

**РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО
ПЕРЕРАБОТКЕ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛЬМАКЫР**

Р.Б. Усенов

И.М. Алматы

ГУ «Институт минеральных ресурсов», info@gpniimr.uz

Э.Н. Юсупходжаева

*²Ташкентский государственный технический университет имени
И.Каримова, tstu_info@tdtu.uz*

ВВЕДЕНИЕ

Мировой спрос на медь продолжает расти: за последние 50 лет мировое потребление рафинированной меди выросло более чем втрое благодаря расширению таких секторов, как электротехническая и электронная продукция, строительство зданий, промышленные машины и оборудование, транспортное оборудование, а также потребительские товары и товары общего назначения.

Основное количество меди извлекается из сульфидных медных руд, но альтернативно можно использовать гидрометаллургический способ извлечения меди из низкосортных оксидных руд, а также из некоторых сульфидных руд путем выщелачивания (экстракция растворителем) и электролиза (процесс SX-EW). Выход аналогичен электрорафинированию – катодная рафинированная медь. По оценкам ICSG, в 2022 году производство рафинированной меди в процессе SX-EW составило около 19,6% от общего объема [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Пробы отобраны из окисленных медных руд месторождения Кальмакыр. Было проведено кучное выщелачивание с использованием серной кислоты и получен продуктивный раствор. Для разработки оптимального процесса извлечения ценных металлов из продуктивного металлосодержащего раствора с определенными свойствами необходимо на первом этапе установить, можно ли отнести используемый раствор к стандартным, и каких результатов следует ожидать при его обработке в стандартном режиме. Необходимо определить, какие металлы присутствуют в исходном растворе, концентрации металлов, pH среды, присутствие аммиака и его концентрацию, присутствие хлоридов или нитратов и их концентрации, а также некоторые другие параметры. Зная конкретный состав раствора, можно строить прогнозы, о том какие металлы можно из него выделить, используя технологию экстракции [2].

В нашем случае, после кучного выщелачивания раствор имеет показатели, отраженные в табл. 1.

Таблица 1

Содержания отдельных металлов в растворе после кучного выщелачивания (мг/л), по данным АЭС-ИСП

Элемент	Раствор	Элемент	Раствор
Ag	0,051	Nd	0,763
Al	341,2	Ni	0,465
As	0,35	P	131,2
Au	0,014	Pb	0,784
Ba	0,0001	Pr	0,188
Be	0,023	Rb	1,249
Bi	0,06	S	14910
Ca	441	Sb	0,017
Cd	0,006	Sc	0,193
Ce	1,361	Se	0,144
Co	0,574	Sm	0,239
Cr	0,444	Sn	0,045
Cs	0,0001	Sr	2,303
Cu	1606,5	Ta	0,028
Dy	0,2152	Tb	0,004
Er	0,037		

Проведены исследования по экстракции с применением различных марок экстрагентов в следующих условиях: органическая фаза экстрагент – 50% и растворитель – 50%, соотношение органической и водной фаз – 1, время агитации 3 мин, температура комнатная. В качестве растворителя использовался ESCAID 110 компании ExxonMobil. Деление органической и водной фаз проводилось с помощью делительной воронки (табл. 2).

Как следует из табл. 2, при разных экстрагентах извлечение меди в органическую фазу в пределах 92-94%. Далее был использован экстрагент LIX984-N.

Для определения оптимального объема экстрагента был приготовлен органический раствор с содержанием экстрагента = 10, 20, 30, 40 и 50% в соответствующем растворителе.

Таблица 2

Результаты экстракции при разных экстрагентах

Номер опыта	Экстрагент	Содержание Cu в водной фазе, г/л	Извлечение Cu в органическую фазу, %
1	LIX984-N	0,11	93,4
2	Mextral 5774	0,12	92,8
3	Mextral 5640H	0,10	94,0
4	Mextral 984H	0,11	93,4
5	Mextral 973H	0,09	94,6

Эти органические растворы затем использовались в серии испытаний по смешению с продуктивным раствором и с раствором реэкстракции расчетного состава. Органический раствор перемешивался с продуктивным раствором при соотношении органической и водной фаз - 1 с помощью мешалки в течение, приблизительно, 3 минут и разделение в делительной воронке. После разделения фаз водная фаза измерялась на медь и удалялась (табл. 3).

Таблица 3

Содержание меди в водной фазе после экстракции при разных содержаниях экстрагента, по данным химического анализа

Номер опыта	Соотношение экстрагента с растворителем в органическом растворе	Содержание Cu в водной фазе, г/л	Извлечение Cu в органическую фазу, %
1	LIX984-N - 10% Растворитель - 90%	0,45	73,1
2	LIX984-N - 20% Растворитель - 80%	0,35	79,0
3	LIX984-N - 30% Растворитель - 70%	0,16	90,4
4	LIX984-N - 40% Растворитель - 60%	0,14	91,6
5	LIX984-N - 50% Растворитель - 50%	0,09	94,6
	Исх. раствор	1,67	

Базируясь на результатах, проведено исследование в лабораторных многоступенчатых экстракционных установках непрерывного действия по следующей схеме 2E + 1S (2 экстракции, 1 реэкстракция) (рис. 1). Конечным

продуктом экстракции и реэкстракции является электролит, состав которого указан в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав медного электролита, мг/л

Cu	Ni	Sn	Pb	As	Mg
36800	4,575	<0,01	0,1	3,675	1235
Al	Bi	Ca	Zn	Sb	Fe
1377,5	0,102	310,0	63	0,04	1630

Дальнейшая переработка реэкстракта осуществляется наиболее эффективным и уже хорошо освоенным процессом электролиза [3, 4, 5].

