

КОНВЕРСИЯ КАРБОНАТА НАТРИЯ В ЩЕЛОЧЬ БИПОЛЯРНЫМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗОМ

Благодаря способности генерировать H^+/OH^- ионы технология биполярного электродиализа заняла особое место среди электромембранных методов для получения щелочей и кислот.

Большинство исследований были направлены на извлечение кислот и оснований из таких солей как: хлорид, сульфат и нитрат натрия, нитрат аммония, соли слабых органических кислот [1].

В зависимости от схемы электродиализатора: двух- или трехпоточный; получают либо слабые, либо сильные кислоты и щелочь. Парная камера трехпоточной ячейки состоит из двух биполярных мембран, а также анионо- и катионообменных мембран, расположенных между ними. Известно, что в трехкамерной ячейке могут быть получены концентрации кислоты и основания до 2-3 М.

Как правило основным продуктом биполярного электродиализа является кислота. В ходе процесса наблюдается снижение выхода по току и предельных значений концентраций целевого продукта, за счет образования кислоты со стороны катионообменного слоя биполярной мембраны и дальнейшей ее диффузии в тракт получаемой щелочи, что в свою очередь снижает не только концентрацию, но и чистоту продукта.

Ранние исследования показали, что использование мембран с слабокислотными ионогенными группами, обладающими низкими рабочими напряжениями, сопряжено с высокой диффузионной проницаемостью. Попадая в кислые растворы слабокислотные фиксированные группы подвергаются протонированию, следовательно, мембраны теряют обменную емкость.

К одной из важных особенностей метода относится отсутствие/минимум дополнительных реагентов, что относит его к «зеленой» технологии.

Экспериментальная установка представляет 5 парных камер, каждая из которых состоит из биполярной мембраны марки МБ-3, анионообменной мембраны МА-41 и катионообменной мембраны МК-40. Все мембраны произведены компанией ООО ОХК «Щекина-зот», Россия.

Использование в качестве исходного раствора соли слабой кислоты – карбоната натрия (Na_2CO_3), позволяет убрать контакт биполярной мембраны с кислотой и снизить загрязнение получаемой щелочи.

В кислотном тракте циркулирует разбавленный раствор соли – сульфат натрия (Na_2SO_4) для поддержания проводимости. Углекислый газ, образующийся за счет протекающей электрохимической реакции на границе биполярная мембрана/раствор, выдувается, тем самым сохраняя нейтральным рН в кислотном тракте аппарата (рис. 1).

Данный подход также позволит использовать мембраны с слабокислотными ионогенными группами и более низкими значениями селективности, тем самым удешевляя процесс.

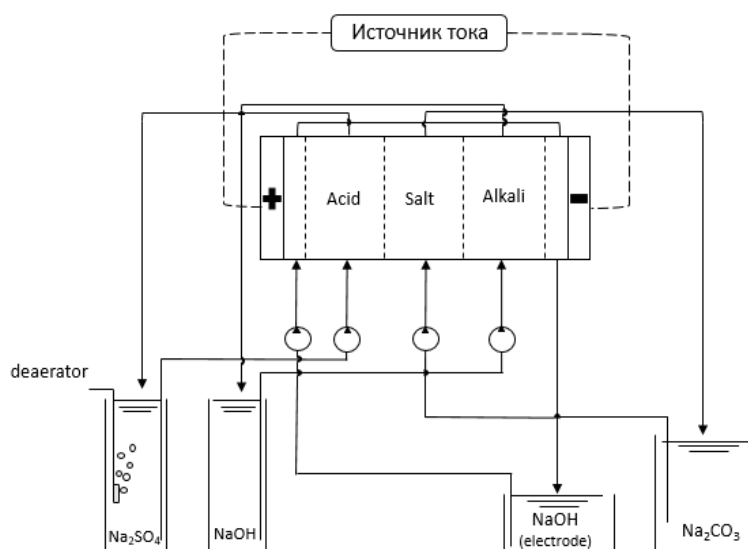
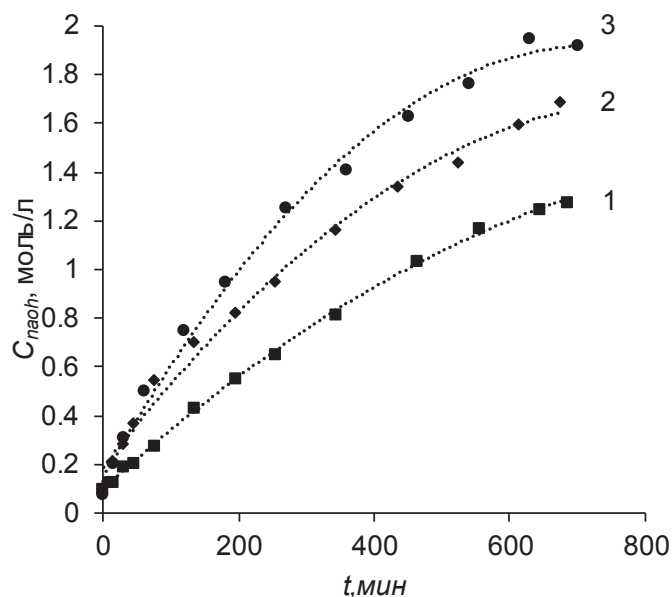


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Для достижения наилучших результатов необходимо подобрать оптимальные условия работы аппарата: рабочий ток, время работы, концентрации пропускаемых растворов; и оценить их влияние на исследуемые характеристики: концентрацию целевого продукта, степень загрязнения, выход по току и энергозатраты.

Получены результаты зависимости изменения концентрации гидроксида натрия во времени от приложенной плотности тока (рис.2). Показано, что с ростом плотности тока растет концентрация получаемой щелочи. Однако при этом увеличиваются энергозатраты, которые в среднем составили 2.9; 5; 10 кВт·ч/кг для токов 1 – 3 А/дм², соответственно.



**Рисунок 2 – Изменение концентрации гидроксида натрия от времени процесса при различных плотностях тока:
1 – 1 А/дм²; 2 – 2 А/дм²; 3 – 3 А/дм²**

В работе [2] были представлены данные по получению гидроксида натрия из нитрата натрия (NaNO₃) методом биполярного электролиза с использованием мембран марки МБ-3. В ходе сопоставления полученных результатов было показано, что предел получаемой концентрации щелочи увеличился на 58% с 0.7 до 1.69 моль/л, выход по току вырос в 1.2 раза с 0.7 до 0.83, а энергозатраты снизились в 2.4 раза с 12 до 5 кВт·ч/кг.

Работа выполнена при поддержке «Российского научного фонда», проект № 22- 13- 00439

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen T. Application of bipolar membrane electrodialysis for simultaneous recovery of high-value acid/alkali from saline wastewater: An in-depth review / Tianyi Chen, Jingtao Bi, Zhiyong Ji, Junsheng Yuan, Yingying Zhao // Water Research – V. 226., – 2022., – P. 119274.
2. Sheldeshov N. V. Electrochemical characteristics of heterogeneous bipolar membranes and electromembrane process of recovery of nitric acid and sodium hydroxide from sodium nitrate solution / N. V. Sheldeshov, V. I. Zabolotsky, N. V. Kovalev, T. V. Karpenko // Separation and Purification Technology – V. 241, – 2020, – P. 116648.