

ТОНКОДИСПЕРСНОЕ ЗОЛОТО В РУДАХ НЕКОТОРЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОПОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ И ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

© 2011 г. Ш.О. Амирян*, П.Г. Алоян**, Ф. М. Маладжикян**

**Институт геологических наук НАН РА.*

0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24-а, Республика Армения,

***ООО «Геойд», 009, Ереван, пр. Маштоца, 43/14, Республика Армения,*

e-mail: geoidpetros@mail.ru.

Поступила в редакцию 21.03.2011г.

Рассматривается наличие тонкодисперсного и более мелкого самородного золота в рудах месторождений золотополиметаллической формации Армении, что открывает новые возможности полного его извлечения из разведанных запасов и совершенствования технологических схем переработки руды на Соткском, Меградзорском, Азатекском и других золотосодержащих месторождениях без существенных потерь учтенного золота.

Будущее золоторудной промышленности связано с промышленным освоением ресурсов тонкодисперсного золота. Вовлечение в сферу промышленного использования тонкодисперсного и наноразмерного золота стало возможным благодаря широкому применению прецизионных методов, которые сегодня переходят в разряд массовых аналитических и контрольно-измерительных методов тонкодисперсных объектов. К их числу относятся методы аналитической электронной микроскопии, которые позволяют получать как высококачественное изображение исследуемого объекта, так и информацию об особенностях его строения, минерального и элементного состава. На современном этапе развития горно-рудной промышленности Армении для внедрения этого технологического направления необходима научно-техническая программа перевооружения системы рудообработки и технологических схем переработки руд по примеру США и РФ.

Отметим, что Ш.О. Амирян в своих многочисленных публикациях неоднократно указывал на преобладание тонкодисперсного золота над видимым в рудах (минералах-носителях) золотосодержащих и золоторудных месторождений различных формаций (Амирян, 1972). Однако эти теоретические выводы не были глубоко осмыслены рудничными геологами и не имели технологического и практического выхода и остались невостребованными, т.к. в период экстенсивного освоения ресурсов электронно-микроскопические исследования по морфометрии, размерности и количественному соотношению видимого и невидимого золота в товарной рудной массе, к сожалению, не проводились, и перед армянскими геологами такая проблема не ставилась. К тому же, до сих пор не акцентируется технологическое значение тонкодисперсного золота не только при разведке и подсчете запасов, что может скорректировать схему

товарной рудоподготовки, но и при технологической переработке руд, что поможет избежать неоправданных потерь ценного металла (Алоян и др., 2008; Сазонов и др., 2008; Секисов, 2009).

В настоящей статье рассматриваются вопросы наличия тонкодисперсного самородного золота в рудах месторождений золотополиметаллической формации, что открывает новые возможности по полному извлечению золота из разведанных запасов и совершенствованию технологических схем переработки действующих и проектируемых горнорудных предприятий на примере Соткского, Меградзорского, Азатекского месторождений. Это объясняется тем, что для большинства полиметаллических месторождений подобных исследований не проводилось.

Настоящая работа является одной из первых попыток исследования тонкодисперсных и более мелких включений самородного золота на электронно-микроскопическом уровне в рудных минералах золотополиметаллических месторождений Армении.

Размеры и формы выделений самородного золота различны. Большая часть самородного золота в породах и рудах сульфидных месторождений, в особенности в зонах окисления и вторичного обогащения, представляющая промышленный интерес, представлена мельчайшими частицами, видимыми только под электронным микроскопом при больших увеличениях (до 7000-10000 раз). По крупности частиц золота выделяются: видимое ($>0,1$ мм), тонкодисперсное ($0,1$ мм- 1 мкм), коллоидно-дисперсное и субмикроскопическое ($0,1$ - $0,01$ мкм) и наноразмерное (10^{-3} мкм).

В современных технологических исследованиях по обогащению золотоносных руд особое внимание уделяется размерам частиц самородного золота, т.к. этим параметром обусловлены режим дробления и размер помола рудной массы с целью полного вскрытия агрегатов золота, а также металлургия получения чистого металла при максимальных извлечениях (94-96%). Следует учесть, что в традиционных технологических схемах (гравитация+ флотация) в большинстве случаев тонкодисперсное самородное золото не только не извлекается, но и не вскрывается. Некоторая часть этого золота извлекается при цианировании хвостов обогащения (или гравитации). Однако отсутствие данных о наличии тонкодисперсного самородного золота в рудах золотополиметаллической формации делает процесс цианирования малопродуктивным. Для решения проблемы необходимо проведение детальных минералогических и электронно-микроскопических исследований на различных стадиях разведки, добычи и переработки руды. Отсутствие количественных данных по соотношению видимого и тонкодисперсного золота при эксплуатации объекта приводит, с одной стороны, к значительным потерям, а с другой – к существенным расхождениям данных разведки (когда содержание золота определяется пробирным анализом, т.е. плавкой) и эксплуатации (когда ведется обратный расчет содержания золота в руде от концентрата, где тонкодисперсное самородное золото своего долевого участия почти не имеет). Для выявления и полного извлечения тонкодисперсного золота обычно

используют многоступенчатые схемы пробоподготовки. В США аналитические лаборатории используют мощное электромагнитное излучение в СВЧ-диапазоне, взрывное или плазмохимическое воздействие смеси азотной, соляной и плавиковой кислот, озон и сопутствующие ему активные соединения кислорода и водорода. В России минеральная масса обрабатывается мощным электромагнитным импульсом высокоэнергетичными электронами.

