

0.1. Максимова А.А., Рыжков И.И. Анализ моделей концентрационной поляризации в установке тангенциальной фильтрации с радиальным течением раствора

В данной работе были разработаны осесимметричные двумерная и трехмерная модели для исследования концентрационной поляризации в ячейке для радиальной фильтрации с поперечным потоком. Ячейка предназначена для проведения ультра- и нанофильтрации водных растворов с электрическим приводом и содержит противозлектрод, заряженный противоположно по отношению к мембране. Уравнения модели решаются численно для получения зависимости концентрации мембраны от параметров системы.

Результаты показали, что при фиксированной скорости потока пермеата увеличение скорости подачи приводит к уменьшению концентрационной поляризации. В то же время увеличение скорости потока пермеата при фиксированной скорости подачи приводит к увеличению концентрации на поверхности мембраны. Сильная концентрационная поляризация наблюдается при низких скоростях потока сырья из-за зон застоя вблизи края мембраны с высокой концентрацией растворенного вещества. Также было обнаружено, что 2D-модель предсказывает несколько более высокую концентрацию мембран по сравнению с 3D-моделью, но эта разница становится более заметной при более низких скоростях подачи и высокой степени отбраковки. Более высокие значения отбраковки приводят к более сильной поляризации концентраций. Анализ структуры потока в канале над мембраной показывает, что при высоких скоростях подачи радиальный поток располагается в тонком слое вблизи мембраны, в то время как в остальной части канала наблюдается вихревой поток. Размер вихря уменьшается и смещается в сторону канала подачи с уменьшением скорости потока подачи. Сделан вывод о том, что хорошее соответствие между численными расчетами и аналитическими моделями может быть получено при использовании уменьшенного значения толщины канала, которое соответствует области, где профиль радиальной скорости близок к параболическому.

Модель Де и Бхаттачарьи [1], которая использует улучшенную корреляцию чисел Шервуда с учетом потока через мембрану, хорошо согласуется с моделью неподвижной пленки, использующей стандартную корреляцию чисел Шервуда [2]. Однако модель с неподвижной пленкой лучше работает при высоких скоростях потока пермеата и большом количестве брака по сравнению с численными расчетами. Обе модели не позволяют предсказать концентрацию мембраны при низких скоростях потока сырья, когда профиль радиальной скорости сильно неоднороден. Аналитические модели [3, 4] также предсказывают увеличение средней концентра-

ции в мембране с увеличением радиуса мембраны и высоты канала над ней. Предложенный подход может служить основой для прогнозирования поляризации концентрации в фильтровальной ячейке с радиальным потоком раствора и оптимизации ее конструкции.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-19-00269.

Список литературы

- S.S. DE, P.K. BHATTACHARYA Prediction of mass-transfer coefficient with suction in the applications of reverse osmosis and ultrafiltration // Journal of Membrane Science. 1997. N. 128. P. 119–131.
P.L.T. BRIAN Concentration polarization in reverse osmosis desalination with variable flux and incomplete salt rejection // Ind. Eng. Chem. Fund. 1965. N. 4. P. 439–445.
Y.S. OREN, V. FREGER, O. NIR New compact expressions for concentration-polarization of trace-ions in pressure-driven membrane processes // J. Membrane Science Letters, 2021. N. 1. P. 100003.
A.L. ZYDNEY Stagnant film model for concentration polarization in membrane systems // Journal of Membrane Science. 1997. N. 130. P. 275–281.