

НОВЫЙ МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Рассмотрен принципиально новый метод вскрытия упорных золотомышьяковых руд на примере переработки руд Олимпиадинского месторождения, разрабатываемого отечественной золотодобывающей компанией «Полус». Рассмотрены возможности усовершенствования процесса за счет оптимизации условий его протекания.

The work studies a fundamentally new method of rebellious gold-arsenical ore blocking-out. The results of processing ores from the Olympiada deposit developed by the national gold mining company «Polus» are given as an example of its application effectiveness. Possibilities to improve this process by means of its condition optimization are studied.

Золотодобывающая промышленность на сегодняшний день является одной из доминирующих отраслей. Рост производства золота наблюдается во всех странах мира. Доминирующим продуцентом золота в СНГ остается Россия, хотя с 1994 г. в течение трех лет наблюдалось последовательное снижение производства этого металла. В 1997 г. ситуация изменилась, и выпуск золота в России увеличился. С увеличением роста производства золота складываются предпосылки для разработки принципиально новых технологий. Одной из них является технология бактериального выщелачивания, широко применяемая на одном из крупнейших золотодобывающих предприятий – ЗАО «Полус», на долю которого приходится значительный объем добычи золота страны.

Технологическая схема (см. рисунок) переработки руд Олимпиадинского месторождения включает следующие операции:

- 1) рудоподготовки;
- 2) флотации;
- 3) бактериального окисления флотоконцентрата для вскрытия упорного тонкодисперсного золота, связанного с сульфидами, главным образом с арсенопиритом;
- 4) отделения противоточной декантацией бактериальных растворов от твердых

продуктов биоокисления, направляемых на сорбционное цианирование;

- 5) сорбционного цианирования хвостов основной флотации и концентрата дофлотации сульфидов в зависимости от состава перерабатываемых руд;

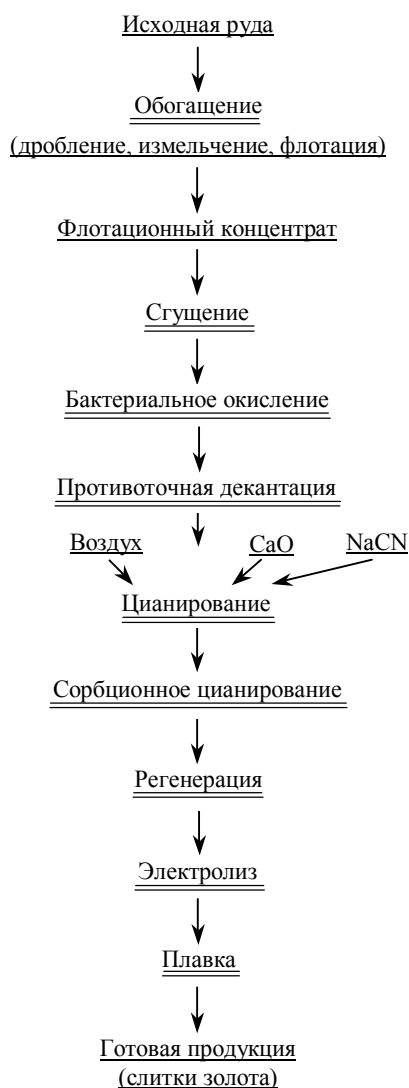
- 6) нейтрализации бактериальных растворов и обезвреживания хвостов сорбционного цианирования.

Рудоподготовка осуществляется следующим образом: руда поступает в дробилку ШДЗ 1000/320, затем направляется на двухстадийное измельчение до крупности 85-90 % класса $-0,074$ мм.

Далее измельченная руда поступает в контактный чан, где производится ее обработка следующими реагентами: медным купоросом (активатор), бутиловым ксантогенатом (коллектор) и Т-92 (вспениватель). Обработанная руда поступает на флотацию. Полученный флотоконцентрат после сгущения поступает на биоокисление. Выход флотоконцентрата составляет 7 %.

Разрабатываемые руды Олимпиадинского месторождения характеризуются весьма сложным химическим составом и разнообразием минеральных форм.

Химический состав руды отличается высоким содержанием кремнезема (50,48 %) и низким содержанием оксида кальция



Принципиальная технологическая схема переработки золотосодержащих руд Олимпиадинского месторождения

(16,44 %) и серы (< 1 %). Золото в руде присутствует в виде пылевидных и тонкодисперсных частиц. Основная его часть (88 %) представлена классом $-0,044$ мм и частично коллоидной формой.

Минеральный состав руды относительно простой. Руды представлены кварц-слюдисто-карбонатными метасоматитами, содержащими до 10 % жильного материала.

Породообразующими минералами являются карбонаты, кварц, слюды и др. (см. таблицу).