Следует учесть, что не всегда удастся извлекать тонкодисперсное и субмикроскопическое золото из колчеданных и полиметаллических руд, в особенности если концентратом является пирит, даже при максимальном дроблении руды. Бывают также случаи, когда содержание золота в пробах достигает 150-500 – 800 г/т, но под микроскопом при максимальных увеличениях оно не обнаруживается; они (агрегаты золота) появляются после неоднократного нагрева (до 5-6 раз) шлифов. Таких примеров много, и в литературе они описаны. Наиболее характерные примеры описаны С.К. Шабориным и И.Н. Плаксиным (Ленинское и Дарасунское месторождения), Бруно Гейером (штокверковые сульфидные месторождения Чучунко и Чивато в Чили), Ф. Гофманом (месторождение Титириби в Колумбии). В этих случаях рекомендуется предварительный обжиг при температурах 330-800°C в зависимости от формы и размеров тонкодисперсного самородного золота в пирите, хотя в практике имеются случаи, когда в процессе нагревания золото не укрупнялось и технологически не извлекалось (Крейтер и др., 1958). Характерны в этом отношении результаты экспериментальных исследований. При нагревании самородного золота при температуре 100°C и выше отмечалось образование в зернах золота более мелкозернистых гранулированных агрегатов. При температуре до 400-600°C преобладают процессы укрупнения, слияния тонкодисперсных золотинок, а при более высоких температурах агрегаты золота начинают дезинтегрироваться, т.е. отделяться друг от друга и рассеиваться. Установлено, что для укрупнения золота в пирите наиболее благоприятны температуры 350-450°C, а в арсенопирите – 400-500°C, но перераспределение золота в кристаллах этих минералов может происходить и при 250-300°C (Масляницкий, 1998). Установлено, что тонкодисперсное золото, связанное с остаточными органическими соединениями, обладает повышенной летучестью и потому не выявляется при проведении аналитических работ и теряется при обжиге и плавке (Секисов, 2009).

Считается, что дисперсное золото находится в металлическом состоянии. В скоплениях субмикроскопических золотинок других минералов, присущих выделениям самородного золота, пока, кроме серебра, не обнаружено, даже сурьмы и теллура, наиболее часто образующих с золотом природные соединения. Исследованиями А.М. Гаврилова, А.Г. Каймирасова и Н.В. Петровской с соавторами удалось выяснить, что крайне мала возможность вхождения атомов золота в кристаллическую решетку сульфидов железа (пирита) и мышьяка (арсенопирита), широко

распространенных в золотых рудах и часто концентрирующих невидимое золото (Николаева, 1990; Гаврилов и др., 1974, 1982; Каймирасов, 1974; Петровская, Фролова, 1969). К такому заключению пришел также А.А. Иванов, изучивший под электронным микроскопом образцы природного и синтетического золотосодержащего пирита при увеличениях $\times 7000$ (Иванов, 1956). Золото в пирите занимает вакансии в решетке минерала, а не замещает в нем железо. Экспериментальные исследования показали, что золото изоморфно входит в пирротин, галенит, халькопирит и борнит и не входит в пирит и сфалерит, и доказано наличие золота в пирите в форме собственных сульфидов (Сазонов и др., 2008).

Дисперсная (тонкозернистая) форма нахождения золота в минеральном веществе обусловлена существованием связей как с отдельными элементами основной минеральной матрицы, так и с изоморфными включениями и структурными внедрениями, т.е. основным геохимическим отличием дисперсного золота является его многоэлементная (многоканальная), а не моноэлементная связь в минерале-носителе, чем и определяется многообразие форм дисперсного золота в минеральной матрице и, как следствие, трудное извлечение (в отличие от форм с одноэлементными связями) (Секисов, 2009).

Таким образом, качественные показатели о формах и размерах нахождения и количественные данные о соотношении видимого и тонкодисперсного самородного золота в перерабатываемой руде являются технологической необходимостью во избежание потерь при освоении золоторудных и, в особенности, золотополиметаллических (сульфидных) руд.

Десятилетиями руды Соткского (ранее Зодского) и Меградзорского золотополиметаллических месторождений перерабатывались в совместной шихте (а иногда и в шихте с привозными казахскими рудами) в основном по укороченной схеме, редко подключалось цианирование хвостов обогащения. Известны скандальные споры с административными и партийными санкциями против геологов в связи с неподтверждением запасов и содержаний золота по результатам деятельности Араратской золотоизвлекательной фабрики. Оценка хвостов АрЗИФ показала, что среднее содержание золота в них намного превышает 1 г/т . Это результат не только технологических потерь, но здесь “кроется” также и доля дисперсного золота, т.е. формационного. При эксплуатации объектов не имелось детальных электронно-микроскопических данных о наличии тонкодисперсного самородного золота в полиметаллических рудах Сотка и Меградзора, которые в единой шихте перерабатывались не как полиметаллические, а как золотосульфидные.

