



где z_1 и z_2 – заряды катионов, z_3 – заряд аниона, D_1 и D_2 – коэффициенты диффузии катионов в водных растворах. Для системы $\text{CaCl}_2/\text{NaCl}$ $P_{\text{lim}}=0,89$, для LiCl/NaCl $P_{\text{lim}}=0,77$.

Высокая селективность модифицированной мембраны МК-40 / МФ-4СК + PEDOT делает её перспективной для селективного концентрирования двух (или многозарядных) ионов, что позволяет оставлять в дилуате однозарядные ионы, например, литий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научно-го фонда, проект № 19-13-00339.

Список литературы

1. Рамазанов А. Ш., Каспарова М. А., Сараева И. В., Атаев Д. Р., Ахмедов М. И., Камалутдинова И. А. // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2010. № 37. С. 23.
2. Zabolotsky V. I., Achoh A. R., Lebedev K. A., Melnikov S. S. // J. Membr. Sci. Vol. 608. 118152.
3. Руденко А. С., Дзязько Ю. С., Беляков В. Н., Цыба Н. Н., Юхин Ю. М. // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2011. Т. 24. № 3. С. 172.

УДК 541.13

КИНЕТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ИОНОВ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗОМ С БИСЛОЙНЫМИ МЕМБРАНАМИ

Е.Н. Носова¹, Е.Д. Мельникова¹, С.С. Мельников^{1*}

¹Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
*e-mail: melnikov.stanislav@gmail.com

Вопрос об охране окружающей среды и очистке сточных вод различных предприятий с каждым годом становится все более актуальным, поэтому является важным изучение новых способов очистки и переработки органоминеральных промышленных сточных вод. Целью работы является изучение и усовершенствование способа очистки вод, содержащих органические и неорганические компоненты, электромембранными процессами с использованием бислойных мембран.

В качестве модельного раствора использовался смешанный раствор хлорид натрия и ацетат натрия. Концентрация электролитов составляла 0,02 моль/л. В работе использовался лабораторный электродиализатор с рабочей площадью 6 x 1,5 см², содержащий 5 парных камер. Мембран-



ный пакет электродиализатора содержал чередующиеся катионообменные и бислойные мембраны. В работе используются бислойные мембраны, полученные путем нанесения на поверхность анионообменной мембраны Ralex АМН тонкой пленки смеси сульфированного политетрафторэтилена (рис. 1).

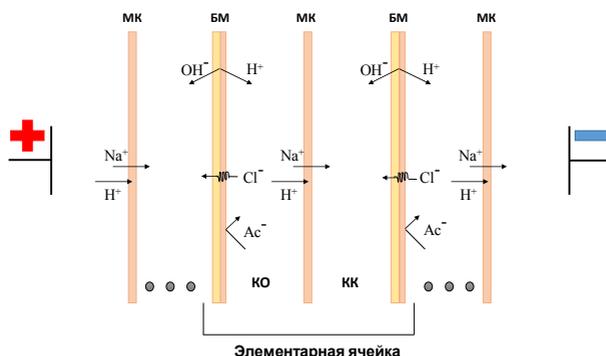


Рисунок 1. Схема мембранного пакета экспериментальной электродиализной установки.

На основании полученных экспериментальных данных были рассчитаны выход по току (уравнение (1)) и коэффициент разделения (уравнение (2)).

$$\eta = \frac{FJS}{I} = \frac{F \Delta C}{I n \Delta \tau} = \frac{F \Delta C W}{I n} \quad (1)$$

$$P_{Cl^- / Ac^-} = \frac{\eta_{Cl^-} C_{Ac^-}}{\eta_{Ac^-} C_{Cl^-}} = \frac{J_{Cl^-}}{J_{Ac^-}} \quad (2)$$

где F – число Фарадея, равное 26,8, А•ч / моль; I – сила тока, А; W – объемная скорость, л/ч; η_{Cl^-} и η_{Ac^-} – выход по току для хлорид и ацетат ионов; C_{Cl^-} и C_{Ac^-} – концентрация хлорид и ацетат ионов, моль / л; J_{Cl^-} и J_{Ac^-} – поток хлорид и ацетат ионов, моль / ч•м².

Основным принципом кинетического разделения является то, что слабый электролит у поверхности бислойной мембраны вступает в реакцию с протоном, который выделяется при протекании реакции диссоциации воды в бислойной мембране. Из-за протонирования ион слабого электролита переводится в форму нейтральной молекулы и диффунди-

рует от поверхности мембраны в глубину раствора. Схема описанного процесса представлена на рисунке 2.

