

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Объект авторского права

УДК 678.742.3–48 : 547.391.1

ПРИГОЖАЕВА
ЛИДИЯ МИХАЙЛОВНА

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ СШИТЫХ ВОЛОКНИСТЫХ
КАРБОКСИЛЬНЫХ КАТИОНИТОВ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук
по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения

Минск, 2025

Научная работа выполнена в государственном научном учреждении «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Научный руководитель:

Шункевич Александр Акимович, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории синтеза и исследования свойств ионообменных волокон государственного научного учреждения «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Официальные оппоненты:

Косандрович Евгений Генрихович, доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории ионного обмена и сорбции государственного научного учреждения «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Якимцова Людмила Борисовна, кандидат химических наук, доцент кафедры высокомолекулярных соединений Белорусского государственного университета

Оппонирующая организация:

Государственное научное учреждение «ИНСТИТУТ ХИМИИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Защита состоится «23» мая 2025 г. на заседании совета по защите диссертаций государственного научного учреждения «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ», Д 01.24.01, адрес: 220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13, к. 402, e-mail: secr@ifoch.bas-net.by, тел./факс: (375 17) 272-16-79.

С диссертацией можно ознакомиться в государственном научном учреждении «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ» и на сайте <https://ifoch.by>.

Автореферат разослан « » апреля 2025 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат химических наук



С. А. Праценко

ВВЕДЕНИЕ

Разработка методов получения химически активных волокнистых материалов представляет актуальную задачу создания современных наукоемких экологически чистых производств в различных отраслях промышленности. Волокнистые сорбенты, катализаторы, сенсоры и другие химически и биологически активные волокна разрабатываются многими научными лабораториями мира и коммерческими компаниями.

Уникальность волокнистых материалов обусловлена разнообразием их текстильных форм (штапель, нетканый материал, пряжа, нити, ткань, кноп) и развитой удельной поверхностью, что обеспечивает высокую скорость ионообменных, сорбционных, каталитических и других химических процессов, а также высокую эффективность при низких концентрациях компонентов.

В Республике Беларусь на научно-технической базе государственного научного учреждения «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ» успешно пользуются методом радиационной прививочной полимеризации для производства ряда волокнистых сорбентов ФИБАН® на основе полипропиленовых волокон.

Универсальный характер радиационного метода, доступность кобальтовых источников гамма-излучения и высокопроизводительных электронных ускорителей позволяет получать уникальные моно- и полифункциональные волокнистые материалы. При этом вопрос о влиянии условий радиационной прививочной полимеризации, а также внешних факторов на физико-химические, физико-механические свойства привитых волокон, их долговременную стабильность в научной литературе изучен недостаточно подробно.

В связи с этим, исследования по проблеме долговечности материалов данного типа имеют значение не только с точки зрения увеличения срока их безопасной эксплуатации, но и важны для более глубокого понимания природы и механизма процессов, протекающих при старении привитых волокон.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы «2. Супрамолекулярная химия, химический синтез новых веществ, материалов с заданной структурой, функциональными и физико-химическими свойствами. Новые химические продукты и технологии»; 10. Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций», утвержденным постановлением Совета

Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 г. № 585; приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы «8. Многофункциональные материалы и технологии», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12.03.2015 г. № 190; приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы «2. Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства», утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 г. № 156.

Диссертационная работа выполнялась в государственном научном учреждении «ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ» в рамках задания 2.61 «Разработка методов и технологий получения новых волокнистых ионитов и сорбентов, технологий их применения в жидких средах» (2011–2015 гг., № ГР 20142565) ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал»; задания 6.13 «Разработка методов и технологий получения новых волокнистых ионитов и сорбентов для жидких и газовых сред» (2016–2020 гг., № ГР 20160557) ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии»; задания 2.1.02 «Сорбционные, каталитические и мембранные материалы для водоочистки и водоподготовки ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия»; НИР 3. «Разработка технологий получения и применения ионообменных волокнистых материалов на основе полиакрилонитрильных и полипропиленовых волокон» (2021–2025 гг., № ГР 20210235)».