Проведенные электронно-микроскопические исследования подтверждают вышесказанное предположение о наличии тонкодисперсного самородного золота в полиметаллических рудах эксплуатируемых (Соткского и Меградзорского) и подготовленного к промышленному освоению (Азатекского) месторождений.

На Соткском месторождении отобраны образцы из трех минералого-

технологических разновидностей руд: золотосурьмяной (антимонитовой), золотополиметаллической (халькопирит-галенит-сфалеритовой) и золото-мышьяковой с арсенопиритом (пирит-арсенопиритовой).

Золотосурьмяная разновидность руд характеризуется преимущественным содержанием антимонита и сульфосолей (до 50%), а в отдельных случаях доля антимонита доходит до 40%. Основными золотосодержащими минералами являются пирит и арсенопирит, которые и подверглись электронно-микроскопическим исследованиям. Образцы отбирались из эксплуатационного блока 5/11 рудного тела 1. Размеры видимого самородного золота колеблются от 3 до 100 мкм. Формы золотинок неправильные. В пиритах золотинок имеют изометричные округлые, почковидные формы, редко бесформенные, удлинённые (рис. 1.1). Размеры микровключений сильно варьируют в пределах 1-0,05 мкм; фактически это тонкодисперсное и более мелкое коллоидно-дисперсное самородное золото. Микровыделения золота часто образуют скопления в "облаках" кристаллов, где плотность микровключений $5 \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$, а размер самих "облаков" – 20-30 мкм. Относительно крупные из них по размеру обычно приурочены к микротрещинкам, микропорам и дефектам кристаллической решетки минерала-носителя. Почти аналогичная картина форм и распределения микровключений золота наблюдается в кристаллах арсенопирита (рис. 1.5)

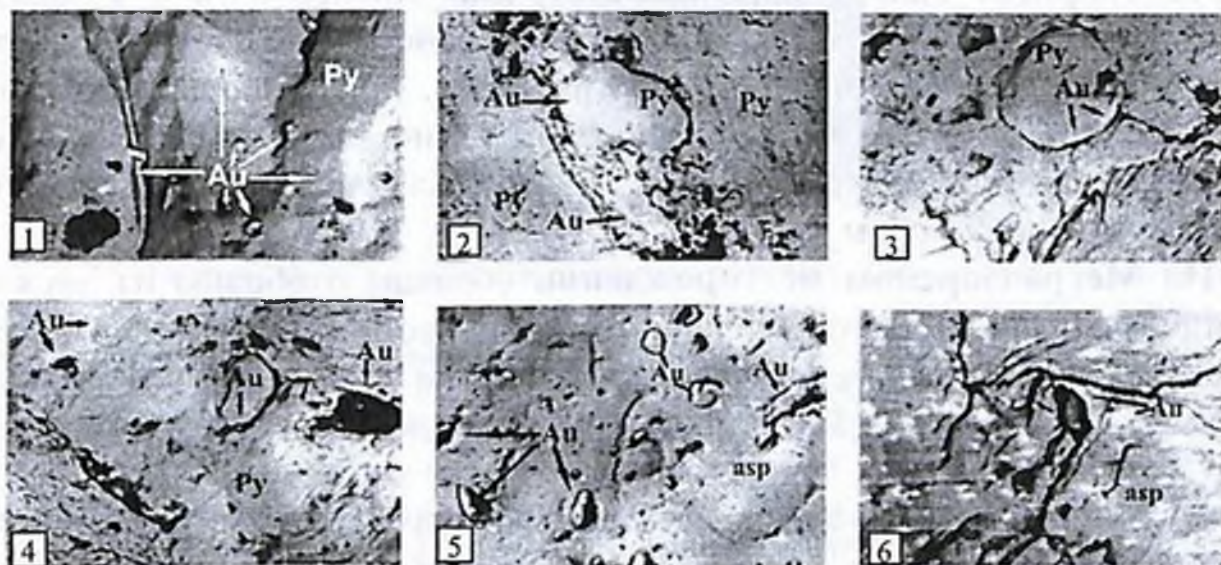


Рис. 1. Сотк. Микровключения самородного золота в кристаллах пирита и арсенопирита в различных разновидностях руд.

Золото в кристаллах пирита. Золотосурьмяная (антимонитовая) разновидность руд: 1 – микровключения самородного золота (Au) в кристаллах пирита (Py), ув. x7000; *Золотополиметаллическая разновидность руд:* 2 – выделения золота (Au) в трещинах кристалла пирита (Py), ув. x7000. *Золотомышьяковая с арсенопиритом (арсенопиритовая) разновидность руд:* 3-4 – микровключения золота (Au) в пиритах (Py), ув. x5000. *Золото в кристаллах арсенопирита:* 5 – микровключения золота (Au) в "облаках" кристалла арсенопирита (asp), ув. x7000. *Золотомышьяковая пирит-арсенопиритовая разновидность руд:* 6 – микровключения золота (Au) в арсенопирите (asp), ув. x5000.

