

УДК 553.21/24

С.М. Радомский, В.И. Радомская

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЙ МИНЕРАЛОВ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ПОКРОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИАМУРЬЯ

Предложен последовательный метод мокрого классифицирования пульп в промежутке интервалов 1000—0.05 мкм на примере руд Покровского золоторудного месторождения Приамурья. Количественно установлено максимальное распределение выделений самородного золота во фракциях 10-1 мкм. Химическая обработка руд плавиковой кислотой увеличивает количество наноминералов золота на 0.5 %.

Ключевые слова: самородное золото, классы крупности, способ классификации, Приамурье.

Покровское золоторудное месторождение локализовано в меловых гранитоидах Сергеевского массива в зоне его контакта с более молодой структурой Покровского палеовулкана. Гранитоиды и вулканы прорывают терригенную толщу верхней юры и относятся к Умлекано-Огоджинскому вулканическому поясу, сопряжённому на северо-западе с Гонжинским выступом раннедокембрийских пород. Оруденение связано с развитием Покровского палеовулкана, сопровождавшимся эксплозивными и лавовыми продуктами вулканизма. Обычные выделения золота губчатой формы, пластинчато-чешуйчато-проволочной текстуры, цвет золота бледно-жёлтый, проба 625–720‰, содержание золота 7–8 г/т, серебра 6–11 г/т. Руды Покровского месторождения относятся к убогосульфидным. Среднее содержание сульфидов в рудах составляет около 0.5 %. Для Покровского золоторудного месторождения выявлены выделения золота коренного и россыпного типов.

Россыпные рудопроявления к данному моменту времени отработаны и для них установлены средневзвешенные размеры золотин 115 мкм. Для коренных рудопроявлений по выполненному минералогическому анализу в общем объеме пробы золота, видимого невооруженным глазом человека (до 80 мкм), находится около 5 % от его общего количества в руде [1, 2].

Цель исследования – установление количественной информации по распределению золота в соответствии с классами крупности минерального сырья, получаемого при измельчении руды на стадии её технологической переработки.

Методика эксперимента. Для исследования первичной золотосодержащей руды коренного типа, нами была предложена и опробована методика разделения измельчённых каменных проб минерального сырья, состоящая из следующих этапов. Отбор проб осуществлялся в количестве 1-3 кг, рекомендуемом методиками по опробованию золоторуд-

ных месторождений, используемых в ЦНИГРИ [3] и методиками по минеральному анализу, используемыми для физико-химических исследований, разработанных и аттестованных в ВИМСе [4]. Отобранные пробы измельчались и отквартовывались. Операции квартования осуществлялись последовательно с допускаемыми операциями по сокращению исследуемого лабораторного образца до значений, рекомендованных отраслевыми стандартами ВИМС по анализу золотосодержащего минерального сырья атомно-абсорбционным методом, в соответствии с общими требованиями по оценке качества геохимической информации. Максимально допустимое значение навески в используемой нами методике по определению золота – 10 г. Минимально необходимая расчётная величина аналитической представительности навески в анализируемой пробе – 3.5 г для интервала измеряемых концентраций золота в руде 0-20 г/т. Рекомендуемое значение находится в соответствии с действующими методическими рекомендациями по приемлемому сокращению опытного лабораторного образца для корректного осуществлении атомно-абсорбционного анализа [5, 6].

На следующем этапе 10 г пробы, предварительно истёртой, отквартованной и сокращённой, помещали в стеклянную ёмкость, заливали дистиллированной водой в соотношении твёрдое / жидкое 1:50 и в течение 1 часа подвергали интенсивному перемешиванию со скоростью 1 оборот в секунду. Полученная взвесь последовательно отфильтровывалась через систему фильтров небольшими пор-

циями на воронке Бюхнера через стеклянные фильтры по ГОСТ 25336-82, с размерами пор 90; 60; 40; 32; 20; 10 мкм и бумажные фильтры «белая» лента (диаметр пор 3 мкм); и «синяя» лента (диаметр пор 1 мкм) под вакуумным разрежением, создаваемым водоструйным насосом (10^{-1} атмосферы). После каждой стадии осуществлялся смыв остатков и промывка осадка порциями дистиллированной воды объёмом до 50 мл. Образующийся фильтрат после разделения на фильтрах «синяя» лента последовательно пропускали на приборе вакуумного фильтрования ПВФ-47Б через микрофильтрационные мембраны с размерами пор 0.45; 0.2; 0.1; 0.05 мкм. Фильтры высушивали на воздухе, взвешивали и далее в них определяли массовую долю золота во фракциях ограниченных следующими размерами: 1000–80; 80–40; 40–20; 20–10; 10–5; 5–3; 3–1; 1–0.45; 0.45–0.2; 0.2–0.1; 0.1–0.05 мкм атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре SOLAAR M6 с графитовым атомизатором [5]. Для этого применяли вскрытие анализируемых образцов свежеприготовленными растворами «царской водки», взятыми в пятикратном избытке по весу, обработки полученных осадков концентрированными растворами соляной кислоты и экстракцией золота толуольными растворами сульфидов нефти [4]. Полученные экспериментальные данные для интервалов выделений частиц минеральных фракций, средних статистических весов фракций в % и содержания в них золота в %, относительно средней массовой доли в используемой в эксперименте руды, представлены в

