиба, возникшего на пассивной окраине Сибирского континента в неопротерозое [Буряк, 1982; Богданов, Полякова, 2003]. На относительном