

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОПЕРЕНОСА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ КОМПОЗИТНОЙ МЕМБРАНЫ

Угрозов В.В.^{1,2}

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, департамент анализа данных, принятия решений и финансовых технологий, Россия, 123995, г. Москва, ул. Щербаковская 38, Тел. +7(499)277-21-02, E-mail: vugr@rambler.ru.

²Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева, Российской академии наук, лаб.18, 119991, г. Москва, Ленинский пр., 29, Тел.+7 (495) 647-59-27.

В последние годы проводятся интенсивные исследования переноса в неоднородных материалах, таких как пористых средах, на случайных фракталах, в экосистемах и биологических клетках. В данной работе в рамках представления Хангги–Климонтовича выполнено математическое моделирование одномерного диффузионного переноса через композитную мембрану, состоящую из двух слоев, неоднородность которых моделируется зависимостью коэффициентов диффузии в этих слоях от пространственной переменной. Подобная среда моделирует, в частности, композитные мембраны, применяющиеся в различных мембранных технологиях. Получены аналитические выражения потока вещества, диффундирующего через среду для произвольных зависимостей коэффициентов диффузии от пространственной переменной. Установлено, что величина диффузионного потока через такую мембрану может зависеть от направления переноса, т.е. наблюдается эффект асимметрии переноса (ЭАП) даже при небольших давлениях газа. Получено обобщенное аналитическое выражение для проницаемости двухслойной мембраны с учетом ее неоднородности. Предложен новый способ расчета коэффициента асимметрии переноса, определяющий интенсивность ЭАП. С помощью Mathcad 14 и полученных аналитических выражений выполнено численное моделирование переноса в случае экспоненциальной зависимости коэффициентов диффузии от пространственной переменной. Установлено, что эффект асимметрии переноса может возникать, даже если хотя бы один из мембранных слоев неоднороден (т.е. его коэффициент диффузии зависит от пространственной переменной). Определены основные параметры, влияющие на эффект асимметрии переноса. Выполненный анализ показал, что на интенсивность ЭАП заметно влияют параметры, определяющие степень неоднородности мембранных слоев. Обнаружено, что при некоторых значениях этих параметров, газоперенос через мембрану может протекать в режиме «диффузионного диода», пропуская диффузионный поток вещества преимущественно только в одном направлении. Установлено, что на интенсивность асимметрии переноса двухслойной мембраны также заметно влияет отношение между толщинами мембранных слоев. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ: №17-08-01287_а.