Цель, задачи, объект и предмет исследования. Цель работы – выявить закономерности прививочной полимеризации акриловой кислоты (АК) и бифункциональных сомономеров (БФС) к облученным полипропиленовым (ПП) волокнам в присутствии соли Мора и особенности физико-химических свойств сшитых волокнистых карбоксильных катионитов в зависимости от состава и внешних факторов, определяющих их использование в качестве хемосорбционных материалов. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние температуры реакции, концентрации реагентов и природы растворителя на выход привитого волокна, особенности структуры, конверсию мономера и эффективность прививочной полимеризации АК и БФС различной природы к облученным на воздухе γ -лучами ^{60}Co ПП волокнам;

- установить характер влияния типа и содержания БФС на динамическую сорбционную активность и возможность полной регенерации новых сшитых карбоксильных катионитов по сравнению с несшитым волокнистым аналогом ФИБАН К-4 в отношении катионов цветных и тяжелых металлов

Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} на фоне высокой концентрации наиболее распространенного в пресной воде катиона Ca^{2+} ;

- установить взаимосвязь между составом радиационно-привитых волокон и их санитарно-гигиеническими свойствами;

- изучить закономерности старения радиационно-привитых волокон в зависимости от условий прививочной полимеризации и внешних факторов, оказывающих влияние на их прочность и эластичность;

- исследовать закономерности термического окисления кислородом радиационно-привитых волокон в зависимости от состава и условий прививочной полимеризации;

- определить условия получения и наработать экспериментальную опытно-промышленную партию нового сшитого волокнистого карбоксильного катионита.

Объект исследования – ПП волокна и волокнистые карбоксильные катиониты на их основе, полученные методом радиационной прививочной полимеризации АК и БФС различной природы – дивинилбензола (ДВБ), метиленабисакриламида (МБАА), этиленгликольдиметакрилата (ЭГДМ).

Предмет исследования – закономерности прививочной полимеризации АК и БФС к облученным ПП волокнам, структура и физико-химические свойства радиационно-привитых ПП волокон, факторы, влияющие на их долговременную стабильность.

Выбор объекта и предмета диссертационной работы обусловлен необходимостью решения проблемы оптимизации параметров синтеза и долговечности ПП волокнистого карбоксильного катионита типа ФИБАН К-4.

Научная новизна. В работе впервые получены новые волокнистые карбоксильные катиониты на основе радиационно-привитых ПП волокон со сшитыми привитыми цепями ПАК с использованием БФС различной природы – ЭГДМ, МБАА и ДВБ. Показано, что использование небольших добавок БФС (до 1 % от АК) приводит к увеличению выхода привитого волокна и эффективности прививочной полимеризации АК. Сравнительное исследование динамической сорбционной активности новых катионитов и их несшитого аналога ФИБАН К-4 позволяет сделать вывод о повышении сродства сшитых сорбентов к катионам Zn^{2+} . Среди сшитых сорбентов волокно с ЭГДМ отличается наиболее высокой динамической обменной емкостью к катионам Pb^{2+} , а волокно с МБАА обладает повышенным сродством к Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и Ca^{2+} .

Впервые показано, что соль железа (II), которая используется во время прививочной полимеризации АК для подавления гомополимеризации мономера, ускоряет пост-радиационную окислительную деструкцию привитого волокна за счет образования неустойчивого специфического комплекса железа (III), придающего привитому волокну характерное окрашивание. При

этом ускорение окислительной деструкции не связано с ионообменным взаимодействием железа (III) с карбоксильными группами привитой АК.

Впервые установлено, что карбоксильные катиониты, полученные методом прививочной полимеризации АК к облученным на воздухе ПП волокнам, характеризуются постепенным накоплением растворимой фракции ПАК вследствие медленно протекающей окислительной деструкции, которая замедляется при сшивании БФС и ускоряется в присутствии железа (III).

