

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Рухадзе Ш.Ш., канд. техн. наук, проф.,  
Тавдишвили Д.Р., канд. техн. наук, ассоц. проф.,  
Апридонидзе М.Д., акад. доктор по инженерии,  
Шотадзе А.Г., докторант  
Государственный университет Акакия Церетели (Грузия)

Нами построены две достаточно общие математические модели нестационарного неизотермического переноса бинарного электролита в разбавленных растворах электромембранных систем при выполнении условия электронейтральности, с учетом совместного действия гравитационной и вынужденной конвекции. Эти модели представляют собой краевые задачи для системы нелинейных уравнений в частных производных. Первая из них названа потенциостатической, а вторая – гальваностатической.

Гальваностатический режим определяется условием, означающим, что среднеинтегральная плотность тока  $i_{av}$  в системе постоянна.

Потенциостатическому режиму соответствует условие, означающее, что величина падения потенциала на межмембранном пространстве постоянна и равна некоторому  $\Delta\phi$ .

Для анализа механизма процесса разделения электродиализом с учетом совместного действия гравитационной и вынужденной конвекции проведен численный эксперимент массопереноса в электромембранных системах.

Проведены численные эксперименты для раствора  $NaCl$  в широком спектре таких параметров, как начальная концентрация, температура и скорость прокачивания раствора, межмембранное расстояние, длина, угол наклона канала обессоливания и плотность электрического тока (для гальваностатической модели) либо скачок электрического потенциала (для потенциостатической модели) в этом канале.

Линии тока жидкости в канале обессоливания, рассчитанные по потенциостатической модели, при вертикальном расположении канала, скорости прокачивания  $V_0^{(d)} = 3$  мм/с и скачке потенциала  $d_\omega^{(d)} = -0,43 \cdot (i_{av} / V_0^{(d)} \approx 2,5)$  показывают, что при достаточно высокой скорости прокачивания ( $V_0^{(d)} = 3$  мм/с) скорость «всплытия» раствора сравнительно мала и гравитационная конвекция не наблюдается. Можно сказать, что она подавляется вынужденной конвекцией. В этих

условиях в системе устанавливается стационарный режим, имеет место ламинарный безвихревой характер течения жидкости, а распределение концентрации в канале обессоливания совпадает с достаточной точностью с расчетами, проведенными по конвективно-диффузионной модели.

При уменьшении скорости прокачивания возникает ситуация, когда обессоленный раствор поднимается немного быстрее, чем раствор, находящийся на некотором удалении от мембран. Часть диффузионного слоя при этом «смывается» потоком, толщина его уменьшается, а предельный ток в системе увеличивается по сравнению с предельным электродиффузионным током.

$$i_{lim i} = \frac{1.43FC^0 D^{\frac{2}{3}} V^{\frac{1}{3}}}{L^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{3}} (t_i - t_i)}$$

Линии тока жидкости, рассчитанные с помощью потенциостатической модели, свидетельствуют, что дальнейшее снижение входной скорости ( $V_0^{(d)} \leq \text{мм/с}$ ) приводит к возникновению парного вихря. Один из вихрей расположен возле анионообменной, а другой – возле катионообменной мембраны.

Проведенные расчеты показывают, что уже через 60 секунд начала процесса электродиализа скорости течения жидкости внутри этих вихрей могут составлять до 1,7 мм/с (вихрь вблизи анионообменной мембраны) и 2,0 мм/с (вихрь вблизи катионообменной мембраны). При заданной скорости вынужденной конвекции раствора  $V_0^{(d)}$  и заданных геометрических параметрах канала обессоливания парный вихрь занимает все межмембранное пространство, причем скорость течения жидкости в каждом из вихрей увеличивается с уменьшением концентрации раствора  $C$  и увеличением температуры  $T$  вблизи межфазной границы. Каждый из вихрей осуществляет перемешивание раствора, доставку вещества из его глубины к межфазной границе мембрана/раствор, разрушая тем самым диффузионный слой, увеличивая предельный ток и способствуя интенсификации процесса обессоливания.