© О.В. Морозова, С.В. Чмыхалова, 2007

УДК 622.014.3:502.76

О.В. Морозова, С.В. Чмыхалова

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАТОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ГОКА «ЭРДЭНЭТ» ОТ РАСТВОРЕННОЙ МЕДИ

Фильтраты хвостохранилищ обогатительных фабрик, перерабатывающих медные, медно цинковые и медно-молибденовые руды, характеризуются заметной концентрацией ионов тяжелых металлов, особенно меди. Сброс фильтратов в окружающие водоемы приводит к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами и обходится предприятиям в значительные штрафы [1]. Направление таких фильтратов обратно в технологический процесс часто приводит к потерям ценных компонентов за счет активации пирита ионами меди и нарушения селекции.

Анализ результатов статистического анализа показывает, что наиболее стабильными характеристиками фильтрата являются концентрации кислотных остатков и щелочноземельных металлов (КВ = 0,09-0,16). Это обусловлено буферным воздействием на систему содержащихся в ней породообразующих минералов. Концентрации меди, железа и молибдена характеризуются большей изменчивостью (КВ = 0,22 - 0,34), сопоставимой с коэффициентом вариации концентрации ионов водорода ($10^{-0,12}$ = 0,37).

Для выявления связей между параметрами ионного состава фильтратов был проведен регрессионный анализ исходного массива данных, результаты которого представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показывает, что величины и знак коэффициентов панной корреляции принципиально соответствуют нашим представлениям о характере химических взаимо-

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа массива данных ионного состава фильтратов хвостохранилища (значения коэффициентов парной корреляции)

Ионы	H^+	Cu^{2+}	Fe^{2+} Fe^{3+}	Mo^{3+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}
H^+	1	0,67	0,34	0,39	-0,23	0,12	0,33	0,35
Cu^{2+}	0,67	1	0,25	0,26	-0,44	0,38	0,45	0,50
Fe^{2+} +Fe^{3+}	0,34	0,25	1	0,41	-0,42	0,35	0,40	0,33
Mo^{3+}	0,39	0,26	0,41	1	-0,44	0,39	0,38	0,37
HCO_3^-	-0,23	-0,44	-0,42	-0,44	1	0,21	-0,38	-0,48
SO_4^{2-}	0,12	0,38	0,35	0,39	0,21	1	-0,28	-0,30
Ca^{2+}	0,33	0,45	0,4	0,38	-0,38	-0,28	1	0,49
Mg^{2+}	0,35	0,50	0,33	0,37	-0,48	-0,30	0,49	1

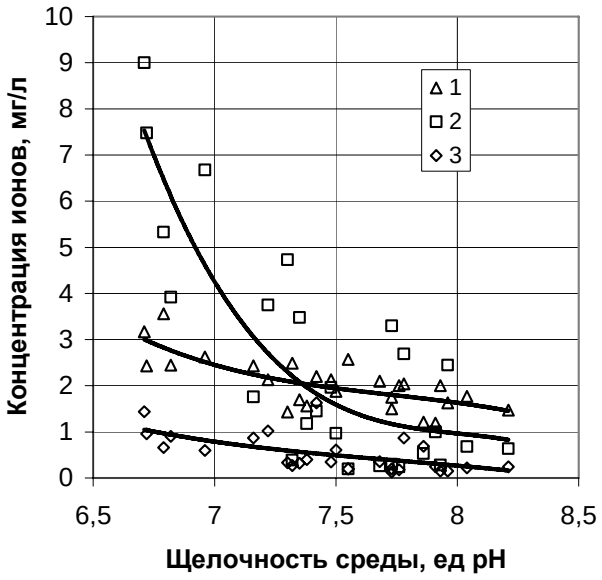

Рис. 1. Зависимости концентраций ионов молибдена, меди и железа от pH воды в фильтрационном канале: *1*- молибден; *2* – медь; *3* – железо

действий в жидкой фазе с участием минеральных компонентов. Так связь концентраций тяжелых металлов и щелочноземельных металлов с концентрацией ионов водорода характеризуется положительными значениями коэффициентов парной корреляции в интервале от 0,3 до 0,67. Это является прямым отражением связи кислотности среды с растворимостью окисленных и солеобразных минералов [2]. Аналогичным образом следует объяснить отрицательные значения коэффициентов парной корреляции для связей между концентрациями бикарбонатных ионов и ионов перечисленных выше металлов как следствие влияния на растворимость окисленных минералов и солеобразных минералов карбонатных ионов.

Анализ результатов показывает, что наибольшая теснота связи наблюдается между pH и концентрацией ионов меди (0,725). Характерно, что окисленные соединения железа и молибдена в меньшей степени реагируют
на изменение pH, что обусловлено их меньшей растворимостью в рассматриваемых условиях. Анализ полученных результатов также показал, что наряду с медью из закисленных фильтратов хвостохранилища может быть извлечен молибден, концентрации которого при pH менее 7 увеличиваются до уровня 3 мг/л и более, что близко к экономически обоснованной величине.

При проведении лабораторных исследований сорбционной технологии очистки фильтратов были определены технологические возможности процесса сорбции ионов меди на катионообменных сорбентах. Средний состав исследованных растворов был следующий, мг/л: Cu -.24; Fe общ - 22; $S_{общ}$ – 960; Ca – 280; Mg . 290; pH = 4,0 - 4,2. Объем сорбента составлял 20 мл, объем фильтрата, из которого производилась сорбция, составлял 400 мл.