Изученные закономерности окислительной деструкции привитых волокон в зависимости от условий прививочной полимеризации, состава и внешних факторов позволили расширить представления о механизме старения сополимеров, полученных методом прививочной полимеризации мономеров к облученным на воздухе ПП волокнам.

Положения, выносимые на защиту:

1. Впервые установленные закономерности прививочной полимеризации акриловой кислоты и бифункциональных сомономеров к облученным полипропиленовым волокнам, что позволило разработать метод получения сшитых волокнистых монофункциональных карбоксильных катионитов с повышенной степенью прививки и эффективностью прививочной полимеризации.

2. Впервые полученная зависимость динамических сорбционных характеристик привитых карбоксильных катионитов на основе облученных полипропиленовых волокон к катионам тяжелых и цветных металлов от природы и содержания бифункциональных сомономеров, что позволяет варьировать относительное сродство новых сорбентов к катионам Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и Ca^{2+} за счет использования бифункциональных сомономеров различной природы.

3. Обоснование необходимости применения бифункциональных сомономеров для получения химически стойких привитых карбоксильных катионитов на основе облученных полипропиленовых волокон со стабильной структурой, безопасных для очистки питьевой воды.

4. Впервые установленное увеличение долговременной прочности и эластичности привитых карбоксильных катионитов на основе облученных полипропиленовых волокон при введении в мономерную смесь наряду с акриловой кислотой метиленбисакриламида.

5. Впервые установленные закономерности влияния на термическую, механическую стойкость и санитарно-гигиенические свойства привитых волокон условий их получения, кондиционирования и хранения, наличия в волокне бифункциональных сомономеров и остатка использованного для синтеза железа, что позволило выявить ключевые факторы, ответственные за ускоренное старение привитых карбоксильных катионитов на основе облученных полипропиленовых волокон.

Личный вклад соискателя ученой степени в результаты диссертации состоит в обобщении отечественной и зарубежной научной литературы по теме диссертации, активном участии в постановке научно-практических задач при обсуждении с научным руководителем к. х. н. Шункевичем А. А., к. х. н. Поликарповым А. П., к. х. н. Медяк Г. В. Соискателем выполнены экспериментальные работы по радиационно-химическому синтезу модифицированных ПП волокон, исследованы кислотно-основные, сорбционные, санитарно-гигиенические, механические свойства новых сшитых волокнистых катионитов. Термический анализ и окисление привитых волокон кислородом выполнено совместно с сотрудниками кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета БГУ под руководством д. х. н. Л. П. Круля. Результаты научных исследований оформлены соискателем в виде научных статей и докладов на научных конференциях при консультативной поддержке соавторов научных работ.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты работы представлены на 9 конференциях: 2-й Всероссийской конференции «Прикладные аспекты химии высоких энергий» (Москва, 2004); 7-ом Международном конгрессе «АКВАТЕК-2006» (Москва, 2006); IV Гомельской региональной конференции молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (Гомель, 2008); IV Всероссийской конференции (с приглашением специалистов стран СНГ) «Актуальные проблемы химии высоких энергий» (Москва, 2009); Республиканской научно-технической конференции молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (Гомель, 2010); V Всероссийской конференции (с приглашением специалистов стран СНГ) «Актуальные проблемы химии высоких энергий» (Москва, 2012); Международной конференции «Современные проблемы физической химии» (Донецк, 2013); XXI Менделеевском конгрессе по общей и прикладной химии «Химия и технология материалов» (Санкт-Петербург, 2019); XII Международном водно-химическом форуме (Минск, 2024).

В результате проведенных исследований предложена методика получения опытных партий волокнистого карбоксильного катионита ФИБАН К-4М и выполнена наработка катионита, обладающего улучшенными характеристиками среди аналогичных продуктов – низким значением бихроматной окисляемости в водных вытяжках, соответствующим требованиям для очистки питьевой воды, повышенной устойчивостью к пост-радиационному старению.

Полученные представления о факторах, ускоряющих процессы окислительной деструкции радиационно-привитых волокон на основе облученного на воздухе ПП, позволяют прогнозировать оптимальные условия и сроки хранения воздушно-сухого волокна.

