

МОДИФИКАЦИЯ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Вода является одним из самых незаменимых ресурсов, используемых всеми видами промышленности. В процессе в нефтехимической, фармацевтической, металлургической и нефтегазовой промышленности образуются большие объемы нефтесодержащих сточных вод. Частые аварии с разливами нефти еще больше превращают загрязнение морской воды в экологическую катастрофу, которая требует неотложных восстановительных мероприятий. Загрязнение водных источников нефтью стало одной из важнейших проблем, вызывающих не только сильное загрязнение окружающей среды, но и угрожающих здоровью человека. Таким образом, разделение нефти и воды является глобальной проблемой, и предпринимаются активные усилия для поиска лучших решений этой проблемы.

Существует множества физико-химических методов очистки нефтесодержащих сточных вод. Ряд методов, таких как экстракция растворителем, окисление, захоронение, электрокинетика, были разработаны для разделения смесей масло/вода, но с ограниченным использованием либо из-за их низкой эффективности, либо из-за высокой стоимости [1].

Мембранные методы фильтрации с высокой эффективностью, низким энергопотреблением, простотой эксплуатации и относительно низкой стоимостью представляются одними из наиболее перспективных методов для решения проблем разделения нефти и воды. Для решения задач разделения водонефтяных эмульсий часто используют обратный осмос, ультра- и нанофильтрацию, мембранную дистилляцию и другие виды [2-3]. Однако меньше внимания уделялось использованию трековых мембран (ТМ), которые характеризуются регулярной геометрией пор с возможностью регулирования их на единицу площади, а также узким распределением пор по размерам, что должно положительно сказываться на селективности разделения [4-5].

В данной работе, применяется метод фотоиндуцированной привитой полимеризации стеарилметакрилата (СМА) на поверхность

ТМ на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с большим диаметром пор до 3 мкм. Гидрофобизированные ПЭТФ ТМ были испытаны при разделении эмульсий масло-вода с использованием модельных систем гексадекан-вода и хлороформ-вода.

Гидрофобные ПЭТФ ТМ были получены следующим образом. Пленки из ПЭТФ облучали ионами Kr на ускорителе ДЦ-60 (Астанинский филиал Институт ядерной физики) с энергией 1,8 МэВ/нуклон и флюенсами ионов $1 \cdot 10^8$ ион/см² и $1 \cdot 10^6$ ион/см². Затем мембраны фотосенсибилизировали и подвергали химической обработке в NaOH для получения мембран с размером пор от 350 нм до ~ 3000 нм. Модификация ПЭТФ ТМ была достигнута путем фотоинициированной прививочной полимеризации. ТМ сначала погружали в 5% раствор инициатора (бензофенон) в ДМФА на 24 ч, затем помещали в раствор стеарилметакрилата (СМА) в 2-пропанол с диапазоном концентраций 1-45% и облучали под УФ источником в течение 30-120 мин. Далее, гравиметрически рассчитывали степень прививки.

Морфологию поверхности изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-7500F. На рисунке 1 представлены микрофотографии СЭМ поверхности исходных и модифицированных ПЭТФ ТМ при различной плотности пор.

Для определения функциональных групп до и после модификации ИК-спектры были сняты на ИК-Фурье-спектрометре Infra LUM FT-08 с приставкой НПВО. Измерения проводились в диапазоне от 400 до 4000 см⁻¹, количество сканирований - 32 при разрешении 2 см⁻¹.

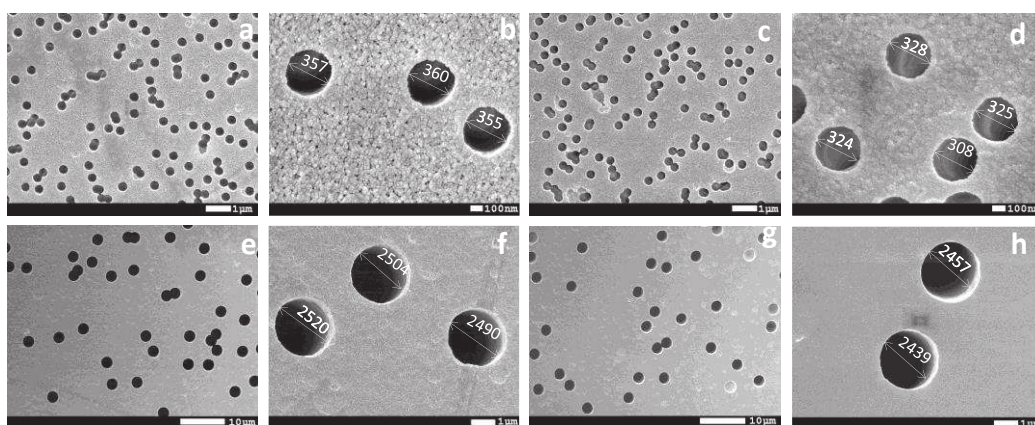


Рисунок 1 - Микрофотографии СЭМ поверхности исходной ПЭТФ ТМ (размер пор – 350 ± 30 нм, флюенс пор $1 \cdot 10^8$) (а-б), после модификации в оптимальных условиях (степень прививки – 3,6%) (с-д), исходной ПЭТФ ТМ (размер пор – 2,50 мкм, флюенс пор $1 \cdot 10^6$) (е-ф), после модификации в оптимальных условиях (г-х)

ИК-спектры исходных и модифицированных ПЭТФ ТМ показаны на рис. 2. Исходные ПЭТФ ТМ демонстрируют характерные полосы поглощения при 2970 см^{-1} (бензольное кольцо, CH), 2912 см^{-1} (алифатический CH), 1713 см^{-1} (C=O), 1615 , 1470 , 1430 , 1409 см^{-1} (ароматические колебания углеродного скелета), 1340 см^{-1} (O-CH), 1238 см^{-1} (колебания связей эфирных групп C(O)-O), 970 см^{-1} (O-CH₂). Прививка СМА приводит к появлению новых пиков при ~ 2852 , 2925 и 2951 см^{-1} , связанных с валентными колебаниями связей C-H длинных боковых цепей привитого полимера.

