

УДК 69.283.053.4

Даулетбаков Т.С., Дарханбаев С.Б.

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан, [samatdarkhanbaev@mail.ru](mailto:samatdarkhanbaev@mail.ru))

### ЭЛЕКТРОМЕМБРАННАЯ ОЧИСТКА РАСТВОРОВ МОЛИБДАТА АММОНИЯ ОТ ПРИМЕСЕЙ

**Аннотация.** Представлены результаты по использованию электромембранных процессов с выделением ценных компонентов для получения особо чистых веществ. Установлена возможность эффективной регенерации каустической щелочи и серной кислоты трехкамерным мембранным электролизом при высокой степени очистки растворов молибдата натрия. Опытные испытания показали снижение рения в растворе до 45%, вывод калия увеличился до 97-98%, а молибден – на 88-90% от исходного его содержания.

**Ключевые слова:** Электромембрана, электролиз, молибден, рений, напряжение, выход по току, калий, катод, анод.

Мембранные методы разделения, обессоливания, очистки концентрирования находят самое широкое применение в медицине, биотехнологии, химии, нефтехимии и т.п. Их выгодно отличают от других методов такие преимущества, как низкие затраты энергии и материалов, безреагентность, экологическая чистота, простота варьирования масштабов производства, возможность осуществления при обычных температурах [1].

Общим для всех мембранных процессов является использование мембраны, технологической перегородки, обеспечивающей благодаря своим свойствам селективной проницаемости разделение веществ [2]. В ряду мембранных процессов особое место занимают электромембранные процессы (электродиализ и мембранный электролиз), как процессы, отличающиеся высокой селективностью и обеспечивающие избирательное выделение ионов определенного типа и получение новых химических соединений [3,4].

Весьма перспективно применение электромембранных процессов в металлургии, и в частности, в гидрометаллургии редких металлов как для разделения и концентрирования жидких смесей, так и для выделения ценных компонентов и получения особо чистых веществ.

При разложении сульфата натрия электролизом получены средние показатели: напряжение на пакете – 175-200 В; выход по току (по натрию) – 75-80%; съем с 1 м<sup>2</sup> площади модуля – 195 г Na<sub>2</sub>O/м<sup>2</sup>·ч; расход энергии на электролиз – 3-3,2 тыс. кВт·ч/т 100% NaOH; степень разложения сульфата – 90-92%.

Основные показатели назначения: максимально потребляемая мощность электролиза – 4,2 кВт; максимальный рабочий ток – 16 А; максимальное напряжение на электролизе – 220 В; производительность (дм<sup>3</sup>/ч): по сульфатному раствору – 20, по щелочи – 24 кг NaOH/сут (при I=400 А/м<sup>2</sup>); потеря напора в тракте при максимальном расходе – 133,322 Па.

В таблице 1 приведены данные по изменению содержания натрия и сульфат-иона в реакционной камере электролизера, в католите и анолите при конверсии основного компонента (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в каустическую щелочь. Испытания подтвердили также, что приемлемые для промышленного значения выходы по току (80-85%) можно получать при концентрациях католита не более 10-12% (по NaOH).

Таким образом, созданная установка и проведенные испытания по выводу сульфата натрия из молибденсодержащего раствора показали возможность эффективной регенерации каустической щелочи и серной кислоты трехкамерным мембранным электролизом при высокой степени очистки растворов молибдата натрия.

