

Исследование транспортных характеристик композиционных мембран на основе оксида графена и MXene

Беломестных И.А.¹, Гурьянов К.Е.¹, Елисеев А.А.²

Ilya.belom@yandex.ru

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет наук о материалах, Москва, Россия

² МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет, Москва, Россия

Появление квазидвумерных материалов, таких как оксид графена и MXene, открыло новые возможности для формирования малодефектных селективных слоев на различных типах подложек, включая полые волокна, широко применяемые в промышленной мембранной технике. Слоистая морфология материала обуславливает возможность реализации различных механизмов массопереноса: Кнудсеновской диффузии для неконденсируемых газов и капиллярной конденсации при транспорте паров. Такие материалы характеризуются развитой слоистой морфологией и высокой удельной поверхностью, что делает их особенно перспективными для применения в мембранных технологиях. Использование полых волокон в качестве подложки обусловлено их развитой удельной поверхностью (до 10 000 м²/м³), что существенно интенсифицирует процессы массопереноса. Композиционные мембраны на их основе представляют собой перспективную платформу для процессов разделения, увлажнения и осушения газов. В связи с этим, в рамках данной работы были получены универсальные мембранные элементы на основе полых полипропиленовых волокон с селективными слоями оксида графена и MXene, а также исследованы их транспортные свойства.

Формирование селективного слоя осуществлялось посредством двухстадийной модификации внутренней поверхности полипропиленового волокна. На первом этапе, проведена обработка сильными окислителями, такими как Br₂, смесь H₂O₂/H₂SO₄, смесь HNO₃, O₃ и другие. На втором этапе проводилась аминная модификация поверхности с использованием триэтилентетрамина (ТЭТА), обеспечивающая дополнительное увеличение числа активных центров и улучшение адгезии селективного слоя. Осаждение оксида графена проводилось методом вакуумной фильтрации, совмещённой с фильтрацией под давлением. Толщина сформированного слоя составила 20 нм. Исследование транспорта неконденсируемых газов через полученные композиционные мембраны показало проницаемость порядка 3 м³/(м²·бар·ч). Анализ зависимостей свидетельствует о реализации Кнудсеновского механизма диффузии в контексте неконденсируемых газов. При изучении транспорта водяного пара установлено, что проницаемость практически не зависит от наличия селективного слоя оксида графена и составляет около 100 м³/(м²·бар·ч), что указывает на доминирование механизмов, связанных с конденсационными эффектами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №23-13-00195-П

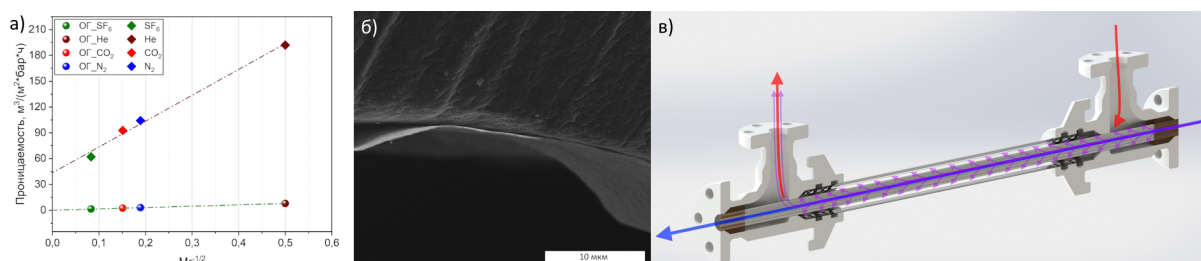


Рис. 1. а) Проницаемость по неконденсируемым газам ПП подложки и композиционной мембраны со слоем ОГ; б) Микрофотография селективного слоя ОГ на внутренней поверхности пористого волокна; в) Схематичное изображение транспорта мембранного модуля.