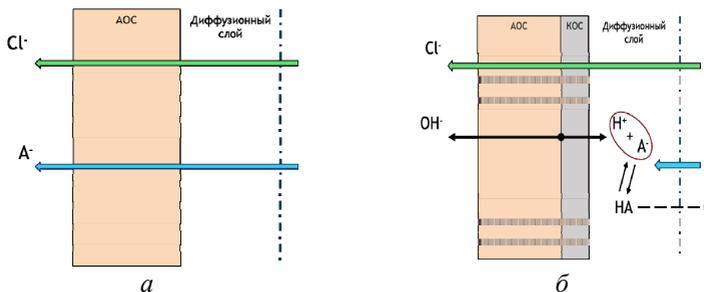


Рисунок 2. Схема процесса разделения ионов в электродиализаторе с стандартными мембранами (а) и с бислойнными мембранами (б).

Результаты представлены на рисунке 3.

Использование обычной анионообменной мембраны для разделения смеси сильного и слабого электролита нецелесообразно, поскольку данная мембрана является более селективной к хлорид ионам (рис. 3б).

При использовании в мембранном пакете вместо обычной анионообменной мембраны – бислойной мембраны, осуществляется разделение смеси ионов согласно схеме 1б. Слабый электролит подходу к поверхности бислойной мембраны, вступает в реакцию с протоном, который генерируется на биполярной границе. Вследствие протонирования ион слабого электролита переходит в форму нейтральной молекулы и диффундирует от поверхности мембраны в глубину раствора.

Зависимости концентрации хлорид и ацетат ионов, а также различных форм ацетата в камере обессоливания от времени процесса представлены на графике 2в. Концентрация ионов хлора линейно уменьшается во времени, а концентрация ацетат иона практически не меняется. Уменьшение концентрации ацетат ионов при длительном проведении процесса объясняется тем, что по мере накопления уксусной кислоты в камере обессоливания снижается скорость диффузии нейтральных молекул от поверхности мембраны вглубь раствора. Одновременно с этим начинает проявляться диффузия нейтральных молекул кислоты в камеру концентрирования через бислойную мембрану.

Из полученных данных были рассчитаны значения выхода по току для ацетат и хлорид ионов (рис. 2г). В начальный момент времени и до достижения концентрации ионов хлора 0,019 моль/л отсутствует перенос ацетат ионов а, следовательно, коэффициент разделения ионов, рассчитанный по уравнению (1) равен бесконечности.

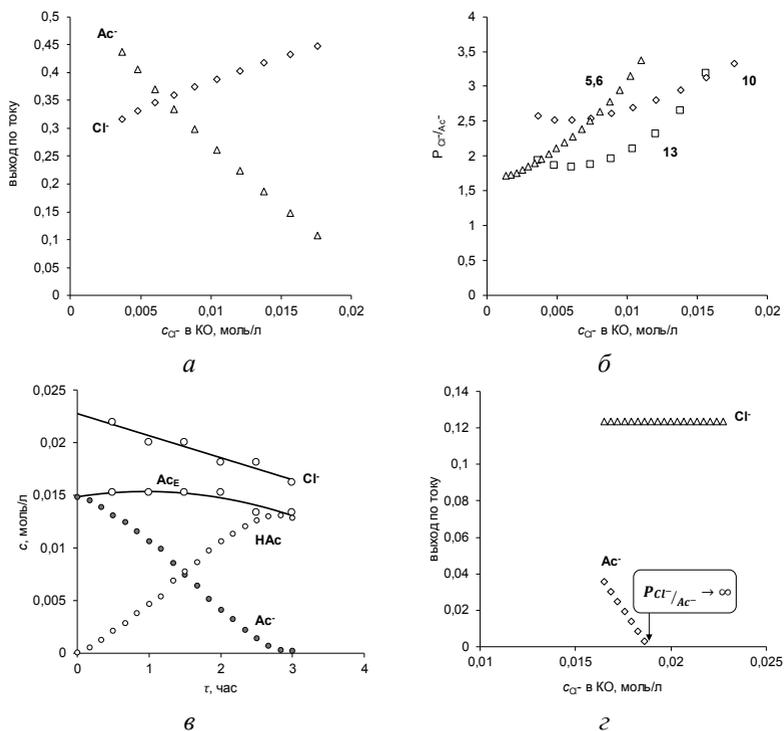


Рисунок 3. Зависимости выхода по току (*a*, *г*), концентрации компонентов (*в*) и коэффициента разделения (*б*) для систем со стандартными мембранами (*a*, *б*) и с бислойными мембранами (*в*, *г*).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-08-01172_a.