

Коржов А.Н., Лоза С.А., Романюк Н.А., Коржова М.А.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
г. Краснодар, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА С БИПОЛЯРНЫМИ МЕМБРАНАМИ

Баро-электромембранные процессы и технологии очистки водных растворов широко применяются в различных областях от получения питьевой воды до очистки и утилизации промышленных сточных вод предприятий: химической, металлургической, теплоэнергетики, водоподготовки и других [1].

Мембранные процессы разделяются на баромембранные и электромембранные. Электромембранные процессы включают в себя – электродиализ, биполярный электродиализ, обратный электродиализ. Характеристики мембран – селективность, производительность, применимость необходимы при разработке новых технологических процессов очистки и получения воды с применением баро-электромембранных технологий, последующей эксплуатации мембран, а также разработке новых гибридных схем. Электромембранные процессы с использованием биполярных мембран являются уникальными – широко применяются и востребованы в таких областях промышленности, как теплоэнергетика, пищевая промышленность, очистка нефтепродуктов переработка сточных вод промышленных предприятий, рекуперация кислот и щелочей, и др. Объектом исследования являются безреагентные электромембранные процессы коррекции рН растворов и процессы рекуперации кислот и щелочей из растворов солей электродиализом с биполярными мембранами [2-5]. Такие мембраны повысят эффективность электродиализных процессов получения крепких кислот и щелочей из соли. Разработка научных основ технологии получения биполярных мембран из относительно дешевых гетерогенных монополярных мембран позволит получить конкурентоспособные на мировом рынке биполярные мембраны, характеристики которых обеспечат их широкое применение в электрохимических процессах.

С использованием полученных биполярных мембран разработаны и испытаны два опытно-промышленных электромембранных комплекса, позволяющих проводить

рекуперацию серной кислоты и натриевой щелочи, и перерабатывать кислые ванадийсодержащие промышленные стоки.

Разработанный автоматизированный электромембранный комплекс для рекуперации серной кислоты и натриевой щелочи из сульфата натрия, внешний вид которого показан на рисунке 1.



Рис 1. Внешний вид разработанного электромембранного комплекса в бизнес-инкубаторе КубГУ

Выход по току в кислотной и щелочной камерах рассчитывался по формуле (1):

$$\eta = \frac{F}{I} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

где F – постоянная Фарадея, I – величина силы тока, v – скорость изменения количества кислоты и щёлочи в кислотном и щелочном трактах соответственно.

Расчёт энергозатрат проводили по формуле (2):

$$W = \frac{FUM}{1000 \cdot \eta} \quad (2)$$

где U – напряжение на элементарной ячейке электродиализатора-синтезатора, В; M – молярная масса лимонной кислоты (192 г/моль).

Удельную производительность пилотного электродиализатора-синтезатора рассчитывали по формуле (3):

$$P_{уд} = \frac{1}{S} \cdot \frac{dV}{d\tau} \quad (3)$$

где S – активная площадь мембраны.

Для последующего расчета производных концентраций по времени экспериментальные концентрационные зависимости гидроксида натрия и серной кислоты в контурах камер Ещ и Ек от времени (рисунок 2) аппроксимировались полиномом 2-й степени.

В ходе электродиализного синтеза со временем происходит накопление кислоты и щелочи в к кислотных и щелочных ёмкостях, с увеличением их электропроводности и достигает значения более 40 мS/cm, что соответствует концентрации около 0,3 моль/л.

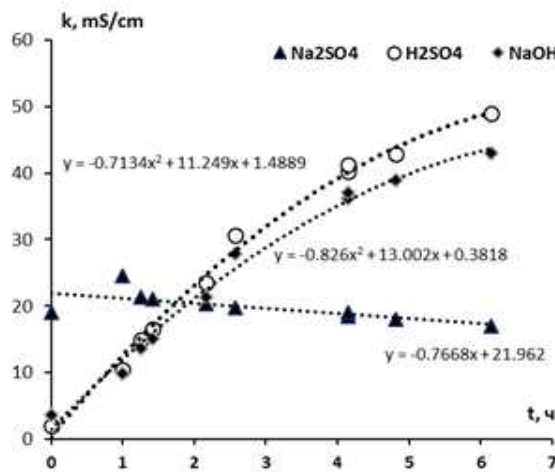


Рис 2. Зависимость электропроводности растворов кислоты, щелочи и соли, циркулирующих через ЭДС от времени

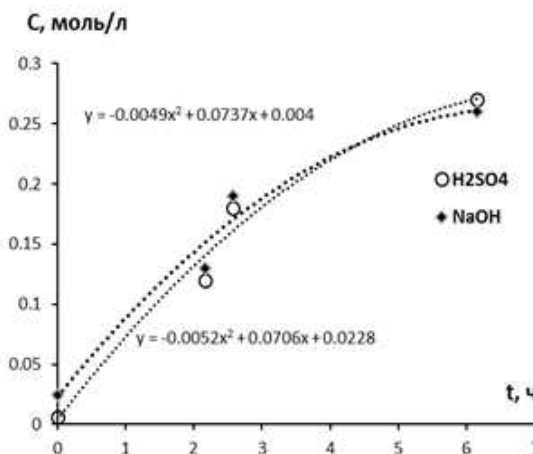


Рис 3. Зависимость концентрации гидроксида натрия и серной кислоты в растворах, циркулирующих через ЭДС от времени

Как видно из рисунка 3 концентрации серной кислоты и гидроксида натрия в ходе работы установки растут монотонно и лишь в конце процесса происходит снижение выхода по току по гидроксиду натрия.

Таблица 1 – Основные рабочие характеристики процесса получения гидроксида натрия на автоматизированной электромембранной установке с пилотным ЭДС и результаты, полученные для крупнённого ЭДС.

	Выход по току	Энергозатраты, кВт·ч/кг
Пилотный ЭДС	0,55	6,6
Укрупнённый ЭДС	0,58	5,3

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ проект FZEN-2020-0022.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zabolotsky, V.I. Reagent-Free Electromembrane Process for Decarbonization of Natural Water / V. I. Zabolotsky, A. N. Korzhov, A. Yu. But, S. S. Melnikov // Membranes and membrane technologies. – 2019 –Vol.1. – Iss.6. – P. 341-346. <https://doi.org/10.1134/S2517751619060076>
2. Loza, S.A. Electrodialysis concentration of sulfuric acid / S. A. Loza, N. A. Smyshlyaev, A. N. Korzhov, N. A. Romanyuk // *Chimica Techno Acta*. 2021. – V.8(1). – 20218106. <https://doi.org/10.15826/CHIMTECH.2021.8.1.06>
3. Davidov, D.V. Using a microheterogeneous model to assess the applicability of ion-exchange membranes in the process of reverse electrodialysis / D. V. Davidov, E. N. Nosova, S. A. Loza, A. R. Achoh, A. N. Korzhov, S. S. Melnikov // *Chimica Techno Acta*. – 2021. – V. 8(2). – № 20218205 <https://doi.org/10.15826/chimtech.2021.8.2.05>
4. Davydov, D. Use of the Microheterogeneous Model to Assess the Applicability of Ion-Exchange Membranes in the Process of Generating Electricity from a Concentration Gradient / D. Davydov, E. Nosova, S. Loza, A. Achoh, A. Korzhov, M. Sharafan, S. Melnikov // *Membranes*. – 2021. V. 11 (406). <https://doi.org/10.3390/membranes11060406>
5. Loza, S.A. Energy generation by reverse electrodialysis / S. A. Loza, A. N. Korzhov, N. V. Loza, N. A. Romanyuk // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – V. 791(1). – № 012057 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/791/1/012057>