Предложен способ модификации ПП хирургических нитей путем радиационной прививочной полимеризации АК и МБАА, что позволяет получать прочно связанный с ПП гидрофильный слой сшитой ПАК, обладающий сорбционной активностью в отношении антибиотиков фторхинолонового ряда – левофлоксацина и ципрофлоксацина и пролонгированным антимикробным действием. Значимость этого результата подтверждается наличием патента.

Опубликованность результатов диссертации. По результатам исследований опубликовано 18 научных работ: 5 статей общим объемом 5,0 авторских листа в рецензируемых научных изданиях, соответствующих требованиям ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, 3 статьи – в других рецензируемых научных изданиях, 9 тезисов докладов и материалов конференций, 1 патент.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Полный объем диссертации составляет 176 страниц, в том числе 49 рисунков (на 30 страницах), 39 таблиц (на 19 страницах), 2 приложения (на двух страницах). Библиографический список, содержащий список использованных источников (257 наименований) и список публикаций соискателя (18 наименований), занимает 26 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе рассмотрены методы получения и области применения хемосорбционных волокон, природа химических реакций, происходящих при облучении ПП на воздухе и особенности пост-радиационного окисления ПП. Обсуждается прививочная полимеризация АК к ПП волокнам в присутствии солей железа (II) и физико-химические свойства привитого волокна. При этом в литературе представлено мало информации по проблеме долговременной стабильности радиационно-привитых волокон. На основании обзора литературы сформулирована цель и задачи исследований по теме диссертации.

Во второй главе описаны материалы и реагенты, условия проведения прививочной полимеризации АК с БФС, методы исследования структуры и физико-химических свойств привитых волокон: Фурье-ИК спектроскопия, спектрофотометрия, дифференциальная сканирующая калориметрия, титриметрия, потенциометрическое титрование, атомно-абсорбционный анализ, определение разрывного усилия и удлинения при разрыве моноволокон.

В третьей главе обсуждается получение сшитых волокнистых карбоксильных катионитов путем прививочной полимеризации АК и БФС в присутствии соли Мора к облученным на воздухе ПП волокнам (таблица 1). Описано

влияние температуры, состава мономерной смеси и природы растворителя на степень прививки, эффективность прививочной полимеризации, конверсию АК и количество гомополимера АК [1-А, 9-А].

Таблица 1 – Прививочная полимеризация АК и БФС к облученным на воздухе γ -лучами ^{60}Co ПП волокнам (диаметр 22 мкм, длина 65 мм), доза 74 кГр, мощность дозы 0,86 Гр/с

БФС	ΔP , %	K_2 , %	K_{np} , %	K , %	\mathcal{E} , %	COE , ммоль/Г
284 К, 20% водный раствор АК						
Нет	53,7	35,3	38,4	73,7	52,1	4,4±0,3
ЭГДМ	73,2	21,4	52,3	73,7	71,0	5,2±0,2
МБАА	87,0	20,0	62,1	82,1	75,6	5,9±0,2
353 К, 20% водный раствор АК						
Нет	55,7	42,6	39,8	82,4	48,3	4,5±0,1
ЭГДМ	46,2	24,7	33,0	57,7	57,2	4,2±0,1
МБАА	58,7	28,4	41,7	70,1	59,5	4,8±0,2
353 К, 40% раствор АК						
Нет (водн. р-р)	104	—	37,3	—	—	—
Нет (50% ЭГ)	68,4	4,1	24,4	28,5	85,6	—
ДВБ	82,7	7,2	29,5	36,7	80,4	5,9±0,1

Примечание – ΔP – степень прививки АК в % от массы исходного ПП; COE – статическая обменная емкость; K_2 и K_{np} – количество гомополимера (K_2) и привитой АК (K_{np}) в % от исходной массы АК; K – конверсия АК: $K = K_2 + K_{np}$; \mathcal{E} – эффективность прививки, $\mathcal{E} = (K_{np}/K) \cdot 100\%$. Содержание ДВБ, ЭГДМ и МБАА – 1 % от мономера, АК – техническая.

