

**Медведев Игорь Николаевич**

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

университет «МЭИ»

г. Москва

**Макальский Леонид Михайлович**

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

университет «МЭИ»

г. Москва

**Житков Анатолий Николаевич**

канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

университет «МЭИ»

г. Москва

**Цеханович Ольга Михайловна**

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Гжельский государственный университет»

п. Электроизолятор, Московская область

## **ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА**

**Аннотация:** в статье рассматривается возможность извлечения платиновых металлов методом электродиализа на производственных переделах аффинажных предприятий, ведущих извлечение и очистку платиновых металлов из первичного сырья и вторичных материалов. Способ очистки и концентрирования хлорокомплексов платиновых металлов включает отделение водного раствора комплексных соединений платиноидов от растворов примесей с помощью электромембранных метода. Этим же методом можно восстанавливать ли-

*тий из водных растворов, таких как сырьевые потоки, применяемые в производстве литий-ионных батарей, или образованные при извлечении лития из материалов на основе руды.*

**Ключевые слова:** электродиализ, электродиализный аппарат, анолит, католит.

Электродиализом воды называется процесс удаления из раствора ионов растворенных веществ путем избирательного их переноса через мембранны, селективные к этим ионам, в поле постоянного электрического тока. Схема электродиализного аппарата представлена на рис. 1.

Движущей силой процесса является градиент электрического потенциала. При наложении постоянного электрического поля на раствор электролитов возникает направленное движение ионов растворенных солей, а также ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Катионы движутся к катоду, анионы – к аноду. Если раствор разделить на секции с помощью специальных мембран, проницаемых только для катионов или только для анионов, то катионы, двигаясь к катоду, будут свободно проходить через катионитовую мембрану. Для анионов же она практически непроницаема. Анионы, пройдя через анионитовую мембрану, будут двигаться к аноду. Таким образом, раствор разделится на обессоленную воду, находящуюся между мембранами, и концентрированные растворы – щелочной каталит и кислый анолит.

Применяя катионообменные или анионообменные мембранны, с помощью электродиализа можно повысить или понизить концентрацию раствора электролита. Матрица анионообменной мембраны имеет катионные группы. Заряд катионов нейтрализован зарядом подвижных анионов, находящихся в порах мембранны. Анионы раствора электролита могут внедряться в матрицу мембранны и замещать первоначально присутствующие в ней анионы. Проникновению в мембрану катионов препятствуют силы отталкивания их фиксированными в матрице мембранны катионами. Аналогичным образом действуют и катионообменные мембранны, содержащие фиксированные анионные группы.

Ионообменные мембранные, применяемые для электродиализа, должны иметь высокую электропроводность и высокую проницаемость для ионов. Кроме того, они должны обладать высокой селективностью, умеренной степенью набухания и достаточной механической прочностью. Как правило, электрическое сопротивление на единицу поверхности ионообменной мембранные находится в пределах от 2 Ом / см<sup>2</sup> до 10 Ом / см<sup>2</sup>.

