УДК 664.765

И.В.ПОЛИНКИНА, К.В.ФЕДОТОВ
Иркутский государственный технический университет

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ЗОЛОТА ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА С ЦЕЛЬЮ ЕГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ

Проведено морфологическое изучение золота из хвостохранилища Джидинского комбината. Определены размер, форма и содержание нахождение золота и его сростков в техногенной залежи, выявлен процесс его образования. Предложена технологическая схема извлечения.

The morphological analysis of gold of the tiling pond Dzhidinskiy Tungsten-Molybdenum Complex was carried out. The presence of gold occurence and its aggregations in technogenic bed, size, shape and grade and the process of its formation is determineted. Technological flowsheef of gold recovery is offered by the author.

Отходы горных производств техногенных месторождений могут быть источниками полезных ископаемых. В них содержится достаточно большое количество свинца, цинка, серебра, золота, меди, вольфрама и многих других элементов. Одним из таких месторождений является Джидинский вольфрамомолибденовый комбинат, сырьевая база которого эксплуатировала вольфрамовые месторождения Инкур и Холтосон с 1941 г. Наряду с балансовыми запасами названных месторождений, оно включает значительные объемы техногенного сырья пяти видов: сульфидный промпродукт; лежалые хвосты обогащения холтосонских и инкурских руд, молибденовых руд отработанного Первомайского месторождения и забалансовые руды. Основной задачей исследования было изучение морфологии золота с возможным последующим его извлечением в товарную продукцию.

Исследование микроморфологии и реальной гранулометрии самородного золота проводили в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН на сканирующем электронном микроскопе JSM 5300 фирмы «Jeol» (Япония). Произведенные измерения показали, что ширина частиц изменяется от 5 до 50 мкм, а длина – от 20 до 130 мкм. Большинство выделенных из концентратов частиц золота полностью раскрыты. В некоторых случаях в них присутствуют включения, представляющие собой осколки или продукты гипергенного преобразования минералов, с которыми срасталось золото. Наиболее часто это кварц и слюда, реже пирит, полевой шпат, гидроксиды железа, гипс.

В качестве включений в золоте зафиксированы только кварц, кальцит и железомагнезиальный алюмосиликат. Однако это не означает, что золото срасталось в рудах только с нерудными минералами. Гидроксиды железа, по-видимому, образовались при окислении пирита в хвостохранилище. В одном случае зафиксировано полное зачехление самородного золота в рубашку диаспора $HAlO_2$, на который сверху нарастают гидроксид железа и гипс.

О том, что первоначально золото часто находилось в сростках с сульфидами, свидетельствует почти постоянное зачехление золотин в гидроксиды железа – от очень тонких пленок, которые не заметны даже в электронный микроскоп и фиксируются только по присутствию пиков железа и кислорода (водород не детектируется) в энергодисперсионных спектрах, до сплошных футляров, маскирующих ортогональные очертания золотых кристаллов и почти полностью экранирующих вторичное рентгеновское излучение золота при анализе. При

энергодисперсионном анализе 22 образцов серебро обнаружено только в трех из них, его содержание достигает 25 %. По данным энергодисперсионного анализа, проба золота изменяется в очень широком диапазоне – от 760 до 950 ед. Намечается закономерная связь между пробой золота, с одной стороны, и характером микрорельефа поверхности золотин, с другой. На плоских гранях без признаков коррозии и на контактах с кварцем и другими нерудными минералами проба золота наиболее низкая. Часть золотин несет на поверхности следы деформаций, полученных при измельчении руды, в виде шрамов, смятых краев и т.п.

Максимальный размер частиц самородного золота не превышает 0,2 мм. Частицы золота большей частью раскрытые, в меньшей степени присутствуют в сростках преимущественно с нерудными минералами (кварц, слюда), реже с пиритом. Практически все золотины зачехлены в гидроксиды железа от очень тонких пленок до сплошных футляров. Это свидетельствует о том, что золото в процессе хранения освободилось от «рубашки». Как показывают минералогические исследования, в руде в процессе длительного хранения и под воздействием окружающей среды, стали развиваться микроорганизмы, способные к окислению минералов. Микроорганизм выступает в роли живого окислителя, а с точки зрения электрохимической модели процесса окисления – живого катода. Минерал, становясь донором электронов для бактериальной клетки, окисляется, т.е. разрушается, занимая в этой системе анодную позицию. Скорость бактериального окисления сульфата двухвалентного железа в условиях кислой среды в сотни раз выше скорости химического окисления.

Как и все тионовые бактерии, *Th. Ferrooxidans* способен окислять соединения серы, в том числе практически все известные сульфидные минералы, содержащие железо, медь, кобальт, никель, олово, молибден и т.д. При окислении сульфидной серы разрушается кристаллическая решетка и высвобождаются металлы. Так, для пирита этот процесс описывается следующими реакциями:

$$FeS_2 + O_2 + H_2O \rightarrow FeSO_4 + H_2SO_4; \quad (1)$$

$$FeSO_4 + O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O; \quad (2)$$

$$FeS_2 + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow FeSO_4 + S; \quad (3)$$

$$S + 1{,}5O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4. \quad (4)$$

Реакция (1) протекает бактериальным и химическим путем, реакции (2), (4) – бактериальным, а реакция (3) – химическим путем.

На различных стадиях окисления пирита возникает сложная серия разнообразных соединений, главнейшими из которых являются серная кислота, сульфаты двух- и трехвалентного железа. По мере продолжения процесса окисления среда насыщается серной кислотой, резко возрастает содержание сульфатов. Продукты окисления, воздействуя на окружающие породы и минералы, приводят к образованию новых минеральных соединений.

В минеральном комплексе сернокислотного процесса значительную роль играют сульфатные минералы. Большинство сульфатных минералов железа крайне неустойчивы. Взаимодействие сульфатов и серной кислоты с карбонатными породами, прежде всего с известняком и доломитом, создает наиболее благоприятные условия для осаждения сульфатов за счет резкого снижения кислотности среды. При встрече кислых сульфатных растворов с карбонатами в первую очередь происходит нейтрализация серной кислоты.

Бактериальное окисление сульфидов ощутимо интенсифицируется, когда минералы образуют смеси друг с другом. В смесях (полиминеральных рудах) минерал, обладающий более высоким электродным потенциалом, наряду с бактериальными клетками, выполняет роль дополнительного катода, усиливающего процесс окисления минерала с более низким потенциалом.

На основе изучения минералогии и морфологии золота разработана технологическая схема его извлечения из техногенного месторождения, включающая операции дезинтеграции, классификации и обогащения в центробежных аппаратах, и после доводочных операций получение гравиоконцентрата с содержанием золота до 2 кг/т.