

Е. Г. БОЧЕВСКАЯ<sup>1\*</sup>, А. Н. ЗАГОРОДНЯЯ<sup>1</sup>, З. С. АБИШЕВА<sup>1</sup>,  
Т. Н. АЙТКАЛИЕВ<sup>2</sup>, Ж. Ж. ЖУМАБЕКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы, \*elena\_bochevskaya@mail.ru

<sup>2</sup>РГП «Жезказганредмет», Жезказган

## СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОСМИЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье представлены результаты экспериментов по сорбционному извлечению осмия из двух видов сточных вод: исходных и предварительно нейтрализованных оксидом кальция до остаточной концентрации в них серной кислоты  $\sim 10$  г/дм<sup>3</sup> (далее подготовленных). Апробированы новые марки анионитов, синтезированных в России, Англии и США. Изучено влияние природы анионитов; солевой формы (хлоридная, сульфатная, гидроксидная) на примере одной марки анионита (А170) на сорбционные показатели осмия. Обосновано применение гидроксидной формы анионита для извлечения осмия из подготовленных сточных вод. Показано, что технологические параметры сорбционного извлечения осмия из подготовленных сточных вод гораздо выше, чем из исходных растворов.

**Ключевые слова:** сточные воды, осмий, сорбция, анионит, фильтрат, солевая форма, извлечение

**Введение.** Перспективным способом извлечения металлов платиновой группы, в частности осмия, является сорбция ионообменными смолами (ионитами), что позволяет использовать их для концентрирования этого элемента из различных видов растворов: модельных или промышленных [1-5], в которых он находится в миллиграммовых количествах.

В ближнем зарубежье (Россия) имеется ряд предприятий, где в технологическом цикле используется метод сорбционного извлечения осмия анионитами из растворов газоочистки – Заполярный филиал ОАО Горно-металлургическая компания «Норильский Никель» и комбинат «Североникель» [6-8].

Авторами публикации предложена технология переработки никелевых электролитных шламов Норильского горно-металлургического комбината, которая включает окислительно-сульфатизирующий обжиг. При этом осмий в форме тетраоксида примерно на 50 % переходит в газовую фазу, распределяясь в системе «мокрой» газоочистки между растворами, кеками, медным и никелевым шламами [6, 7]. Осмий из растворов извлекают анионитом ЭДЭ-10П в хлоридной форме на 90 %. Проводились работы [6, 8] по извлечению осмия из растворов от репульпации никелевого шлама и растворов газоочистки и на анионите АВ-17. Авторами показано, что с ростом концентрации серной кислоты в растворах от 10 до

50 г/дм<sup>3</sup> степень извлечения осмия ионитами ЭДЭ-10П и АВ-17 уменьшается от 94,6 до 71,4% и от 38 до 23,9 % соответственно.

Как известно из литературы [9], условия пирометаллургической переработки сульфидного медно-никелевого сырья приводят к переходу в газовую фазу около 80 % поступающего с сырьем осмия, который затем преимущественно концентрируется в промывной серной кислоте. Так, в промывной кислоте комбината «Североникель» содержится, г/дм<sup>3</sup>: 120 - 680 серной кислоты, 0,8 – 4,7 никеля, 1,1 – 4,3 меди, 0,04 – 0,15 цинка, 1,0 - 10,0 хлора, 0,0044 – 0,0086 осмия и 0,006 – 0,015 рения. Промывную кислоту, после её очистки от цинка на сильноосновной анионообменной смоле АМП, используют для нужд предприятия. При этом до 40 % осмия сорбируется на анионите АМП, содержание металла в нем составляет 2,75 % (масс.) [9, 10].

Анализ научно-технической и патентной литературы показал, что в публикациях отсутствуют сведения по технологическим параметрам, характерным для сорбционных процессов, например статическая обменная емкость (СОЕ) по осмию. Они, как правило, зависят от состава раствора и концентрации извлекаемого элемента. Растворы с концентрацией осмия менее 1 мг/дм<sup>3</sup> остались вне поля зрения исследователей.

