

Невидимое золото в пиритах и арсенопиритах месторождения Вернинское (Северное Забайкалье)

© А. А. Котов

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, Россия. E-mail: kotovaleksey@gmail.com

Сульфидная минерализация представлена, в основном, пиритом и арсенопиритом. В парагенезисе с ними в значительно меньшем количестве встречается халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды и другие минералы. Для выявления различий по химическому составу, в пиритах и арсенопиритах месторождения был проведен микрозондовый количественный анализ, а для оценки распределения невидимого золота в последовательных генерациях этих рудных минералов был использован метод LA-ICP-MS.

Ключевые слова: Вернинское; невидимое золото; сульфидные руды; LA-ICP-MS; Северное Забайкалье.

Invisible gold in pyrite and arsenopyrite of the Verninskoye deposit (Northern Transbaikalia)

A. A. Kotov

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS, Moscow, Russia.
E-mail: kotovaleksey@gmail.com

Sulphide mineralization is represented by pyrite and arsenopyrite. In paragenesis with them, chalcopyrite, sphalerite, galena, faded ores and other minerals are found in a much smaller amount. A microprobe quantitative analysis was carried out to determine the differences in chemical composition, in pyrites and arsenopyrite deposits, and the LA-ICP-MS method was used to estimate the distribution of invisible gold in successive generations of these ore minerals.

Keywords: Verninskoye; invisible gold; sulphides; LA-ICP-MS; Northern Transbaikalia.

Изучение формы нахождения и распределения золота в главных рудных минералах позволяют проследить поведение золота в рудных процессах. Распределение золота в золоторудных пиритах и арсенопиритов месторождения Вернинское малоизучены. Большая часть работ проводимых в данном направлении была посвящена месторождению Сухой Лог [1, 2, 3], расположенному в 12 км от месторождения Вернинское, и месторождениям Южно Бодайбинской группы [4]. Предложенные в перечисленных работах этапы рудообразования, мы учитывали при интерпретации результатов по Вернинскому месторождению.

Основной тип руд на месторождении прожилково-вкрапленный с основной пирит-арсенопиритовой минерализацией, представленной в рудных телах №1, №2, и жильный, представленный зоной Первенец. Проведенные детальные исследования текстур и минерального состава руд месторождения Вернинское показали многоэтапность его формирования. Было установлено, что форма нахождения тонкозернистого пирита, позволяют считать его наиболее ранним среди сульфидных выделений. Скопления тонкозернистого пирита, образующие линзовидные секущие, полосчатые согласные и овоидальные скопления, возможно образованы в результате регионального метаморфизма. Агрегаты пирита, встречающиеся в толщах в виде отдельных идиоморфных кристаллов (от 0,1 мм до 5 мм), не образующих скопления, относятся к более поздней генерации нежели две ранее описанные. Идиоморфные крупные (от 0,5 до 2 см) кристаллы пирита, имеют сложное внутреннее строение, и приурочены к кварцевым прожилкам. Гигантские кристаллы-агрегаты пирита (от 2 см), приурочены к песчаникам, имеют идиоморфную форму, а приуроченные к сланцам образуют гнездовидные агрегаты (до 15 см). Крупные кристаллы арсенопирита, часто образующие гнездовые скопления, нарастают на пириты ранних генераций. Вкрапленные руды, с звездчатыми агрегатами арсенопирита (от 2 до 5 см), являются наиболее продуктивными на месторождении и отличаются почти полным отсутствием в них пиритов. Отдельного внимания заслуживает жильная минерализация на месторождении, которая выделяется в отдельную минерализованную зону Первенец. В ней выделяются существенные гнездовые скопления самородного золота и пентагон-додэкаэдрического пирита, относящегося к последней генерации пирита на месторождении.

Выше сказанное свидетельствует о сложной, многоэтапной истории формирования месторождения. Для изучения распределения невидимого золота в пиритах и арсенопиритах месторождения был проведен количественный анализ, был использован метод LA-ICP-MS (ИГЕМ, аналитик Абрамова В. Д.).

В терригенных толщах района, как и на Вернинском, так и на других месторождениях района распространены тонкозернистые пириты (первый км), а вмещающие их породы не сопровождается гидротермально-метасоматическими изменениями, что позволяет нам отнести его к самой ранней генерации (py-1). По данным количественного анализа полученного методом LA-ICP-MS в данном пирите были установлены высокие содержания золота (до 7,9 г\т). Даная генерация пирита отличается высоким содержанием золота (рис. 1а).

