

Д.Б. Холикулов, зам. директора, д-р техн. наук;  
К.З. Элчибоев, студ. (ТГТУ АФ, г. Алмалык, Узбекистан);  
А.Ф. Минаковский, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

## **ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» МЕТОДОМ ИОННОЙ ФЛОТАЦИИ**

Процесс во многих областях химии и металлургии связан с использованием новых эффективных процессов разделения компонентов из растворов. Несомненный интерес представляет процесс флотации ионов и молекул – перспективный метод извлечения необходимых элементов из растворов. Достижения последних лет, связанных с извлечением поверхностно-активных ионов, значительно расширили возможности данного метода [1–4].

Ионная флотация была разработана применительно к извлечению ионов с помощью поверхностно-активных ионов противоположенного знака. Это, собственно, и определило ее название. Однако аналогичный процесс возможен и в других случаях. Так как характерной особенностью данного процесса является образование пены, авторы [5] предложили термин «пенная флотация».

Хотя возможность флотационного извлечения осадков не вызвала сомнений и ранее, только в последнее время, в частности благодаря работам по ионной флотации, стало ясным, что флотация осадков является эффективным методом выделения веществ из их разбавленных растворов [6–7].

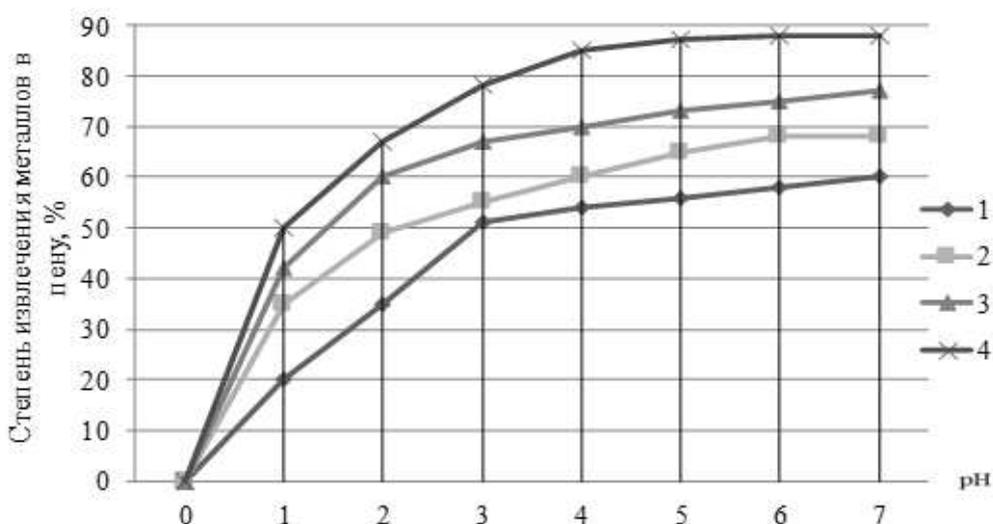
Представляет интерес возможность применения ионной флотации для технологических растворов АО «Алмалыкский ГМК», содержащих ионы металлов. Для проведения исследований были отобраны сбросные растворы медного производства: маточные растворы цеха производства редких металлов Медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК» (ЦПРМ МПЗ). В маточные растворы после извлечения переходит более 90 % молибдена из исходного раствора мокрого пылеулавливания. До настоящего времени маточные растворы не утилизируются из-за отсутствия эффективной технологии извлечения металлов из растворов с высоким содержанием серной кислоты. Потери молибдена со сбросным маточным раствором достигают 4–8 т/год, меди 40–45 т/год, цинка 30–35 т/год.

Для определения оптимальной кислотности раствора были проведены эксперименты при различных значениях рН. Для регулирования рН значения использовали известковое молоко. В качестве реа-

гента собирателя применяли нафтеновую кислоту. Результаты экспериментальных исследований процесса ионной флотации маточного раствора ЦПРМ МПЗ показали, что с увеличением pH раствора, увеличивается степень извлечения металлов в пенный продукт (рисунок 1). Наилучшие показатели извлечения металлов из маточного раствора ЦПРМ МПЗ достигнуты при значении pH 4–6 при продолжительности ионной флотации 5 мин. Извлечение молибдена, цинка, меди и железа составило 60, 68, 75 и 86%, соответственно.

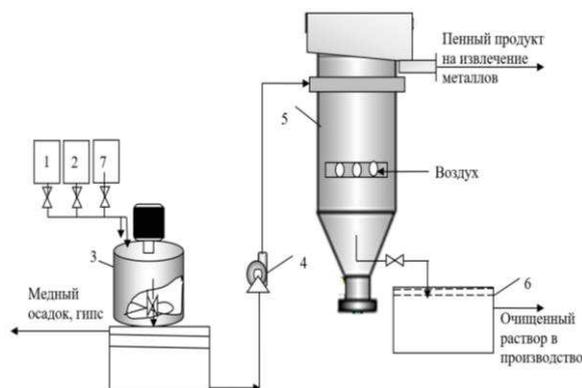
Для нейтрализации растворов с известью используется простой чан с механическим, пневмомеханическим и пневматическим перемешивающим устройством. Для ионной флотации металлов принимаем флотомашину колонного типа.