При проведении прививочной полимеризации АК из 20% водного раствора без БФС степень прививки и эффективность использования мономера близки при 284 К и 353К (таблица 1). Добавка МБАА и ЭГДМ (1 % от АК) улучшает параметры прививки при 284К: степень прививки возрастает от 53% до 73–87%, эффективность прививки увеличивается от 52% до 71–75%, а количество гомополимера АК в 1,6–1,8 раз ниже [1-А, 12-А, 15-А].

Прививочная полимеризация АК с ДВБ в водной среде не протекает, а возможна при повышенной температуре в среде водного раствора этиленгликоля (ЭГ). Для увеличения степени прививки требуется повышение концентрации АК до 40%. При этом степень прививки и эффективность использования мономера достигает 80%. Недостаток этого способа – низкая конверсия АК – 37%, что, вероятно, связано с присутствием ЭГ [1-А, 9-А].

Набухание и эквивалентный коэффициент влагоемкости (K_w) волокон, полученных в присутствии БФС, снижается [2-А], что подтверждает формирование сшитой структуры ПАК (таблица 2).

Методом Фурье ИК-спектроскопии установлены особенности структуры привитых волокон в зависимости от температуры синтеза (рисунок 1).

Таблица 2 – Набухание сшитых привитых волокон при 293К (синтез при 298К, 20% АК, доза 50 кГр, мощность дозы 0,58 Гр/с, содержание БФС – 0,5 мольн. % от АК)

БФС	COE, ммоль/г	Набухание*		K _w	
		в дист. воде, г/г		моль H ₂ O/моль COOH	
		Н-форма	Na-форма	Н-форма	Na-форма
Нет	5,44±0,26	0,75±0,05	1,87±0,04	7,7±0,6	21,4±1,1
МБАА	6,07±0,13	0,63±0,01	1,55±0,02	5,7±0,2	16,1±0,4
ЭГДМ	5,58±0,09	0,64±0,02	1,43±0,03	6,4±0,2	16,0±0,4
Нет**	5,32±0,16	0,66±0,05	1,65±0,06	6,9±0,6	19,2±0,9
ДВБ**	4,68±0,03	0,50±0,02	1,03±0,02	5,9±0,2	13,5±0,3

*Набухание определяли после центрифугирования набухшего волокна при 2185 г и сушки при 100°C. Na-форма получена при выдерживании волокон до равновесного рН 11.

**Синтез при 353К в 50% ЭГ, 40% АК.

При одинаковом содержании карбоксильных групп в ИК спектре волокон, полученных при 353К, наблюдается возрастание интенсивности полосы $\tilde{\nu}(\text{C}=\text{O})$ при 1716–1719 см^{-1} и $\tilde{\nu}(\text{C}-\text{O})$ при 1255 см^{-1} по сравнению со спектром волокон, полученных при 284К. Плечо в структуре полосы $\tilde{\nu}(\text{C}=\text{O})$ при 1655 см^{-1} , наблюдаемое для несшитых волокон, полученных при 284К, с ростом температуры синтеза наблюдается лишь в виде слабой асимметрии на низкочастотной стороне полосы [4-А, 5-А].

