© Б.Д. Халезов, 2014

УДК 669.053.4

Б.Д. Халезов

К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ РУД УДОКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Исследованные ранее различные пирометаллургические и гидрометаллургические схемы переработки руд Удоканского месторождения экономически неэффективны. В данной статье предложено все окисленные и бедные руды перерабатывать кучным выщелачиванием. Богатые хорошо обогатимые руды использовать при традиционной пирометаллургической схеме. Пирометаллургическая схема позволяет производить кроме меди серную кислоту и пар, которые нужны для осуществления кучного выщелачивания. Совместная пиро- и гидрометаллургическая схема позволяет значительно повысить как комплексность использования сырья, так и экономику процесса.

Ключевые слова: руда, кучное выщелачивание, экстракция, катодная медь.

Для переработки руд Удоканского месторождения исследовано множество схем, включая традиционные обогащение – плавка, гидрометаллургическую тонкоизмельченной руды и комплексные гидрообогатительные и гидрофлотационно – пирометаллургические [1].

При флотации резко различаются уровни извлечения меди в зависимости от окислености руды от 72 до 95%. Из этого следует, что наибольшее извлечение достигается из сульфидной части руды и меньшее из смешанной с преобладанием окисленной.

Отсюда напрашивается вывод, что окисленную руду, окислено-сульфидную с преобладанием первой и бедные смешанные руды следует перерабатывать геотехнологией, то есть кучным выщелачиванием (КВ). Для этого требуется соответствующая классификация руд, которая давно организована на ряде горнорудных предприятиях России.

Следует учесть и бортовое содержание 0,6% меди. Это означает, что согласно проектных разработок только около 4 млрд м^3 бедной руды и минерализированных пород планируется складировать в отвалы. А с учетом окисленных и других некондиционных руд это количество многократно возрастает.

Богатую руду с преимущественным содержанием сульфидов предполагается перерабатывать пирометаллургической технологией с предварительным обогащением с высокими показателями извлечения (более 95%).

Известно, что для КВ требуется серная кислота и вода. По имеющимся у нас данным все растворы при КВ находятся в обороте. В условиях Среднего Урала период выщелачивания в теплое время составляет 180 суток в году с мая по октябрь. В условиях Удоканского месторождения теплое время года 140 суток. Можно остановить выщелачивание на зимний период или продолжить процесс за счет подогрева воды и подачи ее по закрытым трубопроводам. Такая практика существует в отечественных аналогах. Кроме того пока в качестве экзотического предложения можно обратить внимание на разрабатываемые технологии использования тепла земли за счет бурения глубоководных скважин. В конкретных условиях подогрев воды следует организовывать за счет утилизации тепла пирометал-

Таблица 1

Химический состав руды

Массовая доля, %									
Cu	**Fe**	**S**	**Ca**	**Mg**	**Al**	**Na**	**K**	**SiO_2**	**Mo**
2,37	2,81	0,47	0,27	0,50	4,50	1,90	1,75	69,0	0,022

Таблица 2

Фазовый состав меди в руде

Наименование фаз	масс. %	отн., %
Медь в оксидах	1,56	65,82
Медь во вторичных сульфидах	0,81	34,18
Первичные сульфиды	следы	–
Сумма фаз, %	2,37	100

Таблица 3

Гранулометрический состав руды

Фракция, мм	Выход фракции, %
-25 +10	77,68
-10 +5,1	10,75
-5,1 +3,15	4,30
-3,15 +1,60	2,16
-1,6 +0,315	3,49
-0,315 +0,16	0,80
-0,16	0,82

лургического производства [1, с. 43]. Согласно этим расчетам можно получать 120–150 т/ч пара. Таким образом, используя эти данные, имеется возможность организовывать КВ круглогодично.

В процессе пирометаллургической переработки руд и сернокислотного производства получается серная кислота. При указанных объемах производства меди в количестве 474 тыс. т/ год, образуется 0,6 млн т серной кислоты [1, с. 43]. Таким образом, в КВ будет использоваться реагент, производимый на месте. Одним из важных моментов следует указать, что образующаяся в кислотном цехе промывная кислота может быть полностью использована при КВ. Ее не следует доукреплять или нейтрализовать. В электролизе черновой меди загрязненный электролит без какой-либо очистки также пригоден для КВ.

В качестве обоснования указанных предложений приведены наши данные о выщелачивании пробы удоканской руды, полученные еще в середине XX в. Выполнено перколяционное выщелачивание руды, имитирующее КВ.

Использовали пробу, характеристика которой представлены в таблицах 1, 2 и 3.

