

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОБРАЩЕНИЯ ПОТОКОВ ФАЗ ПРИ ИЗОТОПНОМ ОБМЕНЕ

Дорофеева Л.И., Басс В.И.

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

E-mail: vadim2@tpu.ru

Процессы изотопного обмена, основанные на физико-химических принципах выделения целевого изотопа из исходной смеси, используются для получения моноизотопной продукции, их практическая значимость определяется с учетом термодинамических коэффициентов разделения, условий реализации обменного процесса, способов обращения потоков фаз и массообменными характеристиками.

Поиск методов уменьшения затрат на процесс обращения потоков фаз, увеличения полноты выделения целевого компонента (коэффициента обогащения) – важнейшие направления для теоретических и экспериментальных исследований по разработке эффективных способов разделения.

Особенности разделения изотопов и ионов щелочных элементов в противоточной системе с электрохимическим обращением потоков фаз рассмотрены для двухфазных обменных систем ионит-раствор при электромиграции [1] изотопнозамещённых форм в процессе электродиализа. Математическая модель обменного процесса учитывает электрохимический способ обращения потоков фаз при движущемся потоке ионообменника в колонне.

Поток вещества, переносимого через поперечное сечение колонны, определяется с учётом ёмкости ионообменника (Γ , мг-экв./г), площади поперечного сечения аппарата (S), линейной скорости движения твёрдой фазы (V , см/с) и плотности ионообменника (ρ , г/см³):

$$J = \rho \cdot \Gamma \cdot S \cdot V$$

Величина отбора обогащённого продукта (P) определяется в зависимости от потока вещества, пропускаемого через ионообменную колонну и регулируется исходя из прироста концентрации по ступеням (Δn):

$$\Delta C = \varepsilon \cdot C_1 (1 - C_1) \Delta n - \frac{P}{J} (C_p - C_1) \Delta n$$

Число ступеней определяется с учётом зависимости величины эквивалентной теоретической ступени от скорости переноса вещества [2] в фазе ионита (внутренняя диффузия), жидкой фазе (внешняя диффузия) и от перемешивания по высоте колонны (продольная диффузия):

$$h = \frac{\gamma_c}{\beta_m} V + \frac{1}{27} \left[\frac{\lambda}{1 - \lambda} \right]^2 \frac{R^2}{D_c} V + \frac{D^*}{(1 - \gamma_c) V}$$

Здесь β_m – внутридиффузионный кинетический коэффициент, γ_c – доля общего количества катионов, приходящихся на раствор, D_c – коэффициент диффузии в фазе раствора, D^* – коэффициент продольного перемешивания.

Моделирование электроионитного процесса замещения ионных и изотопных форм в процессе электродиализа проводилась с учётом времени диффузии ионов через рабочую камеру электродиализатора, работающего в динамическом режиме подачи потока из обменной колонны, а также условий переноса в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Анализ кинетических характеристик транспорта ионов показывает, что скорость перемещения точки фронта концентрационной волны по межкамерному пространству зависит от ионообменной ёмкости ионита (C_E), pH раствора [3], других характеристик процесса и хорошо описывается уравнением, учитывающим уменьшение концентрации замещаемых ионов при вытеснении зоной, обеднённой по легкому изотопу:

$$X_0^2 = - \frac{i}{F C_E} \frac{\alpha}{\left\langle 1 + (1 - \alpha) \frac{J}{A} \right\rangle^2}$$

Здесь α – отношение подвижностей, F – число Фарадея, J_A – доля иона A , i – плотность тока.

Использование двухфазной ионообменной системы в качестве среды для электромиграционного разделения значительно расширяет область практического применения электроионитных процессов и является эффективным средством обращения потоков фаз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вергун А.П., Дорофеева Л. И., Вергазов К. А. Электрорегенерация ионита при разделении изотопов в обменных противоточных колоннах. // Материалы Всероссийской научно-технической конф., В. 5 – Красноярск, 1999. – с. 190-191.
2. Дорофеева Л.И. Моделирование процессов разделения в обменных двухфазных системах // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Общество – наука – инновации» (Иркутск, 22.12.2019 г.). – Стерлитамак: АМИ, 2019. – с. 11-13.
3. Разделение изотопов и ионов с близкими свойствами в обменных процессах с электрохимическим обращением потока фаз [Электронный ресурс] / А.П. Вергун, И.А. Тихомиров, Л. И. Дорофеева // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]– 2003. – Т. 306, № 3. – С. 66-70.