Золотополиметаллическая разновидность руд характеризуется резким преобладанием пирита и почти равным соотношением халько-

пирита, галенита и сфалерита (15-20%). Редко наблюдаются буланжерит, антимонит и арсенопирит. Образцы отбирались из эксплуатационного блока 5/43 рудных тел 4 и 39. В *пиритах* микровключения тонкодисперсного самородного золота весьма редки, но относительно крупны по размерам (2-5 мкм). Они имеют округлые и каплевидные формы, между ними наблюдаются более мелкие выделения (рис. 1, 2).

Золотомышьяковая разновидность руд характеризуется резким преобладанием пирита и арсенопирита при соотношении 2:1 – 1:3. В *пиритах* обнаружены самородные микровключения золота классической формы – круглые, изометричные. Размеры микровключений – от доли микрометра до 5-6 мкм, т.е. это тонкодисперсное и субмикроскопическое самородное золото. Они равномерно распределены в кристаллах минерала-носителя (рис. 1.3, 1.4). В кристаллах *арсенопирита* количество микровключений золота относительно небольшое, но форма выделений также изометричная, и распределены они в минерале-носителе сравнительно равномерно (рис. 1.6).

Таким образом, минералого-технологические разновидности руд Соткского месторождения характеризуются наличием тонкодисперсного золота размерами до 5-6 мкм преимущественно в пиритах золотополиметаллической разновидности, а в золотосурьмяной и золотомышьяковой (с арсенопиритом) разновидностях размеры самородного золота в пиритах и арсенопиритах сильно варьируют от тонкодисперсного (~1 мкм) до субмикроскопического и коллоидно-дисперсного (~0,05 мкм). Форма выделения золотинок изометричная, округлая, почковидная, бесформенная и удлинённая, они часты в “облаках” кристаллов пирита и арсенопирита, а также приурочены к дефектам кристаллической решетки, микротрещинам и микропорам.

На Меградзорском месторождении образцы отобраны из двух разновидностей руд: золотоколчеданной (пиритовой) и золотополиметаллической. Образцы рудных минералов в основном отобраны из рудного тела 5 (шт. NN 57, 66 и 52). Изучены пирит, сфалерит, галенит и хальконит (рис. 2).

1. Золотоколчеданная разновидность руд. В кристаллах *пирита* дисперсное самородное золото встречается в двух резко выраженных генетических типах. Первый генетический тип образовался в объемной массе кристалла-носителя и, по всей вероятности, отлагался одновременно с кристаллизацией пирита (рис. 2.1); а второй – отлагался в микротрещинах (рис. 2.2), а также между границами кристаллов и осколков пирита или в виде микровключений в других минералах, заполняющих межкристаллические (межосколочные) пространства, либо золото отлагалось отдельно в виде бесформенных выделений (рис. 2.6-2.7). В объемной массе кристаллов пирита самородное золото представлено как в изометричных формах, так и со слабо развитой ограниченностью мульткристаллов пентагональной формы с размерами микровыделений 0,1-0,2 мкм – фактически субмикроскопическим самородным золотом. Часто мик-

ровыделения самородного золота формируют изолированные скопления. Второй генетический тип микровключений самородного золота связан с более поздними стадиями и отлагался в микротрещинах и микропорах пирита или в микрокристаллических пустотах. На рис. 2.3 видно, как в межкристаллическом пространстве пиритов образовались натечные формы халькопирита, в которых отлагались микровключения золота изометричных форм.