Кроме того, появились новые марки ани-

онитов, применяемые в технологиях извлечения урана, золота, рения, редкоземельных металлов и других элементов. Это послужило основанием для проведения исследований по извлечению осмия из сточных вод медного производства методом сорбции.

**Экспериментальная часть.** Объект исследований - сточные воды РГП «Жезказган-редмет», содержащие 61,15 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 0,77 мг/дм<sup>3</sup> Os; нейтрализованные сточные воды: 10 г/дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 0,77 мг/дм<sup>3</sup> Os.

**Реагенты:** гидроксид натрия квалификации «хч», ГОСТ 4328-77; соляная кислота квалификации «хч», ГОСТ 3118-77; серная кислота квалификации «хч», ГОСТ 4204-77; аниониты (слабоосновные, сильноосновные - производителей различных стран ближнего и дальнего зарубежья). Характеристика анионитов приведена в таблице 1.

**Подготовка анионитов.** Очистку анионитов от продуктов синтеза и железа проводили растворами гидроксида натрия и соляной кислоты [11]. Определенный объем каждого предварительно набухшего в дистиллированной воде анионита загружали в стеклянные колонки. Затем пропускали по 10 уд. об. 5 % (масс.) раствора гидроксида натрия со скоростью 2 уд. об./ч. Для отмывки анионитов от щелочного раствора пропускали дистиллированную воду со скоростью 5 уд. об./ч до нейтральной реакции. Затем через каждую колонку пропускали 5 % (об.) раствор соляной кислоты со скоростью 2 уд. об./ч до отрицательной реакции на ионы железа. Аниониты от кислоты промывали дистиллированной водой до pH=6–7. Железо контролировали по роданиду аммония, гидроксид натрия и кислоту по фенолфталеину и метиловому оранжевому. Подготовленные аниониты сушили при темпе-

ратуре 50 °С до постоянного веса.

**Перезарядка ионитов в солевые формы.** Навески анионитов для получения равных объемов брали с учетом их набухания в дистиллированной воде, загружали в колонки и через них пропускали 5 % (масс.) раствор серной кислоты или 5 % (масс.) гидроксида натрия. Растворы пропускали со скоростью 2 уд. об./ч сверху вниз.

Полноту перезарядки анионита из хлоридной формы в сульфатную или гидроксидную контролировали по наличию в фильтратах хлорид-ионов, которые определяли по качественной реакции с азотнокислым серебром. При отсутствии хлорид-ионов в фильтратах аниониты промывали дистиллированной водой до нейтральной среды. Затем высушивали до постоянного веса при 50 °С.

**Методика проведения эксперимента.** Эксперименты проводили в статических условиях. Для определения статической обменной емкости по 0,05 г анионитов помещали в сухие колбы на 1 дм<sup>3</sup>, заливали 500 см<sup>3</sup> раствора и устанавливали на перемешивающее устройство. Контакт анионитов с раствором проводили в течение 6 сут. при комнатной температуре. Ежедневно визуально обследовали аниониты и растворы. Затем фильтрацией под вакуумом отделяли раствор от анионита. Растворы анализировали на осмий.

**Методы анализа.** Концентрацию осмия в растворах определяли фотоколориметрическим методом по образованию окрашенного комплекса с тиомочевинной [12].

**Результаты и их обсуждение.** Аниониты, как правило, выпускаются в хлоридной форме, поэтому в экспериментах использовали их в этой форме.

**Таблица 1 - Характеристика анионитов**

Анионит	Ионогенные группы	Структура	Тип
Cybbber A50	$\equiv \text{N}^+$	Гелевая	Сильноосновной
Cybbber ALX 220	$\equiv \text{N}^+$	Макропористая	Слабоосновной
Cybbber USX 500T	$-\text{N}(\text{CH}_3)_3$	Макропористая	Сильноосновной
Cybbber USX 220	$-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	Макропористая	Слабоосновной
Cybbber AX 400B	$\equiv \text{N}^+$	Гелевая	Сильноосновной
Cybbber SX 002	$-\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{H}_2\text{O}$	Макропористая	Слабоосновной
A170	Данных нет	Макропористая	Слабоосновной
Amberlit IRA910	Данных нет	Макропористая	Сильноосновной

Примечание – Cybbber – Россия, ЗАО «Северо-Западная Химическая Компания»; A170 – Purolite International Limited, Англия; Amberlit IRA 910 – Dow Chemical Company, США.