Таблица 1

Классы крупности выделений самородного золота Покровского месторождения по размерам золотосодержащих фракций, их статистических весов в %, содержания золота в них в %

Интервал фракции, мкм	Средний статистический вес фракции, %	Среднее содержание и вариация золота (min-max), во фракции, %		
		Руда 3.6 г/т	Руда 14.0 г/т	Руда 10.3 г/т
>80	3.2 (0.33-5.35)	4.8 (0.84-5.35)	0.5 (0.33-1.64)	2.4 (1.05-3.88)
40-80	1.7 (1.12-2.64)	1.8 (1.33-1.95)	2.1 (1.84-2.64)	1.3 (1.12-1.85)
20-40	3.1 (1.93-4.67)	2.4 (1.93-2.82)	2.9 (2.39-3.86)	4.0 (3.34-4.67)
10-20	4.9 (3.43-6.09)	3.9 (3.43-4.82)	5.4 (4.65-5.93)	5.5 (4.45-6.09)
5-10	21.3 (17.3-25.6)	22.1 (18.5-25.1)	20.8 (20.4-25.6)	19.1 (17.3-19.9)
3-5	38.5 (31.1-43.2)	39.2 (31.1- 40.8)	39.0 (37.8-42.3)	40.9 (39.9-43.2)
1-3	25.5 (20.2-29.7)	23.4 (19.9- 27.4)	28.1 (20.2- 28.1)	25.25 (22.5-29.7)
0.45-1.0	0.68 (0.08-1.24)	1.24 (0.28-2.71)	0.35 (0.08-0.56)	0.44 (0.31-0.56)
0.2-0.45	0.25 (0.03-0.7)	0.43 (0.06-0.70)	0.16 (0.03-0.10)	0.21 (0.10-0.32)
0.1-0.2	0.42 (0.001-1.8)	0.19 (0.01-0.32)	0.46 (0.01-1.75)	0.61 (0.001-1.75)
0.05-0.1	0.21 (0.001-0.3)	0.15 (0.003-0.35)	0.05 (0.01-0.10)	0.28 (0.001-0.053)
0.00-0.05	0.26 (0.003-0.8)	0.39 (0.003-0.81)	0.20 (0.003-0.64)	0.047 (0.005-0.09)

табл. 1. Классы крупности задавались размерами стеклянных кварцевых фильтров по ГОСТ 25336-82, серийно выпускаемых промышленностью фильтров «белая» и «синяя» ленты и целлюлозно-вискозных фильтров фирмы «Владипор», выпускаемых для установки вакуумного фильтрования ПВФ-47Б. Для облегчения проведения статистического анализа результатов эксперимента были использованы три выборки образцов руды с соответствующими определёнными массовыми долями золота – 3.6; 14.0; 10.3 г/т, в пятикратной повторности расситовки в каждой серии эксперимента. Относительная сумма статистических интервалов и

массовых долей золота, по исследуемым интервалам в каждом полном цикле эксперимента, принималась равной 100 %. Из образцов первичных руд Покровского месторождения измельчённых, залитых дистиллированной водой и активированных механохимическим способом в течение 1 часа, при вращении со скоростью 1 оборот в секунду, были получены пульпы минерального сырья, которые последовательно пропускались через систему фильтров по вышеприведённой методике.

Наибольшее содержание минералов самородного золота свыше 85 %, отмечено во фракциях 10–1 мкм. Для оставшихся фракций размерами <1

мкм оно резко убывает и является уже характеристикой примесных элементов. А для фракций >10 мкм являются источником значительных вариаций, обусловленных возрастающими размерами выделений самородного золота и соответствующих им значений массовых долей золота в %.

Полученные количественные значения распределения золота в компонентах фракций находятся в соответствии с ранее полученными данными других исследователей для выделений самородного золота находящихся в рудных зонах, по которым сложилось следующее распределение: на долю крупного золота (> 80 мкм) приходится 3 % частиц, основная часть относится к классу мелкого золота (< 80 мкм) на её долю приходится 95 % и к классу ультрамикродисперсных выделений (< 1 мкм) относится 2 % частиц [7].