С целью определения возможных результатов при сорбции и выбора ионита были проведены исследования по сорбционному извлечению меди ионитами марок КУ-2-8 и КБ-4 при различной продолжительности процесса сорбции.

Ионообменная смола КУ-2-8 (ГОСТ 20298-74) является монофункциональным сильнокислотным катионитом полимерного типа. Отличается хорошей осмотической стабильностью, высокой химической стойкостью к воздействию щелочей, кислот, окислителей;

Карбоксильные катионит КБ-4 (ГОСТ 20298-74) – полимер с метил-

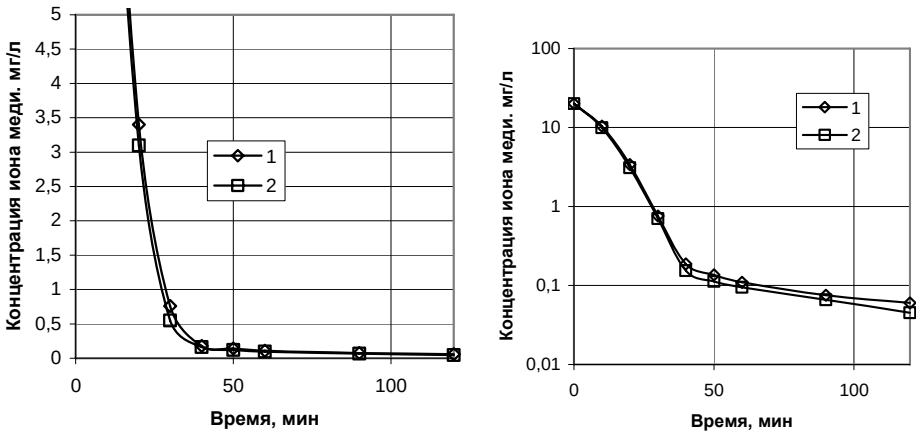

Рис. 2. Изменение остаточной концентрации иона меди в фильтрате при проведении процесса сорбции в статических условиях (справа – в полулогарифмических координатах): *1* – с использованием катионита КУ-2-8; *2* - с использованием катионита КБ-4

метакрилат-дивинилбензольной гелевой матрицей. Ионная форма – натриевая, тип – слабокислотный. Функциональная группа – карбоксильная.

Эксперименты проводились в статическом режиме на нерассеянных смолах по стандартной методике [3]. Результаты, представленные на рис. 2, показывают, что остаточная концентрация меди в процессе сорбции снижается со временем, достигая значений 0,04-0,05 мг/л.

При использовании слабокислотного катионита КБ-4 степень извлечение меди выше, и составляет при продолжительности сорбции более 1 часа около 99,8 %. Дальнейшее увеличение времени сорбции не изменяет остаточную концентрацию металла. При проведении экспериментов на смоле КБ-4 достигнута меньшая остаточная концентрация ионов меди (0,04 мг/л) и, соответственно большее извлечение меди (99,85 %). Полученные данные свидетельствуют о большей эффективности сорбента КБ-4 по отношению к меди.

Возможность достижения высокой степени извлечения металлов катионитом КУ-2х8 из фильтратов хвостохранилища (без предварительной подготовки последних) дали основание выбору катионита КУ-2х8 для проведения дальнейших исследований по оптимизации процессов очистки.

Дальнейшие исследования были проведены на реальных фильтратах хвостохранилища ГОКа «Эрдэнэт». Для моделирования условий сорбции после применения операции кислотного выщелачивания, в качестве исходного питания были использованы фильтраты полупромышленных опытов. Состав фильтратов и полученные результаты опытов представлены в табл. 2.

Опыты проводились в динамическом режиме на полупромышленной сорбционной установке объемом 5 л. Время сорбции составляло 15 - 45 мин.

Анализ полученных результатов (табл. 2) принципиально соответствует данным, полученным при лабораторных опытах, и подтверждает возможность

Таблица 2

Результаты опытов по сорбционному извлечению меди из фильтратов хвостохранилища ГОКа «Эрдэнэт»

Параметры исходного фильтрата				Время сорбции, мин	Остат. конц.меди, мг/л	Извлечение меди, %
pH	Концентрация, мг/л					
	меди	железа	кальция			
4,15	18,0	2,9	110,0	10	0,47	97,4
4,0	20,5	3,5	140,0	10	0,46	97,6
4,1	18,5	2,5	120,0	15	0,22	98,8
4,04	16,2	2,0	132,0	15	0,21	98,8
3,87	17,0	3,0	134.4	30	0,088	99,5
4,12	11,9	1,9	117,3	30	0,085	99,2
4,1	17,3	2,4	143.0	45	0,065	99,6
4,0	18,0	3,0	127,3	45	0,062	99,6

снижения концентрации меди в фильтратах хвостохранилища до экологически приемлемого уровня 0,065 – 0,085 мг/л с эффектив-ностью извлечения меди 99,5–99,8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мирзаев Г.Г., Иванов Б.А., Щербаков В.М., Проскуряков Н.М.* Экология горного производства: Учебник для вузов. М.: Недра, 1991.

2. *Чмыхалова С.В., Морозова О.В.* Моделирование процессов окисления и выщелачивания меди из минералов в складированных хвостах обогатительных фабрик // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006, № . - С.

3. *Аширов А.* Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. - Л.: Химия. - 1983. - 295 с.

Коротко об авторах

Морозова О.В. – аспирантка, Московский государственный горный университет.

Чмыхалова С.В. – Московский государственный горный университет.