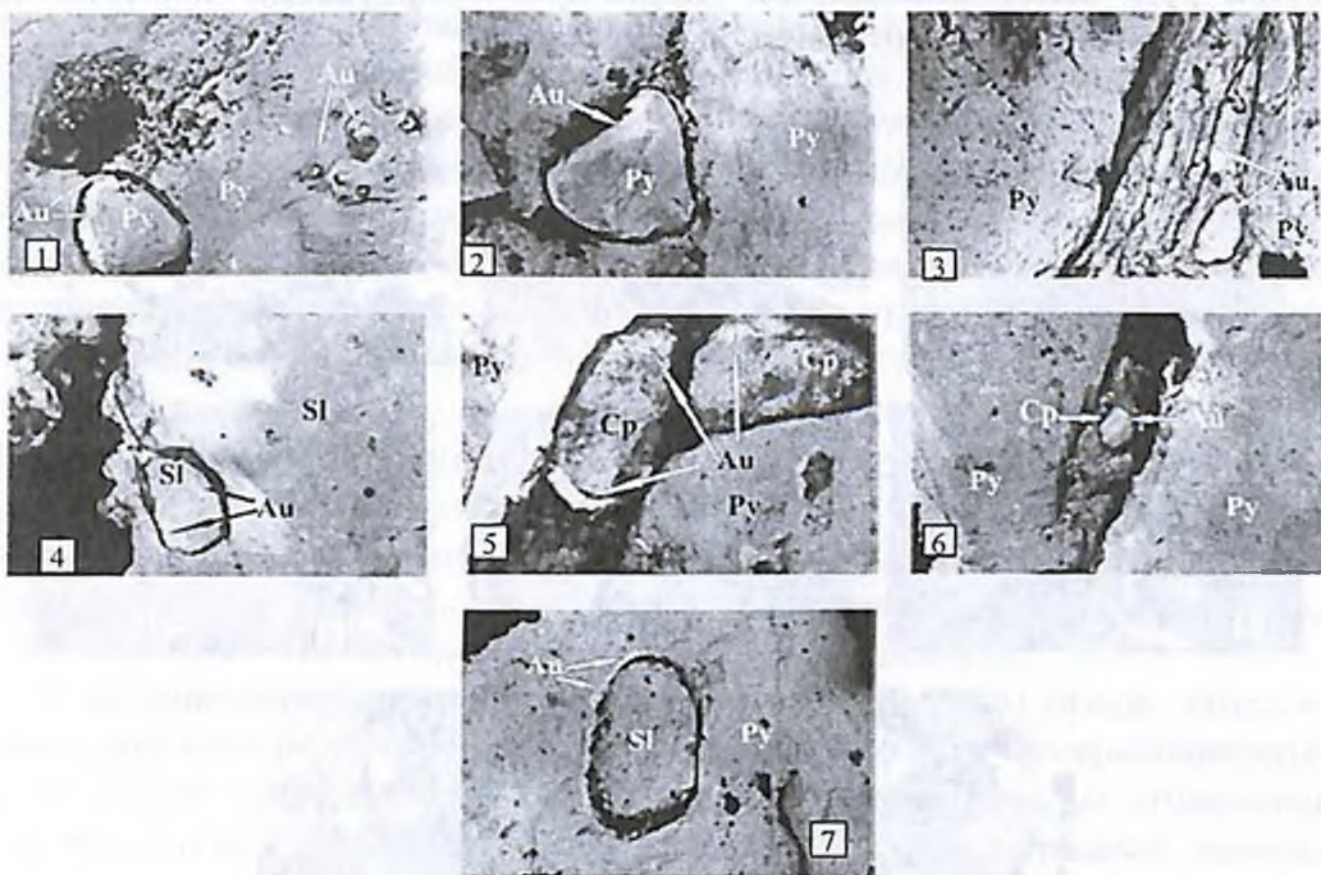


Рис. 2. Меграздор. Микровключения самородного золота в минералах различных разновидностей руд. Ув. $\times 7000$.

Золотоколчеданная (пиритовая) разновидность руд. Золото в пирите: 1 – золото (Au) в массе кристалла пирита (Py) с характерной пентагональной формой мультимикрокристаллов на правой части рис. 2 – золото (Au) в трещинах обломочного пирита (Py), 3 – микровключения золота (Au) в межблочном пространстве пирита (Py). **Золотополиметаллическая разновидность руд:** 4 – наиболее характерные формы выделения золота (Au) в кристаллах сфалерита (Sl); 5-6 – микровключения золота (Au) в халькопирите (Cp) в микротрещинах или в межкристаллических блоках пирита (Py); 7 – выделения золота (Au) по периметру микрообломка сфалерита (Sl).

2. Золотополиметаллическая разновидность руд. В кристаллах сфалерита микровключения самородного золота встречаются в виде изометричных, бесформенных, редко угловатых выделений с размерами около 2 мкм, т.е. это тонкодисперсное самородное золото. Обычно кристаллы сфалерита встречаются в межкристаллическом пространстве пиритов или в виде включений в пирите (рис. 2.4, 2.5). Микровключения золота в галенитах весьма редки, имеют изометричные формы при размерах 1-0,1 мкм, т.е. это субмикроскопическое самородное золото.

Таким образом, самородное золото в минералого-технологических

разновидностях руд Меградзорского месторождения в основном образует изометричные, угловатые, бесформенные тонкодисперсные (~2 мкм) выделения в сфалеритах золотополиметаллической разновидности руд, а в пиритах золотоколчеданной разновидности субмикроскопическое (0,1-0,2 мкм) самородное золото образует формы выделений со слабо развитой огранкой.

На Азатекском месторождении отобраны образцы из трех разновидностей руд: золотомышьяковой (пирит-арсенопиритовой), золотоколчеданной (пиритовой), золотосвинцово-сурьмяной.