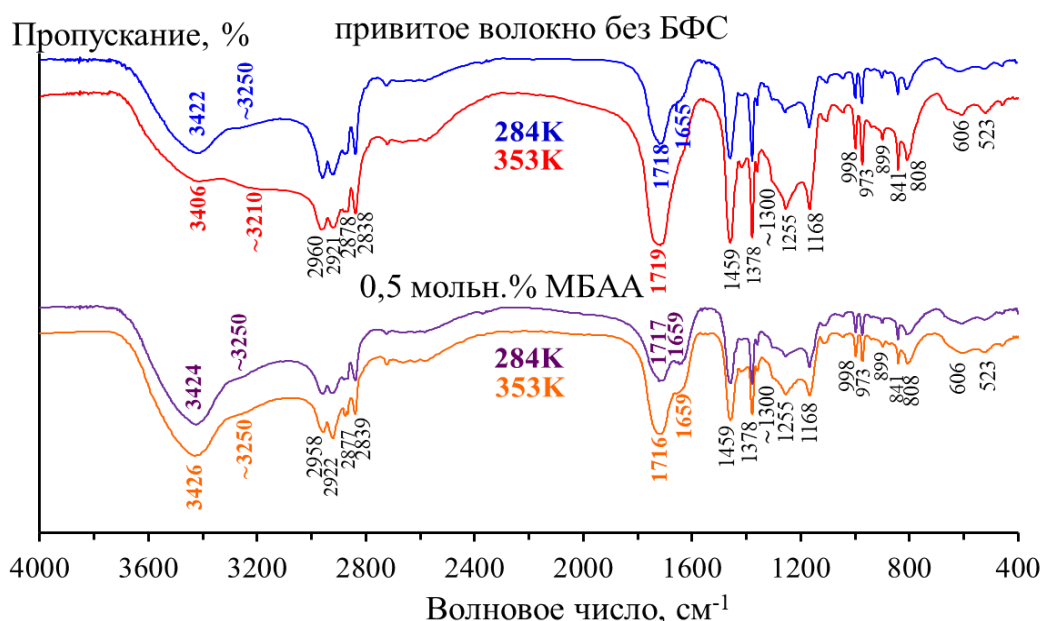


Рисунок 1 – ИК-спектры привитых волокон, полученных при разных температурах

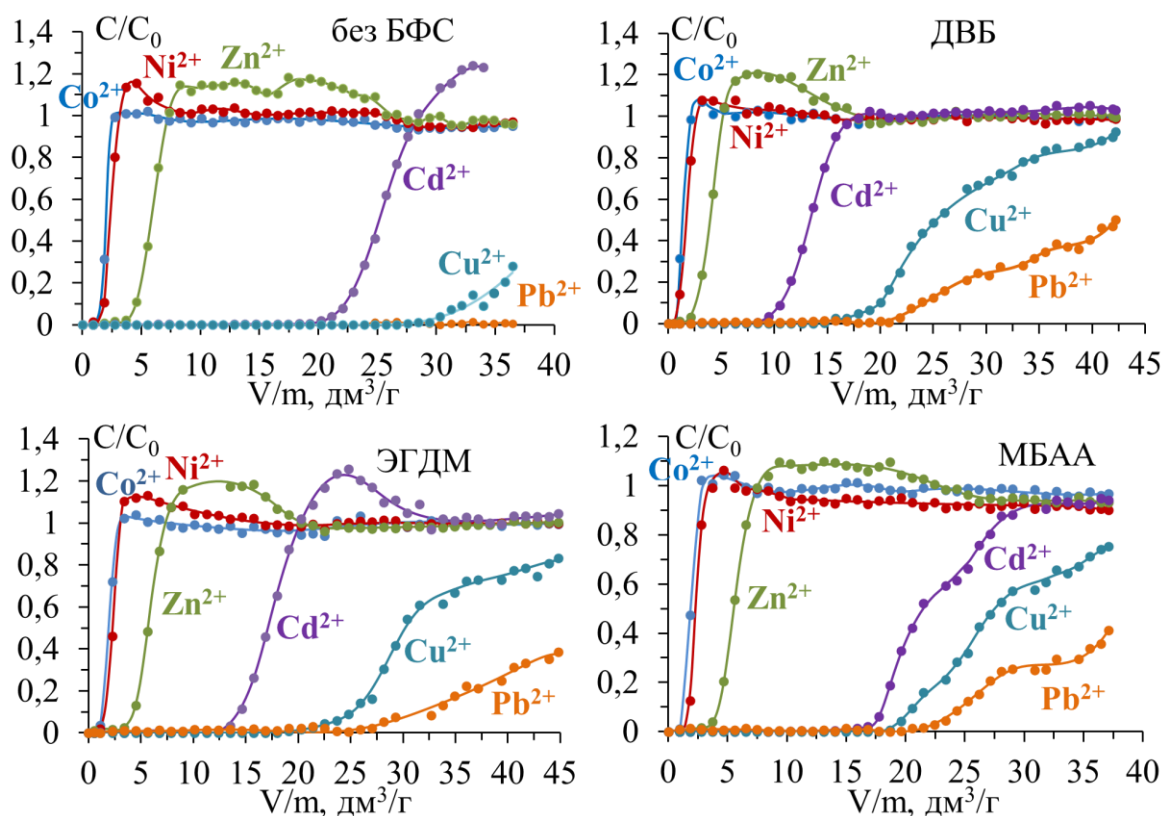
В области поглощения $\tilde{\nu}(\text{O}-\text{H})$ для несшитых волокон с ростом температуры синтеза наблюдается возрастание интенсивности полосы $\sim 3200 \text{ см}^{-1}$ относительно максимума при 3422 см^{-1} [4-А, 5-А]. Эти изменения говорят о конфигурационных и конформационных различиях в структуре привитой ПАК в зависимости от температуры синтеза, а также об изменении характера взаимодействия карбоксильных групп с молекулами воды.