Опыты проводили с двумя видами растворов: сточные воды до и после их нейтрализации (далее подготовленные).

В публикациях [13-15] для интенсификации процесса экстракции осмия и с учетом форм его нахождения в растворах авторами предложен способ предварительной подготовки сточных вод нейтрализацией оксидом кальция до остаточной концентрации в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4 \sim 10 \text{ г/дм}^3$ . В сточных водах, как было установлено авторами в работах [13-15], с концентрацией серной кислоты от 60-100 г/дм<sup>3</sup> осмий присутствует в виде трудносорбируемых сульфитокомплексных анионов  $\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_{4-x}(\text{H}_2\text{O})_x]^{-6+2x}$  и  $[\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_{4-x}(\text{HSO}_3)_x]^{-6+x}$ . Учитывая то, что эти комплексы не сорбируются, для их перевода в хорошо сорбируемый комплекс  $([\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-})$  необходимо снизить концентрацию серной кислоты в сбрасываемых растворах до 10 – 15 г/дм<sup>3</sup>.

Визуальное обследование анионитов и растворов до и после их контактирования с анионитами не выявило никаких изменений. Исключение составила система сточные воды - анионит Cybber A50: через 1 сут. раствор помутнел, через 2 сут. - выпал небольшой тонкодисперсный осадок белого цвета. По истечении 6 сут. в фильтрах определили концентрацию осмия. По разности его концентраций в исходных растворах и фильтрах с учетом навески анионитов рассчитали СОЕ по осмию. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, на сорбцию осмия влияет как природа раствора, так и природа анионита. Он сорбируется из обоих видов растворов, но по-разному: из подготовленных лучше, чем из исходных сточных вод. Об этом наглядно свидетельствуют численные значения степеней извлечения. Например, анионитом Cybber AX 400B из исходных растворов извлекается 27,3 % осмия, из нейтрализованных - 39,3 %, анионитами A170 соответственно 27,3 и 43,8 %, IRA910 - 27,3 и 40,4 %. Эти данные являются доказательством того, что осмий в подготовленных сточных водах находится в виде хорошо сорбируемых анионов  $[\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ . Причем из этих растворов он сорбируется всеми типами и марками изучаемых анионитов, но с различной степенью извлечения. Из исходных сточных вод осмий не сорбируется анионитами Cybber ALX 220, Cybber USX 220 и Cybber SX 002 и практически не сорбируется - Cybber A50 и Cybber USX 500T (степень извлечения 2,6 %).

На основании сопоставительного анализа данных по сорбции осмия различными анионитами можно констатировать, что осмий сорбируется в основном сильноосновными анионитами гелевой и пористой структур, а также слабоосновным анионитом A170 (из четырех апробированных).

К сожалению, дать полную картину влияния природы анионитов на сорбцию осмия не представляется возможным из-за отсутствия полной информации по характеристикам ани-

**Таблица 2 – Влияние природы растворов и анионитов на сорбционные показатели осмия**

Анионит	Сточные воды					
	исходные			подготовленные		
	концентрация в фильтрате, мг/дм <sup>3</sup>	извлечение, %	СОЕ, мг/г	концентрация в фильтрате, мг/дм <sup>3</sup>	извлечение, %	СОЕ, мг/г
Cybber A50	0,75	2,6	0,20	0,71	7,9	0,61
Cybber ALX 220	0,77	-	-	0,75	3,2	0,25
Cybber USX 500T	0,75	2,6	0,20	0,71	8,1	0,62
Cybber USX 220	0,77	-	-	0,75	3,0	0,23
Cybber AX 400B	0,56	27,3	2,10	0,47	39,3	3,03
Cybber SX 002	0,77	-	-	0,75	2,9	0,22
A170	0,56	27,3	2,10	0,43	43,8	3,37
Amberlit IRA910	0,56	27,3	2,10	0,46	40,4	3,11

онитов (для некоторых анионитов не указаны ионогенные группы, для всех анионитов не указано содержание сшивающего агента, природа аминирующего агента, природа и количество порообразователя и т. д.).