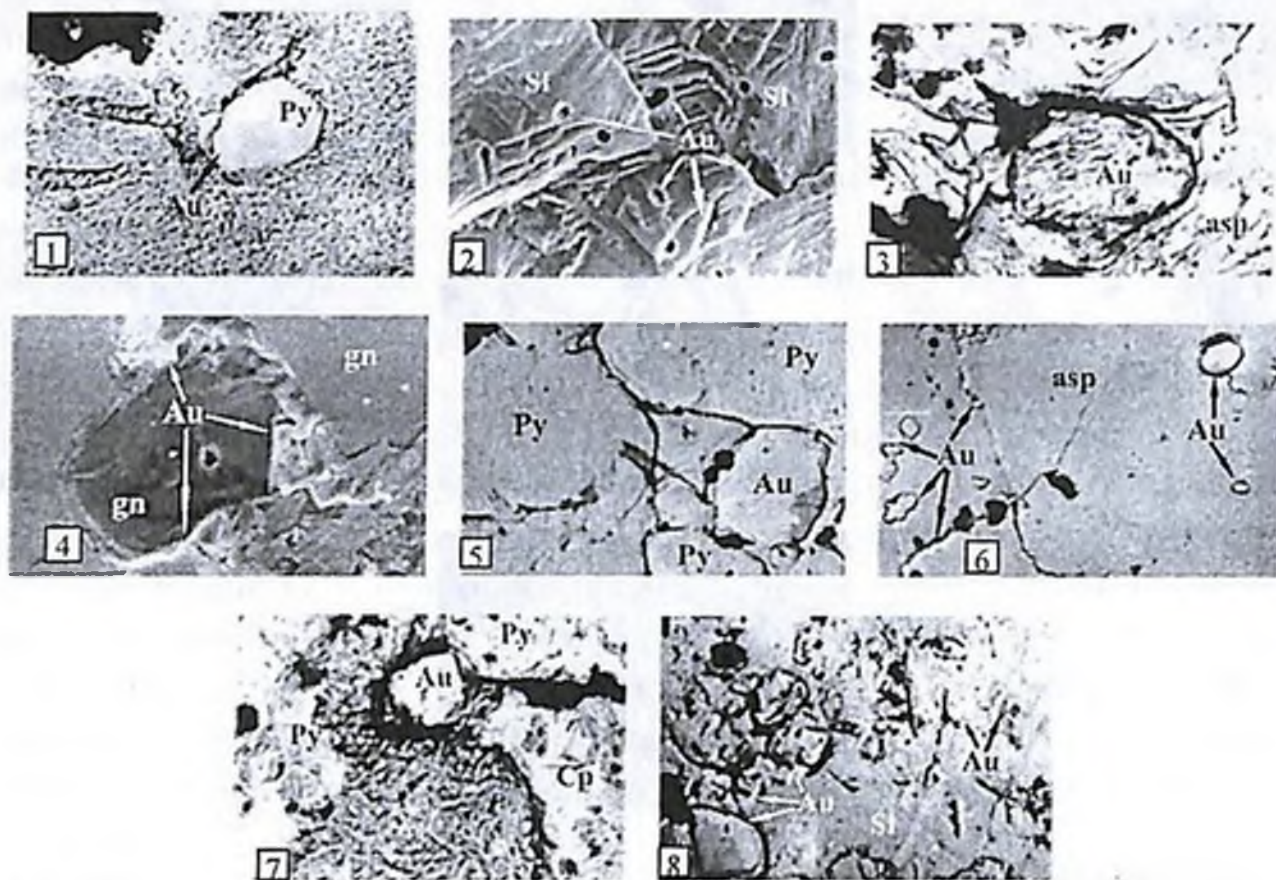


Рис. 3. Азатек. Микровключения самородного золота в минералах различных разновидностей руд.

Золотомышьяковая (пирит-арсенопиритовая) разновидность руд: 1 – характерные формы выделения золота (Au) в кристаллах пирита (Py), ув. $\times 10000$; 2 – микровключения золота (Au) в кристаллах сфалерита (Sl), ув. $\times 3000$; 3 – золото (Au) в арсенопирите (asp), ув. $\times 10000$; 4 – выделения золота (Au) в галените (gn), ув. $\times 3000$. Золотоколчеданная (пиритовая) разновидность руд: 5 – золото (Au) между раздробленными кристаллами (осколками) пирита (Py), ув. $\times 3400$; 6 – золото (Au) в арсенопирите (asp), ув. $\times 6000$. Золотосвинцово-сурьмяная (свинцово-сурьмяная) разновидность руд: 7 – микровключения золота (Au) между кристаллами пирита (Py) или в контакте пирита с халькопиритом (Cp), ув. $\times 7000$; 8 – характерные формы микровыделений золота (Au) в кристаллах трещиноватого сфалерита (Sl), ув. $\times 6000$.

1. Золотомышьяковая разновидность руд (20% от общих запасов) характеризуется преимущественным преобладанием пирита и арсенопирита; в различных соотношениях участвуют сфалерит, галенит, блеклая руда, халькопирит, редко сульфосоли, ковеллин, лимонит и гематит. Основными концентраторами тонкодисперсного самородного золота являются блеклая руда, кварц, пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит. Образцы отбирались из рудного тела 1 (шт. N46). Электронно-микроскопи-

ческим исследованиям подвергнуты пирит, арсенопирит, сфалерит и галенит. В *пиритах* в основном наблюдаются микровключения тонкодисперсного самородного золота изометричной формы размерами 1-2 мкм, которые очень хорошо видны на равномерно вытравленной поверхности пирита (рис. 3.1). Эти микровыделения находятся в объемной массе пирита, и их скопления не наблюдаются в дефектах кристаллической решетки. Распределение микровключений равномерное, а количество умеренное. В *кристаллах сфалерита* обнаружена наибольшая концентрация самородного золота. Подавляющее большинство золотинок имеет изометричные формы – круглые, линзообразные, редко – удлинённые. У некоторых микровыделений наблюдается слабо развитая огранка. Размеры микровыделений тонкодисперсного самородного золота составляют 1-2 мкм, местами образуя изолированные скопления в объемном массиве минералов-носителей (рис. 3.2). В *арсенопирите* микровключения золота имеют изометричную форму, чуть угловатую, размеры относительно крупные (1-4 мкм), т.е. это тонкодисперсное самородное золото (рис. 3.3). Изредка встречаются скопления микровыделений губчатого золота, несомненно гинергенного происхождения. Микровключения тонкодисперсного самородного золота обнаружены также в *галените* (рис. 3.4). Здесь часто микровключения окружены рыхлым трещиноватым (признаки дезинтеграции) агрегатом (возможно, высокосеребристого золота), который как будто заполняет пустые пространства между кристаллами.