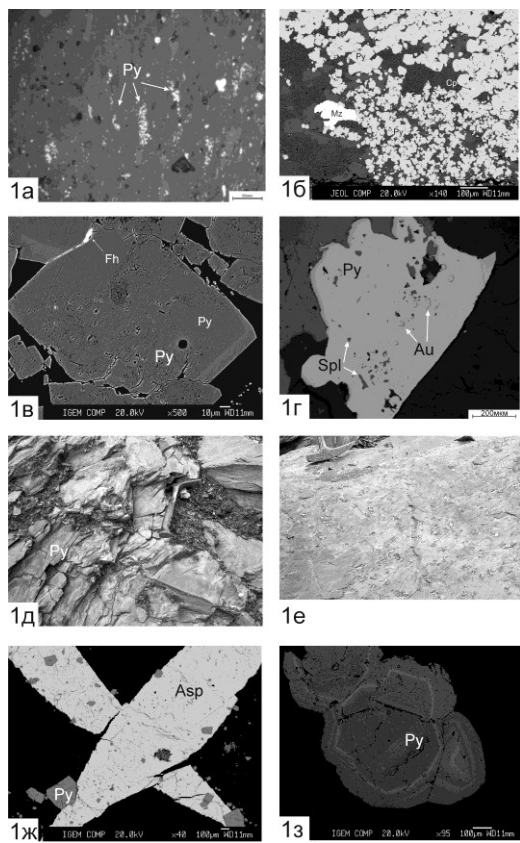


Рис.1. Морфология золоторудных пиритов и арсенопиритов месторождения Вернинское. а — скопления тонкодисперсного пирита (py-1) (Py — пирит); б — скопления тонкозернистого пирита (py-2) с включениями халькопирита (Cp) и зерном монацита (Mz); в — скопление идиоморфных кристаллов пирита (py-3) с включением блеклой руды (Fh); г — зерно пирита (py-4) с включениями золота (Au) и сфалерита (Spl); д — гнездо агрегата гигантских кристаллов пирита (py-5) с кварцем; е — вкрапленные арсенопиритовые руды, сложенные крестоподобными агрегатами крупных кристаллов арсенопирита; ж — игольчатые кристаллы арсенопирита (Asp); з — пентагон-додэкаэдрические зерна пирита.

Тонкозернистый пирит образующий более крупные скопления (py-2) отличается от py-1 более низкими содержаниями Au (0,16 — 1,8 г\т). Среди пирита можно встретить халькопирит, из рудных, а также моноцит (рис. 1б).

Встречающиеся в толщах, чаще всего за пределами рудных тел, идиоморфные кристаллы пиритов (py-3) размером в несколько миллиметров, редко образуют скопления (рис. 1в). В агрегатах, сложенных py-3, в пределах рудных тел, часто присутствует вкрапленность других рудных минералов, халькопирита, галенита, сфалерита и блеклых руд. Золото в одной пробе показало 3,15г\т, однако в основном, в пиритах данной генерации,

по данным LA-ICP-MS, в пределах обнаружения золото не фиксируется.

Более крупная разновидность (py-4) идиоморфных кристаллов пиритов (от 2 до 5 см) всегда сопровождается кварцевыми теньями давления (рис. 1г), либо расположены в пределах кварцевых прожилков, относится к продуктивной рудной ассоциации, т.к. в пиритах этой генерации часто присутствуют включения золота, а также халькопирита, сфалерита, галенита, блеклой руды [и др.] Крупные кристаллы пирита (py-5), часто образующие скопления (до 15см), имеют сложное внутреннее строение (рис. 1д). В позднем пирите имеет место наложенное золото, ассоциирующее со сфалеритом, халькопиритом, реже галенитом. Пириты данной генерации часто имеют зональное строение, которое фиксируется разными содержаниями As и Co в центре кристалла и на краю.

На нижних вскрытых горизонтах карьера (~200м) месторождения Вернинское рудная минерализация представлена исключительно арсенопиритом. Арсенопирит наблюдается в виде крупных кристаллов-агрегатов (до 8см) (рис. 1е) и тонко-игольчатыми кристаллами (рис. 1ж), часто образующими крестоподобные сростки. Во всех арсенопиритах месторождения присутствует Au (до 11,9 г\т.). Однородность арсенопиритов месторождения может свидетельствовать об схожести условий их образования.

К наиболее поздней стадии рудной минерализации, относятся агрегаты пентагон-додэкаэдрического пирита, который встречается только в жильной зоне Первенец (рис. 1з). Встречается данный пирит с гнездовыми скоплениями самородного золота, а форма его нахождения позволяет отнести его к завершающей стадии. В исследованных образцах обнаружена ростовая зональность, связанная с зонами обогащенными As (рис. 1ж).

Золото, образующее гнездовые скопления в жильной зоне Первенец, представлено округлыми зернами размерами до первых миллиметров, и, в виде тонких пленок, в зальбандах жил. Золото высокопробное, содержит Ag от 9 до 12 мас.%, однако золото из включений в пиритах и арсенопиритах, содержит от 0,14 до 1,01 мас.% Fe и менее 4,44 мас.% Ag со средним содержанием Au 95,45 мас.%.

Распределения золота в рудах месторождения Вернинское подтверждает сложную историю формирования месторождения. Как видно, состав ру-1 отличается от ру-2, повышенным содержанием Au. По отношению к ру-3, химический состав ру-4 и ру-5 отличается повышенным содержанием Au (0,73 мас.%, в среднем в каждом). Арсенопиритовая минерализация представлена двумя генерациями, однако в них не обнаружены отличия по составу и распределению золота. Самая поздняя генерация пирита, представленная в минерализованной зоне Первенец, относится к завершающей стадии, и отличается пентагон-додэкаэдрической формой кристаллов, с четко проявленной в отраженных электронах ростовой зональностью, связанной с зонами насыщенными мышьяком и обедненными им.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» по договору № 09/2018/РГО-РФФИ.

Литература

1. Буряк В. А., Хмелевская Н. М. Сухой Лог — одно из крупнейших золоторудных месторождений мира. Владивосток: Дальнаука, 1997. 157 с.
2. Распределение концентраций золота в месторождениях Бодайбинского рудного района / Н. В. Вилор [и др.] // Руды и металлы. 2007. № 1. С. 34–43.
3. Эволюция состава пирита на золоторудных месторождениях Копыловское и Кавказ в черносланцевых толщах (Бодайбинский район, Россия) по данным СРМА и ЛА-ИСП-МС / Е. Е. Паленова [и др.] // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 1. С. 71–92.
4. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoi Log Deposit, Lena gold province, Russia / R. R. Large [et al.] // Econ. Geol. 2007. V. 102. P. 1233–1267.

Котов Алексей Александрович, младший научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва.