

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ»

**Прививочная (со)полимеризация акриловой кислоты и 2-акриламидо-2-
метилпропансульфоновой кислоты на облученную полиэтиленовую
плёнку и ионообменные свойства привитых материалов
АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

Студентки 2 курса 251 группы
направления 04.04.01 «Химия»

Института химии

Швецовой Екатерины Юрьевны

Научный руководитель:

доцент кафедры

к. х. н., доцент

Т.А. Байбурдов

Заведующий кафедрой

д. х. н., профессор

А. Б. Шиповская

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Мембранные технологии в настоящее время являются одними из самых востребованных. Об этом говорят их разнообразие и широкий спектр использования мембран в различных сферах, таких как опреснение и очистка воды, энергетика, медицина, химическая и нефтегазовая промышленность и др. [1].

Современные технологии в области мембранных процессов требуют создания новых материалов с заданными физико-химическими свойствами с высокой селективностью и устойчивостью к агрессивным средам. Одним из перспективных направлений этой отрасли является модификация полимерных подложек с целью получения функционализированных мембран, обладающих ионообменными и сорбционными свойствами [2]. Однако, существующие методы получения ионообменных мембран имеют свои недостатки, такие как сложность процесса, высокая стоимость и низкая производительность.

Полиэтилен (ПЭ) — доступный, радиационно-устойчивый полимер — широко применяется в качестве основы для создания мембранных материалов. Однако из-за своей гидрофобной природы он нуждается в предварительные обработки поверхности для повышения её гидрофильности. Одним из эффективных методов такой модификации является прививочная полимеризация виниловых мономеров на поверхность ПЭ, образующая ионогенный гидрофильный слой [3].

Целью работы является исследование прививки акриловой кислоты и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты (АМПС) на плёнки полиэтилена при различных концентрациях компонентов в реакционной массе и определение свойств полученных сополимеров.

Для достижения этой цели поставлены следующие **задачи**: определить оптимальные концентрации мономеров (АК и АМПС) и других компонентов реакционной смеси для эффективной прививки; изучить влияние состава реакционной среды на степень прививки; проанализировать физико-химические характеристики полученных сополимеров и сформулировать

выводов о влиянии состава реакционной смеси на свойства привитых сополимеров.

Структура и объем работы. Работа изложена на 55 листах, содержит 27 рисунков, 3 таблицы, состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения, техники безопасности и списка используемых источников, включающего 46 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В литературном обзоре осуществлен поиск литературных данных об ионообменных смолах, видах и области применения ионогенных материалов, о способах создания ионогенных мембран, модификации полиэтилена радиационным окислением и о пострадиационной полимеризации виниловых мономеров на окисленном полиэтилене.

В экспериментальной части синтезировали сополимеры акриловой кислоты и полиэтилена, а также композиты с ПЭ, АК и 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислотой. Прививку осуществляли на предварительно облученном ПЭ при температурах $92-98\pm 1^\circ\text{C}$ в присутствии бензолсульфокислоты и аммоний-железо сернокислого железа (II). В качестве модификаторов реакции использовали ряд спиртов.

С помощью различных методов определены: степень прививки образцов, равновесная степень набухания в щелочи, сорбционная емкость и механическая прочность сополимеров. Получены данные о элементном составе поверхности образцов и снимки поверхности пленок с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM).

Обсуждение результатов работы содержит результаты и выводы по проделанной научно-исследовательской работе.

Было установлено что при модификации состава реакционной массы путем введения спиртов, за счет улучшения межфазного взаимодействия гидрофильного мономера и гидрофобной поверхности полимера-носителя,

увеличивается степень прививки и водопоглощение в щелочи у привитых композитов.

Исследовано влияние спиртовых добавок на процесс синтеза в идентичных условиях (концентрация модификатора — 9 мас.%, время синтеза — 90 мин). Наибольшая степень прививки при $97\pm 1^\circ\text{C}$ наблюдалась при использовании глицерина, и составляла на 40% степени прививки больше, чем у контрольного образца. При пониженной температуре ($93\pm 1^\circ\text{C}$) максимальный показатель достигнут с фруктозой ($P=95,2\%$).

Исследование поверхности методом SEM выявило значительные изменения морфологии модифицированных пленок по сравнению с исходным образцом. В отличие от исходного полиэтилена с однородной поверхностью, привитые образцы демонстрируют развитую структуру с характерными включениями, складками и порами диаметром 60-350 нм. Полученные результаты согласуются с литературными данными, согласно которым пористая структура может улучшать сорбционные свойства, сохраняя при этом механическую прочность за счет уплотненного поверхностного слоя.

Исследовали возможность модификации полимерных композитов путем введения сульфокислотного мономера АМПС в форме натриевой соли. В отличие от чистого АМПС, который демонстрировал низкую эффективность прививки, его комбинация с 35 мас.% акриловой кислотой показала лучшие результаты. ИК-спектроскопия подтвердила успешное включение АМПС-Na в структуру полимера по характерным полосам поглощения.

Эксперименты показали, что добавление 0,2 моль/л АМПС-Na приводит к увеличению степени прививки, при этом не оказывая существенного влияния на способность материала к набуханию в щелочной среде. Это объясняется образованием разветвленной структуры сополимера, создающей стерические препятствия для набухания. Таким образом, предложенный подход позволяет модифицировать химическую структуру полимера без ухудшения его основных функциональных характеристик.

Модификация полиэтиленовых пленок акриловыми мономерами придает им ионообменные свойства, аналогичные свойствам ионообменных смол. Для оценки сорбционной способности исследовали адсорбцию ионов Cr^{3+} из водного раствора. Оптимальные условия сорбции: pH 3.5, начальная концентрация Cr^{3+} — 0.80 мг/см³, время контакта — не менее 3 часов.

Сравнение образцов показало, что введение АМПС-Na в состав сополимера значительно повышает сорбционную емкость (339 мг/г против 191 мг/г для АК-модифицированного образца). Это связано с наличием сильнокислотных сульфогрупп, усиливающих взаимодействие с ионами металла. Перед испытаниями образцы с АМПС переводили в кислотную форму обработкой разбавленной серной кислотой для корректного сравнения с АК-модифицированными пленками.

Кинетические исследования выявили, что максимальное насыщение ионами хрома достигается за 24 часа, что подтверждается как количественными измерениями, так и визуальным изменением окраски пленки. Увеличение содержания АМПС-N в реакционной смеси приводит к росту как степени прививки, так и сорбционной емкости, что доказывает его эффективность в формировании ионообменного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы кинетические закономерности прививки при радикальной полимеризации АК на плёнках ПЭ. Показано, что с увеличением концентрации АК увеличивается степень прививки мономера и её скорость на матрицу ПЭ.

Исследованы механические свойства полученных образцов. Установлено, что с повышением степени прививки мономера на ПЭ понижается эластичность образца, но увеличивается его прочность при разрыве.

Показано, что введение многоатомных спиртов в реакционную массу позволяет увеличивать степень прививки, степень равновесного набухания и позволяет проводить синтез при более низкой температуре.

Определено, что при стандартной температуре ($97 \pm 1^\circ\text{C}$) оптимальное значение степени привеса и равновесной степени набухания в растворе щелочи обеспечивает добавка глицерина 9 мас. %.

Представлена картина морфологии поверхности привитых пленок, изучен элементный состав образцов.

Показано, что введение в раствор АМПСNa в качестве сомономера приводит к увеличению степени прививки, при этом существенного влияния на увеличение равновесного набухания в щелочи, в сравнении со стандартным образцом АК-ПЭ, не оказывает. С увеличением концентрации АМПС в растворе эта тенденция сохраняется.

Изучены свойства привитых пленок систем АК-ПЭ и [АК-ПЭ-АМПСNa] в качестве ионной смолы для адсорбции тяжелых металлов в растворе. Повышение концентрации АМПСNa в реакционной смеси, пропорционально увеличивает степень адсорбции ионов Cr^{+3} у сополимера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шестаков, С. Л. Роль структуры в динамике протонного переноса через полимерные катионообменные мембраны: дис. ... канд. физ.-мат. наук / С. Л. Шестаков – Долгопрудный, 2010. – 29 с.
2. Каримов, О.Х. Полимерные мембранные материалы: история появления, их свойства. Этапы развития мембранных технологий / О.Х. Каримов, Л. Новак, Б.Н. Мастобаев [и др.] // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2020. – № 2. – С.17–24.
3. Китаева, Н. К. Синтез и регулирование свойств мембран из полиэтилена с привитой полиакриловой кислотой.: дис. ... канд. хим. наук / Н. К. Китаева – Москва, 2001. – 5–7 с.
4. Пат. 1073239 СССР. Способ ингибирования самопроизвольной полимеризации ненасыщенных мономеров / Г. А. Ростокин, Т. Л. Переплетчикова, А. Е. Куликова, и [др.] – заявка 3473292 от 20.07.1982.; опубл. 02.15.1984, Бюл. № 3.