2. Золотоколчеданная разновидность руд (46,5% от общих запасов) характеризуется резким преобладанием пирита и частично арсенопирита, как основных концентраторов самородного золота. Образцы отбирались из рудного тела 2 (шт. №48). *Пирит* представлен как отдельными, хорошо оформленными кристаллами, так и в виде мелких раздробленных кристаллов и их осколков. Во всех пиритах обнаружены самородные золотишки. В раздробленных пиритах самородное золото наблюдается как в массе осколков, так и между осколками (рис. 3.5). Межосколочные выделения золота – это обычно бесформенные частицы, размеры которых не более 1 мкм. В массе осколков микровыделения имеют изометричные формы размерами 1-2 мкм (тонкодисперсное). Количество микровыделений самородного золота в пиритах минимально. В хорошо оформленных кристаллах пирита тонкодисперсное самородное золото встречается редко, при этом его формы круглые изометричные, размерами 1-2 мкм. В *кристаллах арсенопирита* микровключения самородного золота встречаются чаще, чем в пиритах, но по размеру они субмикроскопические (<1 мкм). Они наблюдаются в микротрещинах и приурочены к различным дефектам кристаллической решетки минералов-носителей. Формы микрочастиц разнообразные – изометричные, бесформенные, удлинённые, дендритовидные (рис. 3.6).

3. Золотосвинцово-сурьмяная разновидность руд (17,2% от общих запасов) опробована в пределах рудного тела 1 (шт. № 42). Исследования проводились на золотосодержащих минералах: пирите, халькопирите и

сфалерите. Микровключения золота в *пиритах* обнаружены как в объемной массе минералов-носителей, так и на границах осколков кристаллов и в контактах пирита с другими минералами (рис. 3.7). На рисунке тонкодисперсное самородное золото находится в контакте пирита и халькопирита. Межосколочные или межграницные микровыделения самородного золота обычно бесформенные, извилистые, угловатые, а в массе кристаллов часто округлые, реже удлинённые. Размеры микровключений колеблются в больших пределах – от долей микрометра до нескольких, т.е. в этой разновидности самородное золото тонкодисперсное и субмикроскопическое. Наибольшие концентрации самородного золота в рудах золотосвинцово-сурьмяной разновидности наблюдаются в *сфалеритах* (рис. 3.8). Размеры золотинок от сотых долей мкм до 1-2 мкм, т.е. от тонкодисперсного до коллоидно-дисперсного. Наблюдаются изометричные, угловатые, слабо ограненные формы, чаще всего в “облаках” минералов-носителей. Изредка встречаются относительно крупные скопления, и, как правило, они приурочены к межосколочным границам и имеют угловатые формы.

Таким образом, на Азатекском месторождении, в отличие от Сотка и Меградзора, наблюдается отчетливо выраженная специализация разновидностей руд по размерности дисперсного самородного золота. *Золотомышьяковая* разновидность характеризуется наличием *тонкодисперсного* (1-4 мкм) самородного золота изометричной, линзовидной, удлиненной, чуть угловатой формы, почти однородной по размерам в пирите, сфалерите, арсенопирите и галените. *Золотоколчеданная* разновидность характеризуется наличием тонкодисперсного (1-2 мкм) и преимущественно субмикроскопического (<1 мкм) самородного золота в пирите и арсенопирите, причем наряду с бесформенными, изометричными, удлиненными и дендритовидными выделениями в объемной массе минералов-носителей и между ними и их осколками в пиритах наблюдаются хорошо оформленные (ограненные) выделения. *Золотосвинцово-сурьмяная* разновидность характеризуется резкими колебаниями размеров самородного золота от тонкодисперсного (1-2 мкм) до преимущественно субмикроскопического (<0,5 мкм) и коллоидно-дисперсного (до сотых долей мкм) при изометричных, бесформенных, извилистых, угловатых, удлиненных, в отдельных случаях со слабой огранкой (в сфалерите) выделений как в объемной массе минералов-носителей, так и в дефектах их кристаллической решетки.

Вышеприведенный материал дает нам основание отметить следующее.

В основных рудообразующих минералах золотополиметаллических месторождений Армении установлено наличие микровключений в виде тонкодисперсного, субмикроскопического и коллоидно-дисперсного самородного золота во всех исследованных образцах под электронным микроскопом при увеличении от 3000 до 10000 раз – в пирите, арсенопирите, сфалерите, халькопирите, галените. Формы микровключений, их

размеры, распределение и плотность весьма разнообразны, но преобладают почти однотипные микровключения – изометричные, округлые, бесформенные, иногда угловатые, почковидные, а изредка с хорошо, либо слабо выраженной огранкой выделения в объемной массе минералов-носителей или в дефектах их кристаллической решетки, микротрещинах и микропорах, а часто в их межкристаллических и межосколочных пространствах.