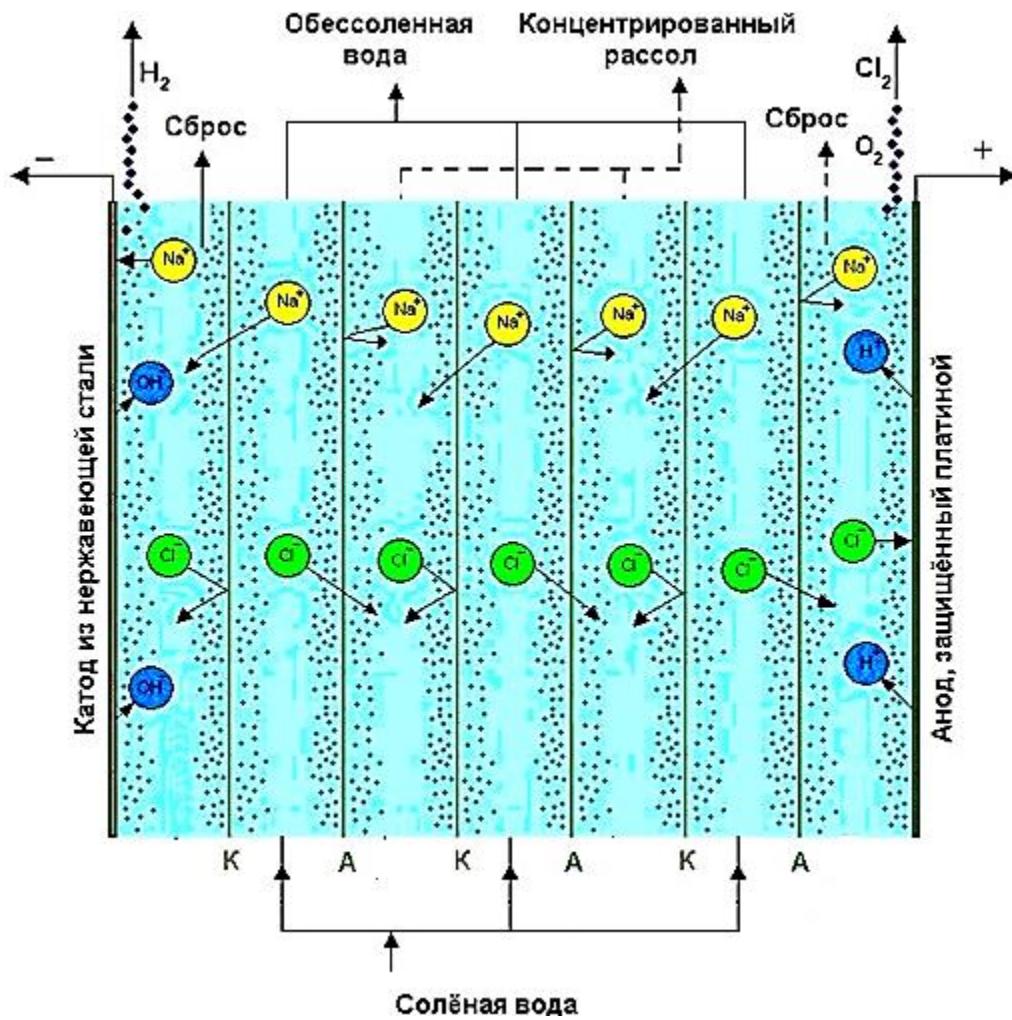


Рис. 1. Электродиализный аппарат

В настоящее время для обессоливания воды используются многокамерные плоскорамные аппараты. Они представляют собой мембранный пакет, зажатый между пластинами, которые являются анодом и катодом, соответственно. Соленая вода, которую необходимо очистить поступает в четные камеры и параллельными потоками движется через них. С другой стороны этих камер выводится опресненная вода. Через нечетные камеры циркулирует рассол извлеченных солей. У анода и катода происходит разрядка анионов и гидроксил-ионов, катионов

и водородных ионов, соответственно, с образованием кислого анонита и щелочного католита.

Серьезными препятствиями для глубокого обессоливания воды в процессе электродиализа являются:

- повышение электрического сопротивления в камерах с ростом степени обессоливания;
- перенос воды через мембранны в процессе осмоса;
- разложение воды при высоких плотностях тока;
- возможность образования осадков в камерах концентрирования.

Область применения электродиализа для водоподготовки ограничивается солесодержанием 1,5–12 г / л, так как при меньших концентрациях падает проводимость раствора и уменьшается эффективность использования электроэнергии, а при больших процесс становится экономически невыгодным вследствие существенного роста энергозатрат, так как затраченная электроэнергия пропорциональна количеству удаляемых ионов. В этой области концентраций экономически более выгодно применение электродиализа чем обратного осмоса, который становится более эффективным при солесодержании исходной воды более 12 г/л [1].

Изобретение относится к восстановлению лития из водных растворов, таких как сырьевые потоки, применяемые в производстве литий-ионных батарей, или образованные при извлечении лития из материалов на основе руды. Способ восстановления лития как гидроксида лития осуществляют путем подачи водного потока, включающего ионы лития, в биполярную ячейку для электродиализа, где ячейка формирует раствор гидроксида лития. Способ реализуют в устройстве, содержащем биполярную ячейку для электродиализа, где указанная биполярная ячейка включает (а) проницаемую для анионов мембрану, позволяющую прохождение отрицательно заряженного иона, но затрудняющую прохождение положительно заряженного иона лития; (б) проницаемую для катионов мембрану, позволяющую заряженного иона, но затрудняющую прохождение положительно

заряженного иона лития; (b) проницаемую для катионов мембрану, позволяющую прохождение положительно заряженного иона лития, но затрудняющую прохождение отрицательно заряженного иона; (c) биполярную мембрану, расположенную между проницаемой для анионов мембраной и проницаемой для катионов мембраной, формирующую отдельные камеры с проницаемой для анионов мембраной и проницаемой для катионов мембраной, соответственно; (d) анод и катод с расположенными между ними указанными проницаемой для анионов мембраной, проницаемой для катионов мембраной и биполярной мембраной, и (e) постоянный ток, подаваемый через электроды. Изобретение позволяет получить гидроксид лития в виде очищенного продукта [2].

Изобретение относится к гидрометаллургии платиновых металлов и может быть внедрено на производственных переделах аффинажных предприятий, ведущих извлечение и очистку платиновых металлов из первичного сырья и вторичных материалов. Способ очистки и концентрирования хлорокомплексов платиновых металлов включает отделение водного раствора комплексных соединений платиноидов от растворов примесей с помощью электромембранного метода.

Электродиализ рабочего раствора ведут в четырехтактном электродиализном конверторе с использованием катионитовой и анионитовой мембран и пористых диафрагм, установленных таким образом, что первая катионитовая мембрана отделяет циркулирующие растворы тракта католита от тракта рабочего раствора, пористая диафрагма отделяет рабочий раствор от очищенного раствора. При этом процесс ведут при плотности тока  $2,4\text{--}3,0 \text{ А/дм}^2$  и температуре  $35\text{--}60^\circ\text{C}$  с использованием в качестве катионитовой мембраны мембранны марки МК-40, анионитовой – МА-40 и нейтральной перфторированной диафрагмы МФФК-1г со средним диаметром  $0,1\mu$ . В качестве католита и анолита изначально используется 2–4-процентный раствор  $\text{NaOH}$ . Технический результат заключается в глубокой очистке платиновых металлов при высоких коэффициентах концентрирования [3].

### ***Список литературы***

1. Медведев И.Н. Основные процессы электромембранных технологий / И.Н. Медведев, Л.М. Макальский, О.М. Цеханович // Казантип-Эко-2013. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии. Энерго- и ресурсосбережения: Сборник трудов XXI Межд. науч.-практ. конф. (3–7 июня 2013 г., г. Щелкино, АР Крым): В 3 т. Т. 3 / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х.: НТМТ, 2013. – 352 с.
2. Бакли Д. Восстановление лития из водных растворов / Д. Бакли, Дж. Гендерс, Д. Атертон, Р. Ауль: Официальная публикация патента №2470878 patent-2470878. pdf Класс C02F1/469, B01D61/46/
3. Шипачев В.А. Способ очистки и концентрирования хлорокомплексов платиновых металлов методом электродиализа / В.А. Шипачев, Г.А. Горнева: Изобретение. Патент Российской Федерации RU2226225. Дата начала действия патента: 22.07.2002.