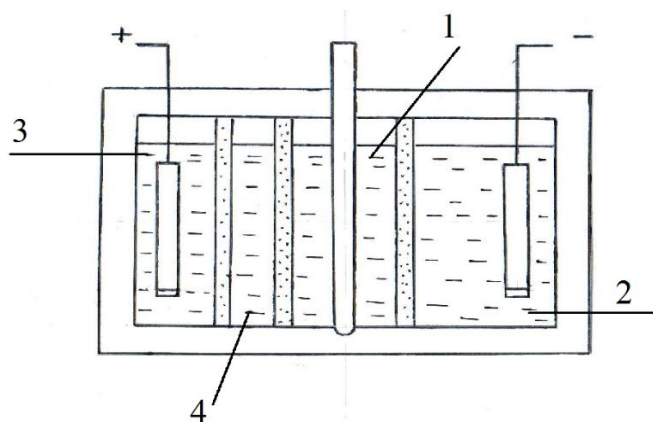
Учитывая то, что в полученном по технологии молибденсодержащем растворе присутствуют также рений и калий были проведены исследования по очистке молибденсодержащего раствора от этих примесей. Кроме того, попутное выделение из продуктивного раствора такого ценного элемента как рений, несмотря на небольшое (0,1-0,2%) содержание его в исходном молибденовом концентрате, является весьма существенной задачей.

Таблица 1. Электрохимическая очистка молибденсодержащих растворов мембранным электролизом при  $I=8\text{ A}$

Время электролиза, ч	Напряжение на пакете, В	Содержание в растворе, г/дм <sup>3</sup>				Выход по току (по 100% NaOH), %	Расход энергии, тыс. кВт·ч/т 100% NaOH	Степень разложения, %
		катодит Na <sub>2</sub> O <sub>к</sub>	средняя камера		анодит H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			
			Mo	SO <sub>4</sub>				
–	–	6,98	32,4	69,8	25,0	–	–	–
1,5	180	22,46	32,4	64,7	30,2	80,3	3,0	7,36
4,5	180	48,4	32,4	52,4	32,5	78,5	3,08	24,9
7,5	180	70,6	32,2	40,1	54,7	76,7	3,14	42,6
10,5	190	89,9	32,4	27,8	67,0	75,2	3,38	60,2
13,5	190	103,8	32,4	21,2	73,2	74,6	3,40	68,0
16,5	190	118,4	32,2	15,6	74,6	74,0	3,45	77,6
18,9	200	137,2	32,4	9,0	85,8	72,3	3,7	87,0

Для проведения технологических исследований по очистке молибденсодержащего раствора электромембранной технологией, были использованы испытанные в работах ГИРЕДМЕТА [3] анод, катод и анионитовые и катионитовые мембраны. Катод был выполнен из нержавеющей стали, а анод из титановой пластины. Марка анионитовой мембраны была МА-40Л, а катионитовой МК-100.

Для разделения молибдена от рения была использована электромембранная установка, изображенная на рисунке 1.



1 – камера обессоливания, 2 – катодная, 3 – анодная, 4 – анодно-изолирующая

Рис. 1. Электромембранная установка

Технологические исследования по очистке от рения проводили с молибденсодержащим раствором предварительно очищенным от сульфата натрия, содержащем в г/дм<sup>3</sup>: молибдена-10,6, рения-0,85, сульфат иона-64,8.

Было установлено, что при плотности тока 215-220 А/м<sup>2</sup> при проведении электролиза содержание рения в растворе камеры обессоливания-диализате через 60 мин снизилось до 45%, а время проведения 4,5 часов до 94 %. Рений при этом выводился из электромембранной установки из ее анодной камеры в виде рениево-кислого аммония. Калий выводился на 97-98 % из ее катодной камеры в виде КОН. Молибден же при этих условиях концентрировался преимущественно в камере обессоливания на 88-90 % от исходного его содержания.

Таким образом, полученные результаты по использованию электромембранных процессов показали их высокую селективность для выделения ценных компонентов и получения особо чистых веществ. При этом, по сравнению с существующими способами разделения редких металлов с

использованием экстракции, ионного обмена, дробной перекристаллизации, не требует больших расходов энергии и реагентов и характеризуется экологичностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кулебакин В.Г. Применение механохимии в гидрометаллургических процессах. – М.: Наука, 1988. – 272 с.  
[2] Гусев Ф.Н. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства.- Екатеринбург, 1998. – 200 с.  
[3] Истрашкина М.В., Почтарев А.Н. Электромембранные процессы технологии извлечения рения. Труды ГИРЕДМЕТа. – М., 2011.-197-199с.  
[4] Хванг С.Т., Каммермейер К. «Мембранные процессы разделения», М., Химия, 1981.- 464с.