Медные минералы представлены в основном окисленными минералами и вторичными сульфидами, которые активно разлагаются в водных растворах серной кислоты [2]. Медные минералы содержатся в следующем количестве, масс. %: 68,5 малахита и брошантита; 29,6 халькозина, ковеллина, борни-

та; 1,9 халькопирита. Руда имеет благоприятное для КВ прожилковое тонковкрапленное оруднение. Породообразующие минералы руды (кварц, полевой шпат, серицит), на долю которых приходится до 90%, являются кислотоупорными, что предопределяет пониженный расход серной кислоты.

Результаты поисковых исследований представлены на рис. 1 и 2, из которых следует, что из дробленой руды крупности до -10 мм 90%-е извлечение можно достичь в течение 160 суток. Расход кислоты в данном случае не превышает 1 т/т меди. При увеличении крупности руды темпы извлечения соответственно снижаются в результате затруднения диффузионных процессов.

Методом планирования экспериментов для подобной руды при крупности -400 мм установлены следующие оптимальные параметры: CH_2SO_4 = 3–5 г/дм^3, τ = 1–5 сут, V = 40–60 дм^3 раствора на 1 т руды. Удельный расход кислоты 1–3 т/т меди, продолжительность выщелачивания до 85–90%-ного извлечения 600–800 суток.

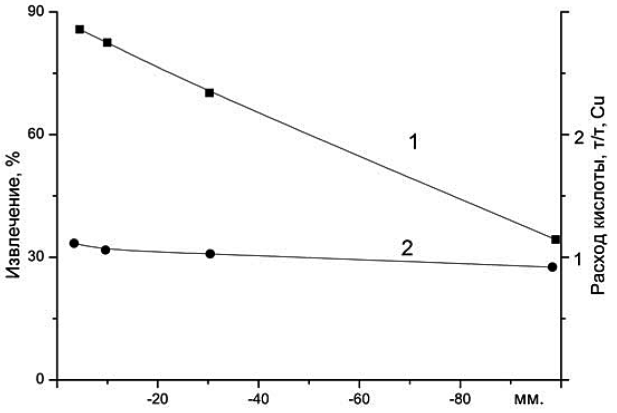


Рис. 2. Зависимость извлечения меди (1) и расхода кислоты (2) от крупности руды при продолжительности выщелачивания 100 сут, плотности орошения 60 дм^3/т руды, паузе 1,4 сут, $C_{H_2SO_4}$ = 10 г/дм^3

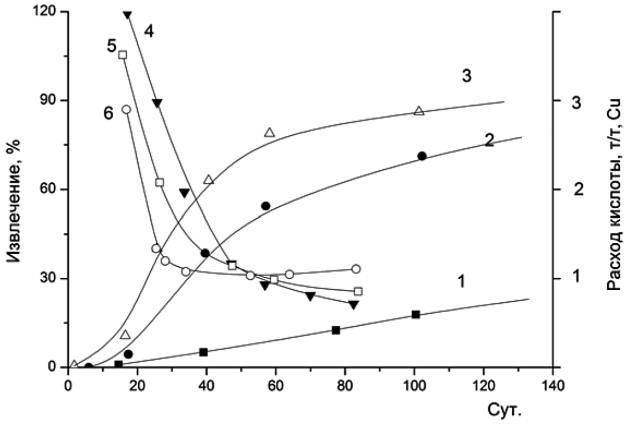


Рис. 1. Зависимость извлечения меди (1, 2, 3) и расхода кислоты (4, 5, 6) от продолжительности выщелачивания при плотности орошения (V) 60 дм^3/т руды, паузе орошения (τ) 1,4 сут, крупности руды -10 мм, $C_{H_2SO_4}$ = 1 г/дм^3 (1, 4), 2,5 г/дм^3 (2, 5), 10 г/дм^3 (3, 6)

Если в условиях Удокана выщелачивать только в теплое время года (140 сут/г), то продолжительность выщелачивания составит 5–7 лет. Круглогодичная эксплуатация КВ при подогреве растворов из такой крупности составит 2–3 года.

Экономичность КВ при переработке руды дробленой или естественной крупности решается проектом.

Получаемые при выщелачивании растворы содержат в основном три компонента, г/дм^3: 1–3 Cu; 0,5–2 Fe; 1–1,5 H_2SO_4. В то же время содержание элементов пустой породы (Al, Mg, Ca, Si) в сумме не превышает 0,6 г/дм^3.