С целью проверки достоверности результатов лабораторных исследований и для разработки принципиальной технологии извлечения металлов из маточного раствора ЦПРМ были проведены полупромышленные эксперименты на промышленном маточном растворе ЦПРМ МПЗ. Для проведения полупромышленных испытаний было изготовлено оборудование и разработана технологическая схема, приведенная на рисунке 2. Основу её составляет цилиндрическая колонна (флотомашина) объёмом 0,1 м<sup>3</sup>. Ионная флотация осуществлялась в периодическом режиме.



Условия опытов: реагент – нафтеновая кислота, расход собирателя 100% от стехиометрии,  $\tau_{\text{ион.флот.}}$  – 5 мин, расход Т-80 – 3,0 г/м<sup>3</sup>:  
1 – молибден, 2 – цинк, 3 – медь, 4 – железа

**Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения металлов в пену от кислотности (pH раствора) маточного раствора ЦПРМ МПЗ**



1 – флотореагент; 2 – маточный раствор; 3 – реактор-смеситель; 4 – насос;  
5 – флотамашина; 6 – сборный резервуар осадка и раствора после ионной флотации; 7 – известь

**Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема извлечения металлов методом ионной флотации**

Согласно предлагаемой схеме сбросные растворы направляются в реактор-смеситель (3), в который подаются раствор собирателя (1) и раствор извести (2), создающий требуемую кислотность. Из реактора-смесителя растворы насосом (4) перекачиваются в пневматическую колонную флотомашину (5) для флотационного извлечения комплексных соединений металлов с флотореагентом. Воздух в колонну подается компрессором. Из флотомашин очищенные растворы направляются в сборник очищенных сточных вод (6), откуда возвращаются вновь в производство. Пена, образующаяся в процессе флотационной очистки сбросных растворов, поступает в пеносборник. Осадок, накапливающийся в пеносборнике, направляется на барабанный вакуум-фильтр для фильтрования, а далее на дальнейшую обработку.

Процесс эффективен при концентрациях металлов до  $1 \text{ мг/дм}^3$ , характерных для утилизируемых растворов медного и цинкового производства АО «Алмалыкский ГМК». Полученные результаты способствуют повышению извлечения металлов из утилизируемых растворов до 99%.

Разработанная технология извлечения металлов из металлсодержащих растворов медного производства позволяет расширить сырьевую базу производства металлов, уменьшить себестоимость извлечения ценных компонентов и предотвратить накопление техногенных отходов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Медяник Н.Л., Варламова И.А., Калугина Н.Л., Строкань А.М. Прогнозирование флотационной активности реагентов для извлечения

цинка и меди (II) по квантово-химическим дескрипторам // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2011. № 3. – С. 83–89.

2. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И., Болтаев О.Н. Новый подход к решению проблемы очистки сточных вод медного производства // Горный вестник Узбекистана. 2019. № 3 (78). – С. 92–96.

3. Chirkst D.E., Lobacheva O.L., Berlinskii I.V., Sulimova M.A. The thermodynamic properties of hydroxo compounds and the mechanism of ion flotation for cerium, europium, and yttrium // Russian Journal of Physical Chemistry. 2009. №83 (12). – P. 2022–2027.

4. Chekanova L.G., Manylova K.O., Pavlov P.T., Baigacheva E.V., Tiunova T.G. Complexation of ethyl 2-aryl(alkyl) sulfonylamino-4,5,6,7-tetrahydrobenzo[b]thiophene-3-carboxylates with nonferrous metal ions // Russ. J. Inorg. Chem. 2015. Vol. 60. №4. – P. 531–535.

5. Sebba F. Concentration by ion flotation // Nature, 1959, vol. 184, №4692. – P. 162–163.

6. Холикулов Д.Б., Рахмонов Н.М., Кодиров С.И. Возможности применения ионной флотации для извлечения металлов из различных растворов // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Матер. междунар. научн.-техн. конф. Екатеринбург: Форт-Диалог-Исеть. 2007. – С. 187–193.

7. Абдурахмонов С.А., Холикулов Д.Б., Пиримов А.П., Нормуротов Р.И., Назаров В.Ф. Статистическая обработка показателей ионной флотации металлов из сернокислых растворов. // Горный вестник Узбекистана, Навойи. 2005. № 4 – С. 67–69.

УДК: 547.371:547.372

М. Н. Ишанова, докторант;

А. А. Кадирбаева, доц., канд. техн. наук  
(ЮКУ им. М. Ауезова, г. Шымкент);

А. Ф. Минаковский, доц., канд. техн. наук;

В. И. Шатило, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕНТОНИТА ДАРБАЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА**

Одной из актуальных проблем Южного Казахстана является загрязнение подземных природных вод примесями – органическими веществами (фенолы и др.), ионами тяжелых металлов (цинк, свинец, кадмий, медь и др.). Загрязнение тяжелыми металлами отмечается наиболее часто. Высокое содержание химических элементов и их соединений, обусловлены природными и техногенными процессами.