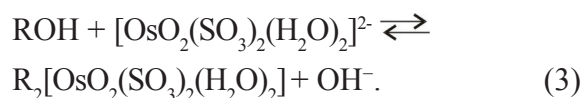
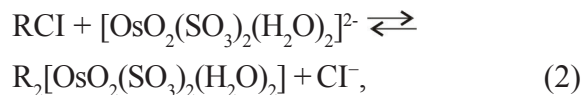
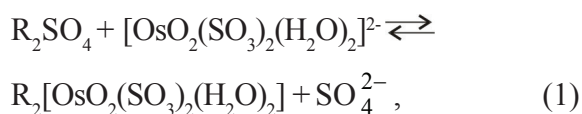
Наилучшие показатели по извлечению осмия из растворов получены при использовании анионитов А170, IRA910 и Cybber AX 400В. Дальнейшие исследования по влиянию солевой формы проводили с анионитом А170.

*Влияние солевой формы анионита А170.* Как было отмечено выше, аниониты выпускаются в хлоридной форме, поэтому анионит А170 был переведен по методике, описанной выше, в сульфатную и гидроксидную формы. В доступной литературе сведений по влиянию солевой формы ионита на сорбцию осмия на примере одной марки ионита нами не обнаружено.

Эксперименты проводили с подготовленными сточными водами при комнатной температуре в статических условиях, навеска анионита 0,05 г, объем раствора – 0,5 дм<sup>3</sup>. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, извлечение осмия из подготовленных растворов анионитом А170 в хлоридной, сульфатной и гидроксидной формах, возрастает в следующей последовательности  $\text{OH}^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ , соответственно степени извлечения составляют 54,6, 43,8 и 31,17 %.

Процесс обмена ионов анионитов, переведенных в различные солевые формы, на ионы осмия, содержащиеся в растворе, можно представить схематически, условно обозначив неподвижную часть анионита «R»:



Из уравнений 1 и 2 видно, что за счет обмена ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  на хорошо сорбируемый анион сульфитокомплекса осмия  $[\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$  происходит их переход в раствор. Как было установлено ранее в публикациях [16, 17], при увеличении концентрации серной кислоты в растворе происходит переход хорошо сорбируемой формы осмия в труднорастворимые  $[\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_{4-x}(\text{H}_2\text{O})_x]^{-6+2x}$  и  $[\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_{4-x}(\text{HSO}_3)_{x-n}]^{-6+x}$ . За счет чего снижается его извлечение из подготовленных сточных вод.

Участие  $\text{Cl}^-$  - ионов (уравнение 2) способствует в некоторой степени трансформации хорошо сорбируемых комплексов осмия  $[\text{OsO}_2(\text{SO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$  в активные хлоридсодержащие комплексы –  $[\text{OsO}_2\text{Cl}_4]^{2-}$  и  $[\text{OsO}_2\text{Cl}_6]^{2-}$  [18], поэтому здесь степень извлечения выше, чем при использовании сульфатной формы.

Достаточно высокое извлечение осмия (54,6 %) из растворов анионитом А170 в гидроксидной форме (уравнение 3) можно объяснить снижением кислотности за счет нейтрализации  $\text{OH}^-$ -ионом, выделившимся из анионита. Это способствует, вероятно, количественному увеличению хорошо сорбируемого комплекса в растворе.

На основании полученных данных для извлечения осмия из производственных, предварительно подготовленных сточных вод, выбраны хлоридная и гидроксидная солевые формы анионита А170. Однако, несмотря на то что соляная кислота примерно в три раза

**Таблица 3 – Влияние солевой формы на сорбционные показатели извлечения осмия анионитом А170**

Фильтрат		СОЕ, мг/г
концентрация, мг/дм³	извлечение, %	
Сульфатная форма		
0,53	31,17	2,4
Хлоридная форма		
0,43	43,8	3,4
Гидроксидная форма		
0,35	54,6	4,2



дешевле гидроксида натрия, использование её в промышленном масштабе будет проблематичным, так как она относится к прекурсорам. В связи с этим в дальнейшем при разработке сорбционной технологии извлечения осмия можно рекомендовать использование анионита в гидроксидной солевой форме.