При проведении электролиза использовались следующие параметры:

- электролит с содержанием меди 36,8 г/л;
- концентрация H₂SO₄ 150-175 г/л;
- плотность тока 270-300 А/м²;
- температура электролита 35-50°С;
- время электролиза 1 сутки.

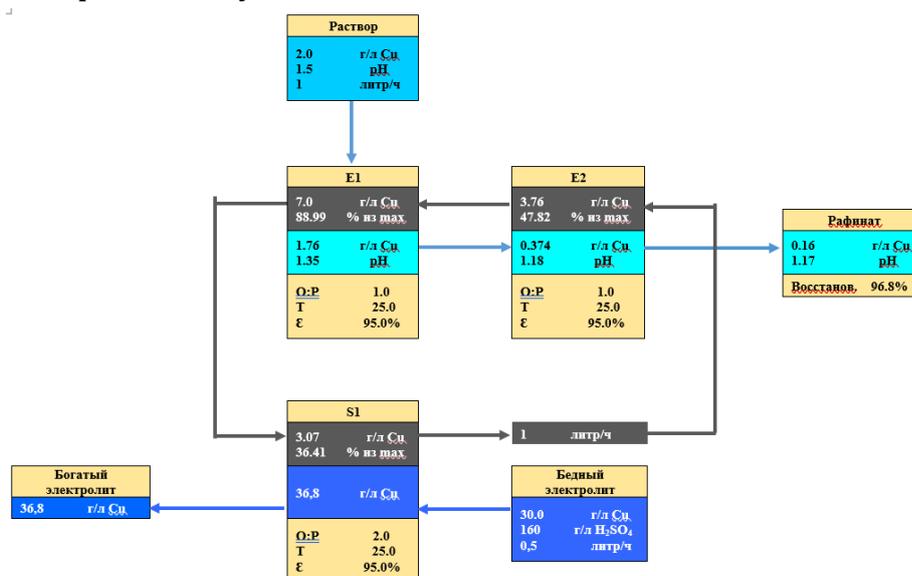


Рис. 1. Технологическая схема экстракции (2E + 1S)

По истечении времени катодная медь промыта и проанализирована. По результатам химического анализа состав катодной меди представлен в табл. 5. Полученная катодная медь соответствует уровню М1к не только по содержанию меди (не менее 99,95%), но и по всем основным примесям (рис. 2).

Таблица 5

Химический состав катодной меди, %

Cu	Bi	Sb	As	P	Pb
99,96	0,0003	0,0001	0,0003	0,002	0,0006
S	Sn	Ni	Fe	Zn	Ag
0,005	0,0003	<0,0000	<0,0000	0,001	0,0003
	1		03		

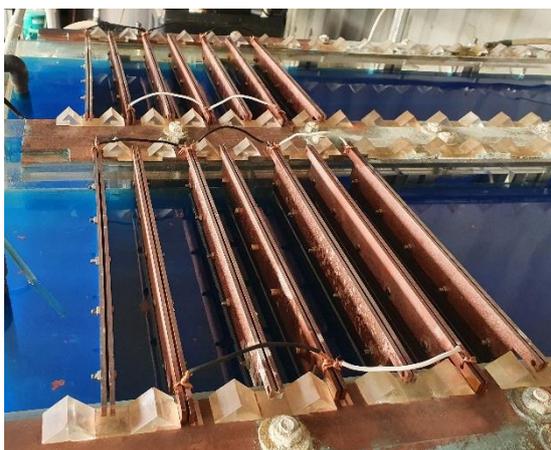


Рис. 2. Медь катодная.

Электролит, обезвоженный до концентрации меди 30-35 г/дм³ в результате электролиза, возвращали на операцию реэкстракции, где дополнительно обогащали ионами меди до концентрации 45-50 г/дм³ и вновь направляли на электролиз, до достижения нормативных показателей (150-160 г/дм³) при этом снизилась избыточная концентрация свободной серной кислоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При кучном выщелачивании извлечение меди в раствор составило до 65,9%, при этом оптимальный класс крупности исходных проб находится в пределах от 1 до 3 мм. Со снижением и увеличением класса крупности снижается извлечение меди в раствор. Необходимо отметить, что при мелких классах шламовая часть руды затрудняет проницаемость кислоты.

Определены оптимальные параметры экстракции и реэкстракции окисленных и смешанных медных руд, а также в процессе электролиза насыщенного медного электролита получена катодная медь с содержанием меди 99,96 %, соответствующая требованиям марки М1к.

ЛИТЕРАТУРА:

1. The world copper factbook 2023 (International Copper Study Group – ICSG) – С.10
2. Мартиросян В.А., Лисовская Ю.О., Сасунцян М.Э. Извлечение меди из растворов серно-кислотного выщелачивания золото-медных сульфидных

концентратов Дрмбона методом экстракции // Вестник ГИУА. Серия «Химические и природоохранные технологии». - 2014. - Вып.17. - С. 1-6.

3. Захарьян С.В. Исследование и разработка гидрометаллургической технологии переработки бедного медно-сульфидного сырья Жезказганского региона с извлечением меди и сопутствующих ценных компонентов сорбционным методом: Автореф. дисс. - Екатеринбург, 2020.

4. Медная обогатительная фабрика [Электронный ресурс] / Официальный сайт АО «Алмалыкский ГМК»: <https://almalyk.uz/медная-обогатительная-фабрика>.

5. Usenov R.B., Yusupkhodjaev A.M., Kholtursunov F.N. Flotation results of oxidized copper ores of the Kalmakyr deposit // International journal of trend in scientific research and development (ijtsrd). – 2020. - Vol. 5. - Issue 1. - P. 2456-2470.