С ростом содержания МБАА степень прививки достигает 100%, а обменная емкость по COOH -группам – 7 ммоль/г (таблица 3) [4-А, 5-А].

Таблица 3 – Влияние содержания МБАА на свойства привитых волокон (синтез при 298К, доза 50 кГр, мощность дозы 0,58 Гр/с)

Сод. МБАА, мольн. %	ΔP , %	K_2 , %	K , %	Ξ , %	COE , мЭКВ/г	K_w при 293К, моль H_2O /моль COOH	
						Н-форма	Na-форма
0	75,2	10,4	61,3	83,6	$5,7 \pm 0,1$	$7,9 \pm 0,2$	$19,9 \pm 1,1$
0,1	84,7	9,9	67,2	85,7	$6,0 \pm 0,1$	$7,8 \pm 0,7$	$20,3 \pm 0,9$
0,25	100,6	9,6	78,7	87,0	$6,8 \pm 0,1$	$7,0 \pm 0,7$	$21,1 \pm 1,0$
0,5	102,4	8,2	77,7	90,0	$6,8 \pm 0,2$	$6,9 \pm 0,3$	$17,1 \pm 1,1$
1,05	102,7	4,5	74,1	94,0	$6,6 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,1$	$14,7 \pm 0,9$
1,5	101,4	4,5	73,3	93,8	$6,5 \pm 0,1$	$5,2 \pm 0,3$	$12,4 \pm 0,2$

Сорбционные свойства сшитых волокон исследованы в динамическом режиме при пропускании модельного раствора $0,04 \times 10^{-3}$ Н по Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} и $2,4 \times 10^{-3}$ Н по Ca^{2+} , при 293К, pH 6,0, линейной скорости 6,5 см/мин, диаметр колонки 1,4 см, высота слоя 5 см, волокна перед сорбцией приведены в равновесие ацетатным буфером при pH 6,0 (рисунок 2).



C – концентрация катиона на выходе из колонки, C_0 – исходная концентрация,
 V/m – объем пропущенного раствора на 1 г сорбента

Рисунок 2 – Выходные кривые сорбции катионов при 293К на привитых волокнах

Установлено, что ряд селективности сшитых сорбентов к смеси катионов тяжелых металлов по сравнению с несшитым аналогом ФИБАН К-4 не

изменяется: $\text{Co}^{2+} \leq \text{Ni}^{2+} < \text{Zn}^{2+} < \text{Cd}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Pb}^{2+}$. При этом динамическая обменная емкость до проскока 5% от исходной концентрации ($\text{ДОЕ}_{0,05}$) по Cd^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} снижается (таблица 4), растет объем раствора на регенерацию [5-А], что говорит о снижении скорости сорбции и десорбции этих катионов в исследованных динамических режимах [5-А, 6-А, 11-А, 17-А].