Рудные минералы представлены сульфидами на 3,5-5 %: пирротином (в основ-

ном), арсенопиритом, антимонитом, пиритом. Остальные минералы присутствуют в подчиненных количествах. Золото в преобладающей степени связано с арсенопиритовой минерализацией, которая представляет, как правило, равномерную вкрапленность тонкоигловчатых и короткопризматических кристаллов размером до 2 мм.

Для окисления сульфидных минералов в концентрате используется комплекс тионовых железо-сероокисляющих бактерий, в котором ведущую роль играют бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*, окисляющие наряду с серой и закисным железом широкий класс сульфидных минералов [3].

Присутствие в концентратах значительного количества легкоокисляемого сульфидного минерала с образованием элементарной серы создает благоприятные условия для развития других тионовых бактерий *Thiobacillus thiooxidans*; ускорению процесса биоокисления концентрата способствуют также железоокисляющие бактерии *Leptospirillum ferrooxidans*.

Данные микроорганизмы [1] представляют собой неспорообразующие подвижные клетки длиной 0,8-1 мкм и толщиной 0,4-0,5 мкм. Передвигаются они с помощью полярного жгутика, длина которого во много раз превышает длину самой клетки (12 мкм). Масса клетки около $4 \cdot 10^{-13}$ г, плотность 1,055 г/см³. Химический состав бактерий сложный. Главным компонентом бактериальной клетки является вода (70-85 %). В сухом остатке (30-15 %) содержатся органические и зольные элементы, входящие в состав клеткообразующих органических (белки, углеводы, жиры и кислоты) и неорганических (фосфаты, нитраты, сульфаты и др.) соединений.

Снаружи клетка *Thiobacillus* имеет жгутик, размещенный вдоль или поперек удлинения клетки, и реснички. Вместе они образуют аппарат движения клетки. Поверхность клетки покрыта слизистой капсулой, служащей средством захвата и прикрепления к другим особям (образование колоний) и к косному субстрату. Слизистый слой состоит из воды (98 %) и органического (полисахаридного) вещества. В слизистую кап-

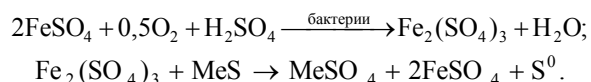
сулу происходит захват минеральных частиц. В ней, начиная со смачивания минерала слизью капсулы, начинается процесс его окисления. Слизистое вещество обладает высокой ферментативной активностью.

Минеральный состав руд, %

Минералы	Проба Т-26	Проба Т-18
Кварц	36,4	32,0
Карбонаты: кальцит, доломит, олигонит	32,4	42,0
Слюды: мусковит, биотит, хлорит	25,3	20,0
Примеси: тремолит, цоизир, циркон, апатит	3,4	2,0
Сульфиды: пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит	3,2	3,3
Антимонит, бертьерит, сфалерит	0,3	0,4

Наконец, основную часть клетки составляет цитоплазма (протоплазма с диффузным ядром), заключенная в цитоплазматической мембране. В цитоплазме сосредоточен генетический аппарат клетки: здесь протекают процессы, приводящие клетку к делению, совершается конструктивный метаболизм, т.е. биохимические превращения, сопровождаемые накоплением биомассы. Размножение бактерий, происходящее делением, совершается весьма интенсивно: через 20-30 мин количество клеток обычно удваивается. За сутки одна особь дает 60-70 поколений [2].

Механизм окисления сульфидных минералов действует по следующей схеме:



Эти бактерии строго автотрофны, не используют органические вещества для своей жизнедеятельности, поэтому не опасны для человека и животных. Бактерии для своего роста и развития нуждаются лишь в неорганических соединениях железа, серы, сульфидных минералах и используют кислород и углекислый газ воздуха. Развиваются лишь в серно-кислотной среде при оптимальных значениях $\text{pH} = 1,5 \div 2,5$ и температуре 28-30 °С.

В силу своей новизны процесс бактериального выщелачивания имеет широкие возможности модернизации. Поскольку на собственно процесс влияет множество факторов (pH среды, температура, концентрация кислорода и углекислого газа в подаваемом воздухе и др.), самым правильным путем к усовершенствованию процесса является оптимизация его параметров.

Технологические расчеты показали, что обеспечение оптимальных условий тепло-массообмена и оптимизация условий протекания процесса позволят увеличить объем перерабатываемого сырья в 1,2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Полькин С.И.* Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов. М.: Недра, 1987.
2. *Соколова Г.А.* Физиология и геохимическая деятельность тионовых бактерий / Г.А.Соколова, Г.И.Каравайко. М.: Наука, 1964.
3. *Чугаев Л.В.* Металлургия благородных металлов / Л.В.Чугаев, И.Н.Масленицкий. М.: Металлургия, 1987.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Н.М.Теляков*