С целью уточнения полученного распределения усреднённый образец первичной руды обработали плавиковой кислотой для освобождения частиц закапсулированного в силикатных структурах золота. Образец заливали плавиковой кислотой в соотношении 3 части кислоты к одной части пробы и отгоняли плавиковую кислоту и образовавшийся тетрафторид кремния (IV) при нагревании до 100 °С, в результате чего происходило уменьшение массы пробы на 57 %, вследствие удаления кремнезёма. Оставшаяся часть была далее обработана по вышеприведённой методике. Проведённая обработка плавиковой кислотой освободила из кремниевой матрицы частицы золота, вследствие чего произошло его перераспределение во фракциях. Увеличилась массовая доля золота во фракции 10–1 мкм

на 0.47 % и во фракции 0.1–0.05 мкм на 0.593 %. По разнице концентраций золота полученных до обработки плавиковой кислотой и после установлено, что ≈ 60 % частиц золота было закапсулировано в кремниевой матрице. По данным, полученным электронно-физическими методами [7], средневзвешенный размер выделений самородного золота руд Покровского месторождения равен 6.7 мкм, а в выделениях минералов самородного золота сульфидных рудопроявлений в различных месторождениях земного шара, средние размеры выделений 1-2 мкм [7]. Полученное нами средневзвешенное значение выделений самородного золота 4 мкм (для интервала 3-5 мкм содержащего наибольшие количества золота) в первичных рудах Покровского месторождения, равноудалено от двух оценок литературных источников. На наш взгляд, повышенные значения размеров выделений обусловлены температурным режимом формирования месторождения, создавшим благоприятные условия для минерализации золота, а именно пролонгированным температурным градиентом Покровского палеовулкана, обеспечившим относительное увеличение действия концентрированных растворов золотосодержащих флюидов при относительно увеличившейся длительности процесса минералообразования [2, 6].

Таким образом, по полученным данным фракционного анализа установлено, что выделения минералов самородного золота первичных руд Покровского месторождения количественно находятся во фракции минерального сырья размерности 10–1 мкм, при средневзвешенных размерах выделений самородного золота 4 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радомский С.М., Радомская В.И. Соотношение ионных и металлических форм благородных металлов на золотосеребряном месторождении Покровское (Верхнее Приамурье) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 1. С. 128-134.
2. Радомский С.М., Радомская В.И. Минералообразование благородных металлов на Покровском золоторудном месторождении Приамурья // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 2. С. 42-45.
3. Воларович Г.П. Методические указания по разведке и геолого-промышленной оценке месторождений золота / ЦНИГРИ. М. 1974. 142 с.
4. Экстракционно-атомно-абсорбционное определение золота с органическими сульфидами. Инструкция № 237-С НСАМ ВИМС М.: изд-во ВИМС. 1983. 13 с.
5. Радомская В.И., Радомский С.М. Окисленная форма золота на Покровском золоторудном месторождении Приамурья // Учёные записки Казанского государственного университета. Сер. естеств. науки. 2011. Т. 153, кн. 1. С. 225-229.
6. Радомский С.М., Радомская В.И. Параметры процесса минералообразования золота на Покровском золоторудном месторождении Приамурья // Естественные и технические науки. 2011. № 1. С. 129-132.
7. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России Владивосток: Дальнаука. 1996. 352 с. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Радомский Сергей Михайлович — кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, rsm@ascnet.ru,

Радомская Валентина Ивановна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, radomskaya@ascnet.ru,

Институт геологии и природопользования ДВО РАН.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВОДА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Соловьев Андрей Михайлович — аспирант,

Соловьев Илья Михайлович — аспирант,

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе.

Приведены результаты экспериментальных исследований частотно регулируемого привода применительно к буровым установкам на твердые полезные ископаемые, разработана математическая модель для определения необходимых параметров привода при его настройке и энергосбережению, предложены методы анализа осциллограмм несинусоидального тока в целях повышения энергетической эффективности тиристорного плавнорегулируемого привода.

IMPROVEMENT OF THE DRIVE EXPLORATION ROTARY DRILLING RIGS

Solov'ev Andrei Mikhailovich, Soloviev Ilya Mikhailovich

Results of experimental studies of variable speed drives in relation to the drilling rigs for solid minerals, a mathematical model was developed to determine the necessary parameters of the drive during its setup and conservation, proposed methods of analysis of non-sinusoidal waveforms current in order to improve the energy efficiency of a thyristor drive.