Изучение микровключений золота в рудных минералах методом реплик на уровне электронной микроскопии дает богатый материал о морфогенетических особенностях микровключений и соотношении видимого и дисперсного золота, что имеет принципиальное значение не только в разработке высокоэффективных технологических схем по извлечению тонкодисперсного и более мелкого золота, но и обеспечит полное извлечение подсчитанных запасов и позволит избежать технологических и формационных потерь благородных металлов.

Промышленное освоение ресурсов тонкодисперсного (то же субмикроскопического и коллоидно-дисперсного) самородного золота – это будущее золоторудной отрасли, т.к. будут вовлечены в переработку огромные ресурсы бедного золотосодержащего нетрадиционного сырья. Это потребует разработки новых технологических схем добычи, рудоподготовки, обогащения и металлургического передела на основе детальных минералого-технологических исследований на электронно-микроскопическом уровне с целью выявления морфоструктурных и морфогенетических особенностей самородного золота во всех промышленных типах золотосодержащих руд.

Литература

- Алоян П.Г., Алоян Г.П. Ресурсный потенциал рудного сырья Армении. Ереван: Геол. 2008, 604 с.
- Амирян Ш.О. Золото. В кн.: “Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР”. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972, с. 316-328.
- Арустамян М.А., Санакулов К.С. Совершенствование техники и технологии обогащения золотосодержащих руд на Ангренской обогатительной фабрике. Золотодобывающая промышленность, 2009, №4, с. 22-25.
- Гаврилов А.М., Алышева Э.Н., Шевченко В.Н. О природе субмикроскопического золота в арсениопирите золотомышьякового месторождения. М.: Тр. ЦНИГРИ. 1974, вып. 112, 47 с.
- Гаврилов А.М., Плешаков А.П., Берштейн П.С. и др. Субмикроскопическое золото в сульфидных некоторых месторождений вкрапленных руд. Сов. геология, 1982, № 8, с. 81-86.
- Иванов А.А. Опыт применения электронно-микроскопического метода в исследовании рудных минералов. Зап. Всес. минер. общ-ва, 1951, № 3, с.127-135.
- Каймирасов А.Г. Об электронно-микроскопическом изучении золотоносных пиритов. Изв. АН КазССР, 1974, вып. 112, 47 с.
- Крейтер В.М., Аристов В.В., Волынский И.С. и др. Поведение золота в зоне окисления золотосульфидных месторождений. М.: Госгеолтехиздат. 1958, 268 с.
- Масляницкий И.Н. Тонковкрапленное и рассеянное золото в сульфидных рудах. Инф. бюллетень ин-та МЕХАНОБР. 1998, № 12, с. 49-54.
- Николаева Л.А. О чем рассказывают золотишки. М.: Недра. 1990, 111 с.

- Петровская Н.В., Фролова К.Е. Опыт сравнительного исследования тонкодисперсного золота и микрорельефа поверхности золотых выделений (по данным электронной микроскопии). В кн.: "Типоморфизм минералов". М.: Наука. 1969, с. 104-127.
- Сазонов А.М., Звягина Е.А., Леонтьев С.И. и др. Ассоциации микро- и наноразмерных обособлений благороднометалльного комплекса в рудах. Красноярск: журн. СФУ, инженерии и технологии. 2008, N1, с. 17-32.
- Секисов А.С. Руды, содержащие дисперсное золото: геолого-технологические особенности и пути повышения эффективности переработки. Золотодобывающая промышленность, 2009, N 4, с. 14-19.

Рецензент К.М. Мурадян

ՆՈՒՐԲԴԻՍՊԵՐՍԻՈՆ ՈՍԿԻՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՈՐՈՇ ՈՍԿԵԲԵՐ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐՈՒՄ ԵՎ ՆՐԱ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Շ.Հ. Ամիրյան, Պ.Գ. Ալոյան, Ֆ.Մ. Մալաջիկյան

Ամփոփում

Դիտարկվում է նրբացանային բնածին ոսկու առկայության հնարավորությունը Հայաստանի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրերի հանքաքարերում, ինչը հնարավորություն կստեղծի ապահովել ոսկու լիովին կորզումը հետախուզված պաշարներից և կատարելագործել հանքահումքի վերամշակման սխեմաները Սոթքի, Մեղրաձորի, Ազատեկի և ոսկեբեր այլ հանքահումքերից:

FINE-DISPERSED GOLD IN ORES OF THE SOME GOLD-BEARING DEPOSITS OF ARMENIAN AND IT TECHNOLOGICAL VALUE

Sh.H. Amiryan, P.G. Aloyan, F.M. Malagikyan

Abstract

The presence of fine-dispersed gold and finer native gold in ores of gold-polymetallic formation deposits of Armenia that opens new possibilities for total gold extraction from prospected resources and upgrading of processing technological schemes on Sotk, Megradzor, Azatek and other gold-bearing deposits without *significant* losses of gold stock is considered.