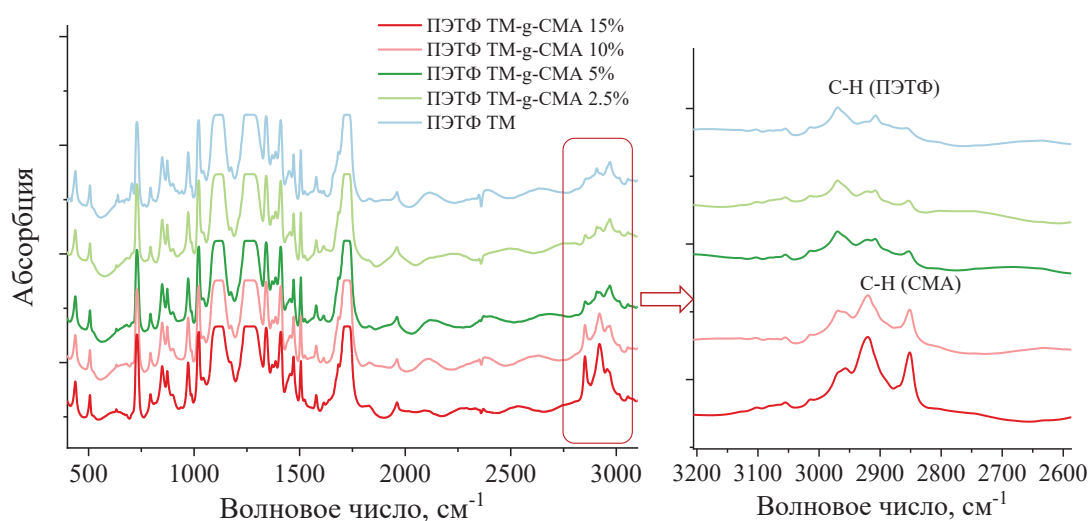


Рисунок 2 - ИК-спектры исходных и модифицированных ПЭТФ ТМ-СМА при различных концентрациях мономера

Полученные таким образом, модифицированные ПЭТФ ТМ-СМА с различным диаметром пор использовали для разделения эмульсий хлороформ-вода и гексадекан-вода. Во всех случаях наблюдается значительная производительность для смеси хлороформ-вода, чем для эмульсии гексадекан-вода, что может быть связано с более высокой вязкостью эмульсии. С увеличением диаметра пор наблюдается закономерный рост производительности и достигает максимального значения $1100\text{ мл/м}^2\cdot\text{с}$ при размере пор $3,05\text{ мкм}$ и давлении 900 мбар . Степень очистки колеблется в узких пределах ($99,8\text{--}97,0\%$). Стабильность гидрофобной мембраны исследовали в течение 8 циклов. Наблюдается лишь незначительное снижение потоков, в целом мембраны остаются стабильными, степень разделения не меняется. Кроме того, следует отметить, что исходные ПЭТФ ТМ также были протестированы, однако эффективность разделения была близка к нулю. Таким образом, разработанный метод модификации ПЭТФ ТМ может быть использован для

гидрофобизации мембран с большими порами и успешно применяться для разделения нефти и воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang N. A review on oil/water emulsion separation membrane material / Zhang N., Yang X., Wang Y., Qi Y. et al // Journal of Environmental Chemical Engineering. – Elsevier, 2022. – Vol. 10, № 2. – P. 107257
2. Kasemset S. Effect of polydopamine deposition conditions on fouling resistance, physical properties, and permeation properties of reverse osmosis membranes in oil/water separation / Kasemset S., Lee A., Miller D., Freeman B., Sharma M. // Journal of Membrane Science. – Elsevier, 2013. – Vol. 425–426. – P. 208–216.
3. Prince J.A. Ultra-wetting graphene-based PES ultrafiltration membrane – A novel approach for successful oil-water separation / Prince J.A., Bhuvana S., Anbharasi V., Ayyanar N. et al // Water Research. – Pergamon, 2016. – Vol. 103. – P. 311–318.
4. Muppalla R. Fouling resistant nanofiltration membranes for the separation of oil–water emulsion and micropollutants from water / Muppalla R., Jewrajka S.K., Reddy A.V.R. // Separation and Purification Technology. – Elsevier, 2015. – Vol. 143. – P. 125–134.
5. Dong B. Bin. Polymer-derived porous SiOC ceramic membranes for efficient oil-water separation and membrane distillation / Dong B. Bin., Wang F.H., Yang M.Y., Yu J.L. et al // Journal of Membrane Science. – Elsevier, 2019. – Vol. 579. – P. 111–119.