**Выводы.** Апробированы новые марки ионитов: Cybber - A50, ALX 220, USX 500T, USX 220, AX 400B, SX 002 (Россия, ЗАО «Северо-Западная Химическая Компания»), A170 (Англия, Пьюролайт) и Amberlit IRA 910 (США) для извлечения осмия из сточных вод с очень низкой его концентрацией, менее 1 мг/дм<sup>3</sup>. Определены их значения статической обменной емкости. Наилучшие сорбционные характеристики показали аниониты Cybber AX 400B, A170 и IRA910.

Впервые на примере одной марки анионита A170 изучено влияние его солевой формы (хлоридная, сульфатная и гидроксидная) на сорбцию осмия. Сорбционная способность анионита в различных солевых формах убывает в следующей последовательности  $\text{OH}^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ . Дано обоснование применения для извлечения осмия из сточных вод гидроксидной формы анионита.

Сопоставительный анализ результатов исследований по сорбции осмия из сточных вод до и после их нейтрализации, показал преимущества сорбции осмия из последних растворов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. - М.: Наука, 1988. - 268 с.
- 2 Грейвер Т.Н., Самойлов В.М., Сорокин В.Г. Изучение сорбции осмия из растворов промывной серной кислоты // XI Всесоюз. совещ. по химии, анализу и технологии платиновых металлов: Матер. совещания., Москва, 1979. - С. 101 - 102.
- 3 Абдугалимова С.Ш., Симкин Э.А., Загородняя А.Н., Абишева З.С. Сорбция осмия из ренийсодержащих растворов // Всесоюз. координац. совещ.: Матер. совещания, Алма-Ата, 1979. - С. 98 - 104.
- 4 Пономарева Е.И., Абишева З.С., Абдугалимова С.Ш., Загородняя А.Н. Исследование сорбционного способа разделения осмия и рения // XI Всесоюз. совещ. по химии, анализу и технологии платиновых металлов: Матер. совещания, Москва, 1979. - С. 24 - 25.
- 5 Абишева З.С., Загородняя А.Н., Пономарева Е.И. Сорбционное извлечение осмия из щелочных растворов на органических сорбентах // XII Всесоюз. Черняевское совещ. по химии, анализу и технологии платиновых металлов: Матер. совещания, Москва, 1982. - С. 157.
- 6 Ладыго А.С., Борбат В.Ф., Орлов А.М., Синицын Н.М. Поведение осмия на некоторых пределах Норильского комбината и пути его извлечения. - В кн.: Анализ и технология благородных металлов. - М.: Metallurgy, 1971. - С. 399 - 404.
- 7 А.С. 263881. СССР. Способ извлечения металлов из газов. Ладыго А.С., Орлов А.М., Борбат В.Ф.; опубл. 10.11.70., Бюл. № 8.
- 8 Воротников М.В., Кузьмичев В.Г., Борбат В.Ф., Пахомова Э.Г. Распределение и формы нахождения рутения и осмия в сульфатных медно-никелевых электролитах - В кн.: Анализ и технология благородных металлов. М.: Metallurgy, 1971. - С. 405 - 407.
- 9 Синицын Н.М., Кунаев А.М., Пономарева Е.И., Боднар Н.М., Абишева З.С., Зайцев В.П. Metallurgy осмия - Алма-Ата: Наука Каз ССР, 1981. - 187 с.
- 10 Касиков А.Г., Арешина Н.С., Громов П.Б., Хомченко О.А., Пономарев А.А. Извлечение осмия и серебра из промпродуктов и отходов комбината «Североникель» // Цветные металлы. - 2000. - № 10 - С. 19 - 22.
- 11 ГОСТ 10896-64. Иониты. Методы подготовки к испытаниям. - М.: Изд-во стандартов, 1964. - 22 с.
- 12 Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.В., Федоренко Н.В., Шленская В.И., Бельский Н.К. Аналитическая химия платиновых металлов. - М.: Наука, 1972. - 616 с.
- 13 Патент 8011 РК. Способ извлечения осмия и рения из промывной серной кислоты экстракцией. Бочевская Е.Г., Абишева З.С., Загородняя А.Н., Букуров Т.Н.; опубл. 25.08.98., Бюл. № 8.
- 14 Патент 12433 РК. Способ извлечения осмия из промывной серной кислоты. Бочевская Е.Г., Абишева З.С., Загородняя А.Н., Букуров Т.Н.; опубл. 08.02.02., Бюл. № 2.
- 15 Бочевская Е.Г., Абишева З.С., Шарипова А.С. Применение процесса экстракции для извлечения осмия из жидких отходов медного производства // Новые подходы в химической технологии минерального сырья. Применение экстракции и сорбции: Матер. II Российской конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, Апатиты, 2013. - Ч. 1. - С. 196 - 199.
- 16 Абишева З.С., Боднар Н.М., Букуров Т.Н., Буслаева Т.М., Блайда И.А. Поведение осмия при экстракции рения из сернокислых растворов // Цветные металлы. 1994. - № 9. - С. 33 - 35.
- 17 Абишева З.С., Бочевская Е.Г., Загородняя А.Н., Букуров Т.Н. Экстракция сульфитоконплек-