Учитывая состав растворов и большие масштабы КВ следует считать, что наиболее приемлемым способом извлечения меди является экстрак-

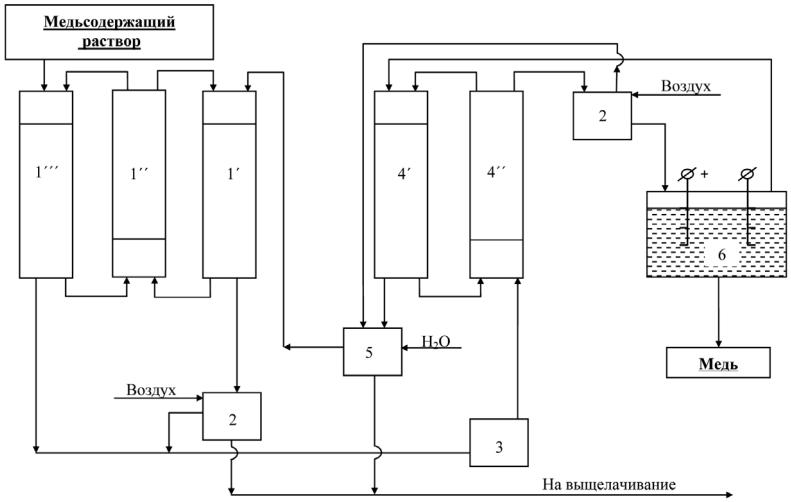


Рис. 3. Схема цепи аппаратов экстракции и электролиза меди из растворов кучного выщелачивания: 1 – экстракторы, 2 – аппарат для флотации органической части, 3 – бак для сбора и отстаивания органической части, 4 – реэкстракторы, 5 – бак для отмывки экстрагента от кислоты, 6 – электролизер

ционный с получением катодного осадка. Данный способ широко изучен в науке и освоен на практике (рис. 3)

На рис. 4 представлена предполагаемая технологическая схема переработки руд Удоканского месторождения.

При осуществлении технологии с замкнутым водооборотом имеется возможность извлекать из руды сопутствующие элементы, включая редкие и благородные металлы.

Твердые остатки после обезмеживания руды пригодны для рекультивации и использования в строительной индустрии.

Выводы

1. Имеется отечественная и зарубежная практика эффективного кучного выщелачивания различных промышленно-генетических руд медных месторождений.

2. Наиболее перспективным из всех ранее опубликованных способов является кучное выщелачивание руд Удоканского месторождения по экологически чистой и экономически выгодной технологии. Имеет место применение чанового перколяционного выщелачивания дробленой руды.

3. Предлагается все богатые хорошо обогатимые руды перерабатывать по традиционному способу обогащение – плавка, в результате чего значительно повысится экономичность предложенной ранее технологии [1].

4. В процессе горной отработки месторождения все окисленные и бедные руды рекомендуется отсыпать в отвалы на специально подготовленные площадки.

5. Одновременно пирометаллургическое производство будет являться донором серной кислоты и тепла для подогрева растворов КВ.

6. Таким образом, предлагается не «вместо», а «вместе» осуществлять переработку руды пиро- и гидрометаллургическими способами. Это, как известно всегда дает положительный технико-экономический эффект.

