

# ЭЛЕКТРОРЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ

Дорофеева Л.И., Михайлов А.Г.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: agm10@tpu.ru

Процессы очистки и селективного извлечения ценных компонентов из технологических растворов при электрорегенерации широко используются во многих отраслях промышленности [1] для создания замкнутых непрерывных технологических циклов, получения моноизотопной продукции.

В работе рассмотрены электроионитные системы с использованием органических и неорганических катионитов. В динамическом режиме работы электродиализного аппарата с непрерывной подачей раствора определялось время диффузии ионов, мигрирующих по рабочей камере горизонтально, с учётом вертикальной составляющей.

Из условий равенства времени движения ионов в вертикальном и горизонтальном направлениях [2] для нормальных условий переноса определялся объёмный расход раствора в аппарате:

$$Q_p = \omega_k \cdot d_k \cdot V_p \cdot f = \frac{\omega_k \cdot H_k \cdot \mathcal{G}_u \cdot U \cdot f}{L_{AK} \cdot F}, \quad t_p = \frac{H_k}{V_p},$$

а также время задержки ионов в электродиализаторе:

где  $H_k$  – высота рабочего пространства средней камеры;  $V_p$  – линейная скорость движения раствора,  $\omega_k$  – ширина средней камеры;  $d_k$  – межмембранное расстояние в средней камере;  $\mathcal{G}_u$  – подвижность иона;  $F$  – число Фарадея;  $U$  – прикладываемое напряжение;  $f$  – коэффициент пористости;  $L_{AK}$  – межэлектродное расстояние;

Таким образом, при наложении электрического поля на двухфазную систему рассчитано время диффузии ионов через рабочую камеру электродиализатора, работающего в динамическом режиме подачи раствора и выбран рабочий диапазон расхода раствора. С учётом подвижности ионов и коэффициентов диффузии определены кинетические характеристики процесса электромиграции. Интенсивность массопереноса [3] значительно возрастает с межмембранным заполнением рабочего пространства аппарата, кинетические характеристики процесса электротранспорта ионов при данных условиях рабочей среды показывают, что эффективность процесса разделения [4] зависит от типа ионита, его структурных характеристик, размеров в гидратированном и дегидратированном состоянии, температуры среды, природы аниона, связанного с катионом в растворе. Распределение концентрации ионов в процессе электромиграции [5] по ионообменному слою можно определить с учётом отношения подвижностей ионов и плотности тока:

$$\frac{\partial J_A}{\partial \tau} = \frac{i}{F C_E} \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{\alpha J_A}{1 - (1 - \alpha) J_A} \right\}.$$

Здесь  $i$  – плотность тока [мА/см<sup>2</sup>];  $J_A$  – доля ионита;  $C_E$  – ёмкость ионита [мг-экв./г];  $\alpha$  – отношение подвижностей ионов.

В ходе процесса электрорегенерации рассчитана скорость движения фронта концентрационной волны по средней камере электродиализатора с межмембранным заполнением ионообменным материалом, определены затраты энергии и условия электропитания.

Получены результаты теоретических исследований для обменных систем с электрорегенерацией, использованного на стадиях сорбции, ионообменного материала, которые хорошо согласуются с экспериментальными данными. Для осуществления замкнутых непрерывных процессов электрорегенерации отработанных технологических растворов эффективно использование динамического режима работы электродиализного аппарата, результаты работы могут быть использованы на предприятиях для процессов очистки технологических растворов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярославцев А.Б. Ионный обмен на неорганических сорбентах// Успехи химии, 1997, Т.66, №7, С.641-660.
2. Вергун А.П., Тихонов Г.С., Дорофеева Л.И. Деионизация никельсодержащих растворов гальванического производства. // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т.306, № 2. – С. 38 - 39. - ISBN 60579582.
3. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. Москва: Химия, 1976. - 488 стр.
4. Dorofeeva L.I., Nguyen Anh Kuan. Modeling of Sorption Processes on Solid-phase Ion-exchangers// AIP Conference Proceedings. — 2018. — Vol. 1938 — [020021, 6 p.].
5. Вергун А. П., Тихомиров И. А., Л. И. Дорофеева. Разделение изотопов и ионов с близкими свойствами в обменных процессах с электрохимическим обращением потока фаз// Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ] / Томский политехнический университет (ТПУ). – 2003. – Т. 306, № 3. – С. 66-70.