УДК665.530.4

М.ПУРЭВДАШ, *аспирантка, moogi@mail.ru*
С.Н.САЛТЫКОВА, *канд.тех.наук, доцент, ssn_58@mail.ru*
Н.М.ТЕЛЯКОВ, *д-р техн. наук, профессор, ptpe_spmi@bk.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

M.PUREVDASH, *post-graduate student*, *moogi@mail.ru*
S.N.SALTIKOVA, *PhD in eng. sc.*, *assistant professor*, *ssn_58@mail.ru*
N.M.TELYAKOV, *Dr. in eng. sc., professor, ptpe_spmi@bk.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА МЕДНЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЭРДЭНЭТИЙН ОВОО»

Изучен процесс бактериального выщелачивания медных сульфидных руд месторождения «Эрдэнэтийн Овоо». Проведены исследования влияния крупности руды, pH среды бактериального раствора, количества бактерий в бактериальном растворе на извлечения меди при бактериальном выщелачивании.

***Ключевые слова*:** медно-сульфидная руда, бактериальное выщелачивание, извлечение меди, крупность руды.

BIOHYDROMETALLURGICAL PROCESSING OF COPPER SULFIDE ORE OF «ERDENETIIN OVOO» DEPOSIT

It is studied bioleaching of copper sulfide ore of Erdenetiin ovoo deposit.

It is studied effect of ore size and pH of bacterial solution, the bacteria count of the bacterial solution on the extraction of copper of bacterial leaching.

***Key words*:** copper-sulfide ore, bioleaching, copper recovery, ore size.

Гидрометаллургические методы, в частности, бактериальное выщелачивание, являются перспективными для переработки бедных труднообогатимых руд, удельный вес которых возрастает с каждым годом.

Месторождение «Эрдэнэтийн Овоо» отрабатывается с 1978 г., к настоящему времени запасы легкообогатимой руды значительно уменьшились, а требования к медным и молибденовым концентратам не изменились. Накопление большого количества бедных по содержанию меди, труднообогатимых руд в отвалах месторождения «Эрдэнэтийн Овоо», которые традиционным способом обрабатывать нерентабельно, вынуждает внедрить другую технологию, которая позволит существенно расширить сырьевую базу медного производства Монголии и обеспечить рациональное использование природных ресурсов [3].

В связи с этим возникла необходимость привлечения современных рациональных и эффективных технологий для получения приемлемых технико-экономических показателей. Использование биовыщелачивания металлов является простым, эффективным, экологически чистым и экономически дешевым способом из существующих технологий переработки руд.

Биокаталитическое ускорение достигается в результате окисления бактериями сульфата закиси железа до сульфата окиси после того, как $FeS0_4$ образуется в результате химического окисления сульфидов железа [1, 2]:

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4;$$

$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + 0_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$
(Thiobacillus ferrooxidans).

Образующийся в результате жизнедеятельности бактерий сульфат окиси железавзаимодействует с сульфидными минералами:

$$Cи_2S + 2Fe_2(S0_4)_3 = 2CиSO_4 + 4FeSO_4 + S;$$
$$CиFeS_2 + 2Fe_2(S0_4)_3 = CиSO_4 + 5FeSO_4 + 2S.$$

Сера окисляется в присутствии бактерий до серной кислоты:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4.$$
(Thiobacillus Thiooxidans)

Цель лабораторных исследований. Целью исследовательской работы является изучение процесса бактериального выщелачивания медных сульфидных руд месторождения «Эрдэнэтийн Овоо».

В эксперименте использовались автотропные бактерии Thiobacillus ferrooxidans, выделенные из рудничных вод месторождения «Эрдэнэтийн Овоо». Для поддержания жизнедеятельности бактерий в термостате поддерживалась температура 32-35 °С, постоянная аэрация питательной среды 9К. Для исследования материала от внешнего отвала месторождения «Эрдэнэтийн Овоо» взяты сульфидные и смешанные руды. Среднее содержание в руде окисленной части составляет 14,1 %, вторичных сульфидов 73,8 %, первичных сульфидов 12,1 %. Среднее содержание меди в забалансовых рудах составляет 1.24 %.

Методика проведения испытаний. Моделью кучного способа выщелачивания служили пластиковые колонны с соответствующими размерами, заполненные рудой.

Диаметр колонок в 5-6 раз больше, чем максимальный размер кусков дробленой руды и высота колонок в 10-16 раз больше, чем ее диаметр.

В табл.1 приведены размеры колонок, класс загруженной руды, содержание металлов в руде и типы выщелачивающих растворов.

В качестве контрольного варианта проводились испытания по химическому выщелачиванию (с концентрацией H_2SO_4 2 г/л).

Результаты испытаний. Испытания продолжались 7 месяцев. В колонках, где проводилось бактериальное выщелачивание, предварительно была проведена стадия бактериального окисления, затем орошение сернокислыми растворами. Когда концентрация меди в растворе резко уменьшалась, повторно проводили бактериальное окисление с добавлением культуры бактерий Thiobacillus ferrooxidans, т.е. процессы окисления и выщелачивания проводились в разные интервалы времени.