7. Все сказанное позволит повысить полноту использования сырья и выве-

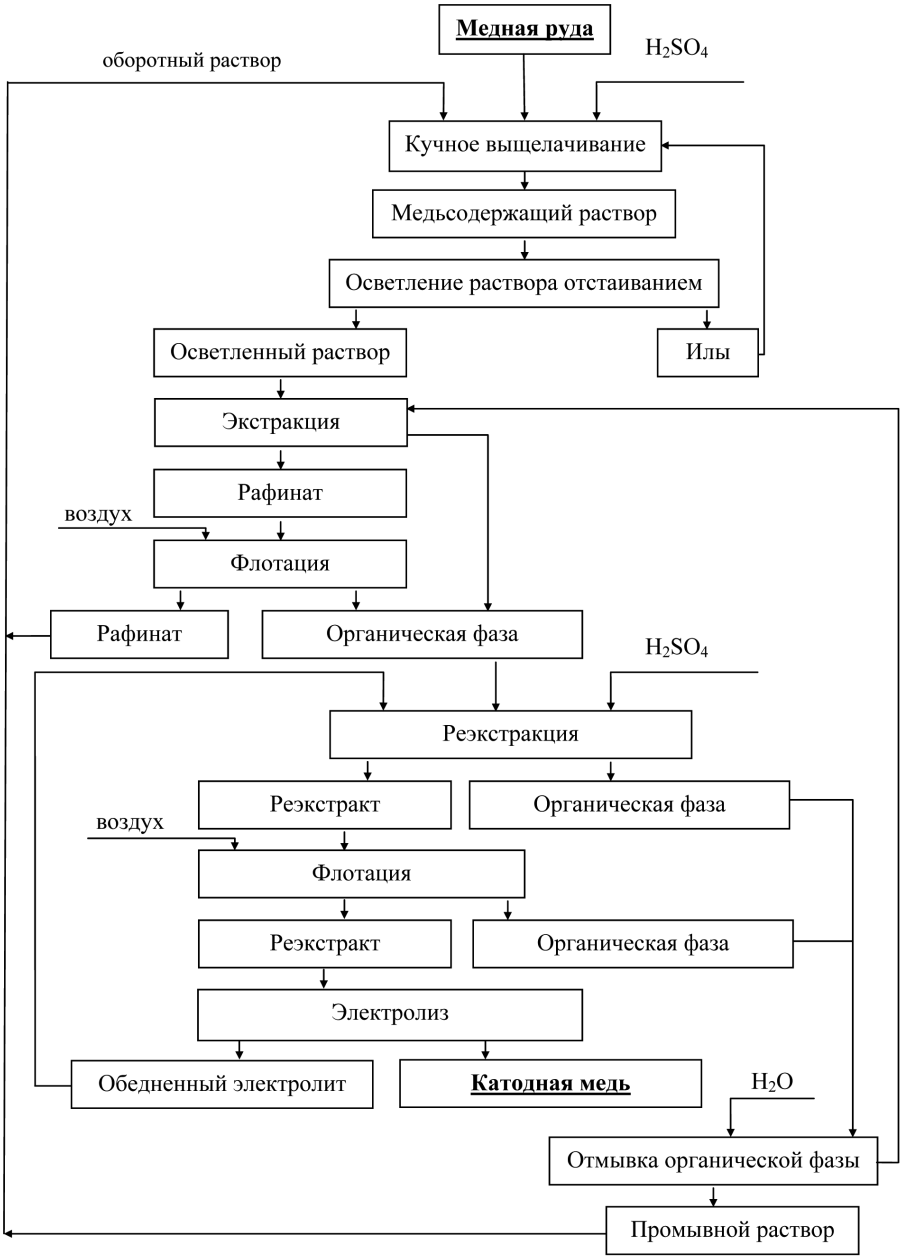


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема кучного выщелачивания руд Удоканского месторождения

сти проблему эксплуатации месторождения из экономического тупика.

8. С целью получения исчерпывающих данных для промышленного проектирования необходимо выполнить опытно-промышленные испытания КВ на имеющейся промплощадке Удоканского месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. // Цветная металлургия. – 2012. – № 3. – с. 43.

2. *Халезов Б.Д.* Кучное выщелачивание медных и медно-цинковых руд. – Екатеринбург: УрО РАН, 2013. – 360 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Халезов Борис Дмитриевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, e-mail: bd-chalezov@yandex.ru,
Институт металлургии Уральского отделение РАН.

UDC 669.053.4

PROBLEMS OF UDOKANSKY FIELD ORES PROCESSING

Khalezov B.D., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher,
e-mail: bd-chalezov@yandex.ru,
Institute of Metallurgy of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences.

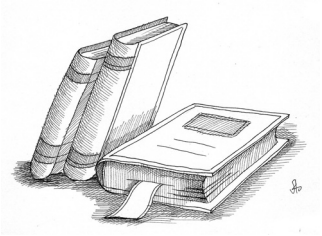
Various pyrometallurgical and hydrometallurgical schemes considered early for processing of the Udokansky field ores are economically inefficient. Heap leaching for processing of all oxidized and low-grade ores is considered in this article. High-grade and good dressable ores are offered to process by traditional pyrometallurgical scheme. The pyrometallurgical scheme allows to produce moreover copper sulfuric acid and vapor, which are necessary for heap leaching realizing. Joint piro-and hydrometallurgical scheme allows to considerably increase complex using of raw materials, as well as process economy.

Key words: ore, heap leaching, extraction, cathode copper.

REFERENCES

1. *Cvetnaja metallurgija*, 2012, no 3, p. 43.
2. *Halezov B.D.* Kuchnoe vyshhelachivanie mednyh i medno-cinkovyh rud (Copper and copper–zinc ore heap leaching), Ekaterinburg, UrO RAN, 2013, 360 p.

РИСУЕТ ДАРЬЯ АБРЕНИНА



Я покупаю книги тех профессоров, у которых учился