сов осмия (VI) из серноокислых растворов // Комплексное использование минеральных ресурсов Казахстана: Матер. науч.- практ. конф., Караганда, 1998. - С. 158.

18 Патент 15418 РК. Способ извлечения осмия и рения из промывной серной кислоты. Бочевская Е.Г., Абишева З.С., Загородняя А.Н., Букуров Т.Н., Абайдилов М.С.; опубл. 24.05.04., Бюл. № 5.

## REFERENCES

1 Kuz'min N.M., Zolotov Yu.A. *Kontsentrirvanie sledov ehlementov*. M.: Nauka, **1988**, 272. (in Rus.).

2 Grejver T.N., Samojlov V.M., Sorokin V.G. *XI Vsesoyuz. soveshch. po khimii, analizu i tekhnologii platin. metallov. Mater. soveshch.*, Moscow, **1979**, 101-102. (in Rus.).

3 Abdugaliyeva S.Sh., Simkin Eh.A., Zagorodnyaya A.N., Abisheva Z.S. *Vsesoyuz. koordinats. soveshch. Mater. soveshch.*, Alma-Ata, **1979**, 98-104. (in Rus.).

4 Ponomaryeva Ye.I., Abisheva Z.S., Abdugaliyeva S.Sh., Zagorodnyaya A.N. *XI Vsesoyuz. soveshch. po khimii, analizu i tekhnologii platin. metallov. Mater. soveshch.*, Moscow, **1979**, 24 - 25. (in Rus.).

5 Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Ponomareva Ye.I. *XII Vsesoyuz. Chernyaevskoe soveshch. po khimii, analizu i tekhnologii platin. metallov. Mater. Soveshch.*, Moscow, **1982**, 157. (in Rus.).

6 Ladygo A.S., Borbat V.F., Orlov A.M., Sinityn N.M. *Analiz i tekhnologiya blagorodnykh metall-ov*, M.: Metallurgiya, **1971**, 399 - 404. (in Rus.).

7 A.S. 263881 USSR. *Sposob izvlecheniya metallov iz gazov*. A.S. Ladygo, A.M. Orlov, V.F. Borbat; **10.11.1970.**, 8. (in Rus.).

8 Vorotnikov M.V., Kuz'michev V.G., Borbat V.F., Pakhomova Eh.G. *Analiz i tekhnologiya*

*blagorodnykh metallov*. M.: Metallurgiya, **1971**, 405 - 407. (in Rus.).