Таблица 1

Условие испытаний

Колонки	Размер колонок	Класс руды, мм	Вес руды, кг	Содержание меди %				Типы растворов
				Окислительная	Вторичная	Первичная	Общее	
№ 1	*d* = 100 мм *H* = 1200 мм	– 25	12	0.177	0,909	0,15	1,24	Бактериальный раствор
№ 2		– 25	12	0,177	0,909	0,15	1,24	Кислотный раствор (H_2SO_4 2 г/л)
№ 3		– 45	12	0,177	0,909	0,15	1,24	Бактериальный раствор
№ 4		– 45	12	0,177	0,909	0,15	1,24	Кислотный раствор (H_2SO_4 2 г/л)

Таблица 2

Результаты бактериального выщелачивания колонки 1

Содержание меди до выщелачивания, %				Содержание меди после выщелачивания, %				Извлечение меди, %			
Окислительная	Вторичная	Первичная	Общая	Окислительная	Вторичная	Первичная	Общая	Окислительная	Вторичная	Первичная	Общая
0,177	0,909	0,15	1,24	0,008	0,16	0,12	0,29	95,48	82,4	20	76,54

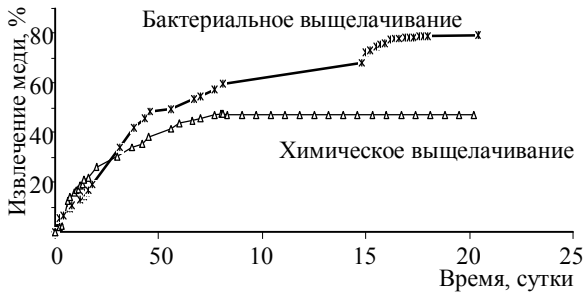


Рис.1. Зависимость извлечения меди от условий бактериального и химического выщелачивания

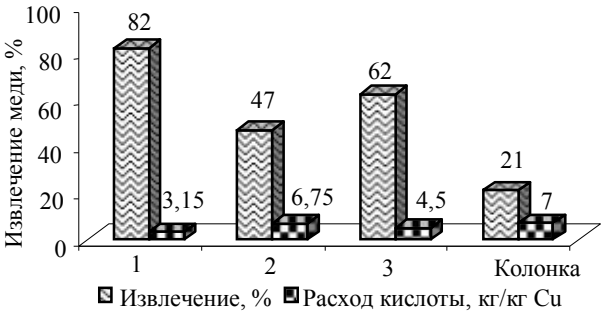


Рис.2. Извлечение меди и расход кислоты в каждой колонке

В колонке 1 (бактериальное выщелачивание) извлечение меди по результатам титрования растворов составило 82,4 %, а по результатам химического анализа руды, до и после выщелачивания извлечение 76,5 %.

В колонке 3 с кислотным выщелачиванием, где содержание руды, минералогический состав такой же, как и в колонке № 2, извлечение меди достигло 47 %.

На рис.1 показано извлечение меди химического и бактериального выщелачивания по результатам титрования растворов после выщелачивания.

В табл.2 показано извлечение меди, из колонки 1 на основании химического анализа твердой пробы, выполненной химической лабораторией ГОК СП «ЭРДЭНЭТ».

В процессе бактериально-химического выщелачивания, происходит дополнительное выделение кислоты бактериями, что снижает расход серной кислоты по сравнению с традиционным кислотным орошением (рис.2).

Выводы

1. Относительное извлечение меди из окисленных минералов достигло 95,48 %, из вторичных сульфидов 82,4 %, из первичных сульфидов 20 %.

2. В процессе бактериально-химического выщелачивания, за счет окисления элементарной серы микроорганизмами, происходит выделение кислоты, что снижает расход реагента по сравнению с химическим выщелачиванием:

– 3,15 кг H_2SO_4 на 1 кг Cu (бактериально-химическое выщелачивание).

– 6,75 кг H_2SO_4 на 1 кг Cu (химическое выщелачивание).

3. Чем меньше крупность исходной руды в пределах достигаемой крупности в операции дробления, тем больше извлечение меди.

4. Чем больше количество бактерий, тем больше извлечение меди (при концентрации клеток бактерий $6 \cdot 10^7$.

Оптимальный pH для развития бактерий и наибольшего извлечения меди (1.5 г/л в сутки) составляет 1,8-2,2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биогеотехнология металлов: Практическое руководство / Г.И.Каравайко, Дж.Росси, А.Агате и др. ЦМП ГКНТ. М., 1989. 375 с.

2. *Полкин С.И.* Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов / С.И.Полкин, Э.В.Адамов, В.В.Папин. М.: Недра, 1982.

3. Технологические исследования возможности биовыщелачивания сульфидных руд месторождения «Эрдэнэтийн Овоо» с помощью мезофильных бактерий / С.Дава аням, Х.Сэрээдорж, М.Ганболд и др. Эрдэнэт. 2004.

REFERENCES

3. Technological research opportunities of bioleaching copper sulfide ore of «Erdenetiin Ovoo» deposit using mesophile bacteria / S.Davaanyam, Kh.Sereedorj, Ts.Tsend-Ayush, L.Munkhbayar. Erdenet. 2004

1. Biotehnology of metal. Practical guidance / G.I.Karavaiko, DJ.Rossi, A.Agate, S.Grudev and Z.A.Avakyan. TSMP GKNT. Moscow, 1989. P.375.

2. *Polkin S.I.* Technology of bacterial leaching of nonferrous and rare metals / S.I.Polkin, E.B.Adamov, B.B.Panin. Moscow: Nedra, 1982.