REFERENCES

- [1] Kulebakin B.G. Primeneniemekhanokhimii v gidrometallurgicheskikh prossakh.- М.: Nauka, 1988.-200s.  
[2] Gusev F.N. Nanokristallicheskie materialy: metody polucheniya I svoystva.-Ekaterinburg, 1998.-200s.  
[3] Istrashkina M.B., Pochtarev A.N. Elektromembrannye prossesy tekhnologii izvlecheniya reniya. Trudy GIREDMETa.- М., 2011.- 197-199s  
[4] Khvang S.T., Kammermeiyer K. “Membrannuyeprossesyrazdeleniya”, М., Khimiya, 1981.-464s

Даулетбаков Т. С., Дарханбаев С. Б.

**Ерітіндегі аммоний молибдатын электромембраналық әдіспен қоспадан тазарту**

**Түйіндеме.** Ерекше таза заттарды алу үшін құнды компоненттердің бөлінуімен электромембраналық процестерді қолдану бойынша нәтижелер көрсетілген. Натрий молибдаты ерітіндісін тазартудың жоғары дәрежесі кезінде үш камералық электролизге каустикалық сілті және күкүрт қышқылының эффективті регенерация мүмкіндігі анықталған. Тәжірибелік сынаулар ренийдің 45%-ға дейінгі ерітіндісінде төмендейтінін көрсетті, калийдың шығуы 97-98%-ға дейін, ал молибден бастапқы құрамынан 88-90%-ға ұлғайды.

**Кілттік сөздер:** электромембрана, электролиз, молибден, рений, кернеу, ток шығуы, калий, катод, анод.

Dauletbakov T.S., Darkhanbayev S.B.

**Electromembranous cleaning of molybdenum solutions from impurities**

**Summary:** The results on the use of electro-membrane processes with allocation of valuable components for very pure substances. The possibility of efficient regeneration of caustic alkali and sulfuric acid at a three-chamber electrolysis membrane of high purity solutions of sodium molybdate. Experimental tests have shown a reduction of rhenium in the solution and 45% potassium output increased to 97-98%, and molybdenum - for 88-90% of the original content.

**Key words:** Electro membrane electrolysis, molybdenum, rhenium, voltage, output current, potassium, cathode, anode.

УДК 669.33(043)

**Ш.К. Акильбекова, Т.С. Даулетбаков, Г.Ж. Молдабаева, Е.О. Килибаев**

(Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
Алматы, Қазақстан Республикасы)

**ХЛОРИДТІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ӨНДЕУДІҢ ЭЛЕКТРХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРІ**

**Түйіндеме:** Бұл мақалада Осылайша, магнийді электролиздеудің өңделген балқымаларын сілтілеуден кейін алынған электролиз ерітінділері католиттерінің электрөткізгіштігін зерттеу көрсетуі бойынша, олардың электрөткізгіштігі сілтінің концентрациясы мен негізгі катионның табиғатына тәуелді болатын көрсетілген.

**Түйін сөздер:** мембран, анион, катион, электролит, электролиз.

Заманауи титан мен магний өндірісі хлормен өңдеу технологиясына негізделген және жоғары деңгейде қалдықтар түзілуімен байланысты. Қалдықтар түзілуінің негізгі себебі – бастапқы шикізат құрамында кездесетін қоспалардың хлормен әрекеттесуі нәтижесінде қоршаған орта мен адамзатқа кері әсерін тигізетін, өндірістің жартылай өнімдері мен қалдықтарының алынуы: балқымалар, шаңдар, ұшырындылар, шламдар, хлорқұрамды газдар мен минералды ағын суы [1].

Соңғы уақытта титан-магний саласында қалдығы аз болатын өндіріс негіздерін құруға бағытталған ғылыми-зерттеулер мен енгізу жұмыстарының ауқымды көлемі орындалды. Аз қалдықты технологияның