9 Sinityn N.M., Kunaev A.M., Ponomareva Ye.I., Bodnar' N.M., Abisheva Z.S., Zajtsev V.P. *Metallurgiya osmiya*, Alma-Ata: Nauka KazSSR, **1981**, 187. (in Rus.).

10 Kasikov A.G., Areshina N.S., Gromov P.B., Homchenko O.A., Ponomarev A.A. *Tsvetnye metally*. **2000**, 10, 19 - 22. (in Rus.).

11 GOST 10896-64. *Ionity. Metody podgotovki k ispytaniyam*. M.: Izd-vo standartov, **1964**, 22. (in Rus.).

12 Ginzburg S.I., Yezerskaya N.A., Prokof'eva I.V., Fedorenko N.V., Shlenskaya V.I., Bel'skij N.K. *Analiticheskaya khimiya platinovykh metallov*. M.: Nauka, **1972**, 616. (in Rus.).

13 Pat. 8011 KZ. *Sposob izvlecheniya osmiya i reniya iz promyvnoj sernoj kisloty ehkstrakciej*. Bochevskaya E.G., Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Bukurov T.N. **25.08.1998**, 8. (in Rus.).

14 Pat. 12433 KZ. *Sposob izvlecheniya osmiya iz promyvnoj sernoj kisloty*. Bochevskaya E.G., Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Bukurov T.N., **08.02.2002.**, 2. (in Rus.).

15 Bochevskaya E.G., Abisheva Z.S., Shari-pova A.S. *Novye podhody v khimicheskoy tekhnologii mineral'nogo syr'ya. Primenenie ehkstraksii i sorbt-sii. Mater. II mezhdun.j konf.*, St. Petersburg, Apatity, **2013**, 1. 196 - 199. (in Rus.).

16 Abisheva Z.S., Bodnar' N.M., Bukurov T.N., Buslaeva T.M., Blayda I.A. *Tsvetnye metally*. **1994**, 9, 33 - 35. (in Rus.).

17 Abisheva Z.S., Bochevskaya E.G., Zagorodnyaya A.N., Bukurov T.N. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nykh resursov Kazakhstana. Mater. nauch.-prakt. konf.*, Karaganda, **1998**, 158. (in Rus.).

18 Pat. 15418 KZ. *Sposob izvlecheniya osmiya i reniya iz promyvnoj sernoj kisloty*. Bochevskaya E.G., Abisheva Z.S., Zagorodnyaya A.N., Bukurov T.N., Abajdil'dinov M.S. **24.05.2004**, 5.

## Түйіндеме

Мақалада екі түрлі: бастапқы және алдын-ала бейтараптандырылып дайындалған қалдық сулардан осмийді сорбциялық бөліп алу тәжірибелерінің нәтижелері келтірілген. Россия, Англия, АҚШ-да синтезделген жаңа аниониттердің маркалары қабылданды. Аниониттердің жаратылысы, тұзды ортасы (хлорлы, сульфатты, гидроксидті), мысалы А170 ионитіне хлорлы ортада осмийдің сорбциялық көрсеткіштері деңгейі қарастырылды. Дайындалған қалдық сулардан осмийді бөліп алуға иониттің гидроксидті формасын қолдану анықталды. Дайындалған қалдық сулардан осмийді сорбциялық бөліп алу технологиясының көрсеткіштері бастапқы ерітіндінің көрсеткіштеріне қарағанда анағұрлым жоғары екені көрсетілді.

**Түйін сөздер:** қалдық сулар, осмий, сорбция, анионит, фильтрат, тұзды орта, бөліп алу.

## Summary

The article presents the results of osmium sorption from initial and the pre-neutralized with calcium oxide down to residual concentration of sulfuric acid  $\sim 10 \text{ g/dm}^3$  (hereinafter referred to as prepared) wastewater. New marks of anionites synthesized in Russia, England and USA were tested. One mark of anionite (A170) was used as

the example for studying the influence of anionites nature, salt form (chloride, sulfate and hydroxide) on sorption parameters of osmium. Anionite form of hydroxide using for osmium recovery from prepared wastewater was motivated. It is shown that the technological parameters for osmium sorption from the prepared wastewater are much higher in comparison with initial water.

**Keywords:** wastewater, osmium, sorption, anionite, filtrate, salt form, recovery.

Поступила 22.05.2014.

УДК 669.21.053.4

Комплексное использование  
минерального сырья. № 2. 2014.

М.Б. ЕРДЕНОВА, А.Қ. ҚОЙЖАНОВА\*, Л.Л. ОСИПОВСКАЯ,  
С.Т. АҚШОЛАҚОВА, Л.О. АМАНЖОЛОВА

«Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ, Алматы,  
\*aigul\_koizhan@mail.ru

## КӨП КОМПОНЕНТТІ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН АСЫЛ МЕТАЛДАРДЫ СОРБЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ БӨЛІП АЛУ

Алтынды көп компонентті күкірт қышқылы ерітінділерімен, тотықтырғыш ( $\text{NaOCl}$  және  $\text{FeCl}_3$ ) пен биокоспаның қатысуымен сорбциялаудағы зерттеудің нәтижелері көрсетілген. Зерттеулер АМ-2Б, Purolite A-100/2412, CYBERUSX 220 және белсендірілген Норит көмірімен қойылды. Аниониттің ерітіндіге  $V_A:V_E$  1:200 көлемдік қатынасында анионит 85 % алтынды сорбциялайды.  $V_A:V_E$  көлемдік қатынасын 1:200 ден 1:500 ге дейін өзгерткенде АМ-2Б орташа негізді анионитімен алтын алу 1,5 есеге төмендейді. Зерттелетін алтынның кешенді аниондары сорбциялау қасиетіне байланысты мына қатар бойынша орналасады: АМ-2Б > Purolite A-100/2412 > CYBERUSX 220. Сонымен тотықтырғыш қосылған ерітінділерден және тотықтырғыш биокоспалардан белсендірілген Норит көмірімен сорбция арқылы алтынды алу 90 және 88 % -ға сәйкес келеді.

**Түйін сөздер:** Кен, асыл металдар, күкірт қышқылы ерітінділері, тотықтырғыштар, органикалық қоспалар, ион алмасу шайырлары, белсендірілген көмір.

**Кіріспе.** Асыл металдар өндірісінде көп жағдайда алтын бойынша кедей, қиын өңделетін төмен сортты сульфидті кендер, көп жатып қалған қалдықтар, ескі үйінділер, байыту фабрикасының қалдықтары пайдаланылады. Бұған қоса пайдалы қазбаларды жер қойнауынан бөліп алу дәрежесін арттыру, минералдық шикізатты өңдеудің кешенділігін қамтамасыз ету, өңдеу қалдықтарының қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту мәселелерін де шешу қажет.

Асыл металдарды кендерден гидрометаллургиялық бөліп алу оларды әр түрлі еріткіштермен ерітінділеуге негізделген [1, 2] және бұл алтын мен күмісті ерігіш тұздар мен олардың комплекстері түрінде ерітіндіге айналдыратын күрделі гетерогенді үрдіс болып саналады.

Алтынды ерітетін еріткіштер көп, 20-дан асады. Алайда бұл еріткіштердің көбі технологиялық тұрғыдан алғанда пайдалануға жарамайды, яғни уыттылығы, асыл металдарды таңдамалы ерітуі, қалыптасқан бағалары, өнеркәсіптік ауқымда өндіру мүмкіншіліктері жағынан алғанда қажетті талаптарға жауап бере бермейді. Бейорганикалық  $\text{HNO}_3$  және  $\text{HCl}$  қышқылдарының қоспасы («патша арағы»)  $\text{NaCN}$ -ға қарағанда алтынды біршама жақсы ерітеді. Тұз, күкірт, фосфор қышқылдары да ерекше жағдайларда (оттегінің жоғары қысымында,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  қатысуында) алтынды еріте алады.  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  тұздары алтынды 200 °C әжептәуір ерітеді [3].

Үймелік ерітінділеудің өнеркәсіптік тәжірибесінде алтын мен күмісті өнімдік ерітінділерден бөліп алу үшін үш әдіс