Таблица 4 – Динамическая активность привитых волокон для модельной смеси катионов Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} на фоне Ca^{2+}

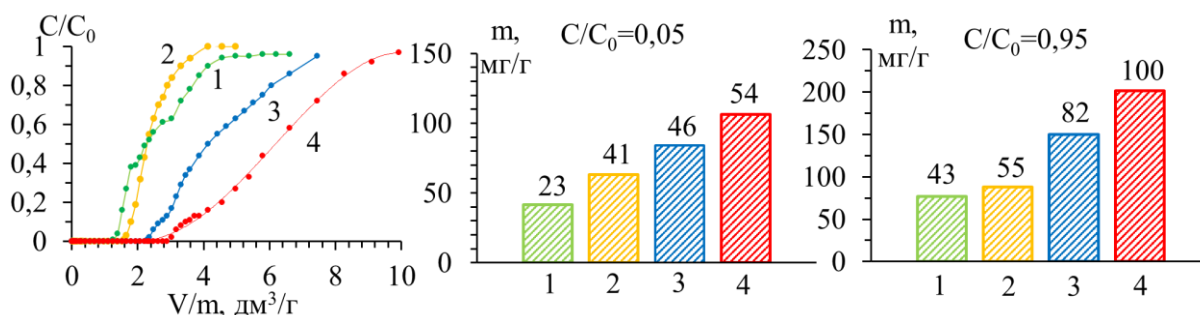
БФС	$\text{ДОЕ}_{0,05}$							
	Катион	Co^{2+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Ca^{2+}
Нет	мг/г	1,16	1,40	4,84	42,4	32,1	>150	
	мЭКВ/г	0,04	0,05	0,15	0,75	1,01	>1,44	
ЭГДМ	мг/г	1,29	1,35	4,4	26,7	24,8	118,2	
	мЭКВ/г	0,04	0,05	0,13	0,48	0,78	1,14	
МБАА	мг/г	1,1	1,51	4,7	35	20,7	94,8	
	мЭКВ/г	0,04	0,05	0,14	0,62	0,65	0,92	
ДВБ	мг/г	0,66	0,83	2,78	19,4	17	95,9	
	мЭКВ/г	0,02	0,03	0,09	0,34	0,54	0,93	
<i>ДА после пропускания 5200 BV</i>								
Нет	мг/г	0,43	0,56	2,07	48,0	38,7	155,7	21,4
	мЭКВ/г	0,02	0,02	0,06	0,85	1,22	1,50	1,07
	% от COE	0,28	0,35	1,2	16	22	28	20
ЭГДМ	мг/г	0,52	0,60	2,39	28,3	32,8	166,0	22,3
	мЭКВ/г	0,02	0,02	0,07	0,50	1,03	1,60	1,11
	% от COE	0,32	0,38	1,3	9,0	18	29	20
МБАА	мг/г	0,73	0,90	3,69	46,0	28,6	142,6	32,6
	мЭКВ/г	0,03	0,03	0,11	0,82	0,90	1,38	1,63
	% от COE	0,41	0,51	1,8	14	15	23	27
ДВБ	мг/г	0,41	0,51	2,13	25,6	27,0	154,3	18,6
	мЭКВ/г	0,01	0,02	0,07	0,46	0,85	1,49	0,93
	% от COE	0,30	0,36	1,4	9,8	18	32	20

Примечание – BV – число колоночных объемов; $ДА, 5200 BV$ – ДОЕ после пропускания 5200 BV раствора; COE – статическая обменная емкость по карбоксильным группам.

После пропускания 5200 колоночных объема (BV) модельного раствора при получении полных выходных кривых сорбции по Zn^{2+} и Cd^{2+} и достижения C/C_0 – 0,8–0,9 по Cu^{2+} и 0,4 – по Pb^{2+} наблюдаемое различие в $ДА$ позволяет расположить сорбенты по мере возрастания сродства к Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и Ca^{2+} : волокно с ДВБ \leq волокно с ЭГДМ $<$ волокно с МБАА, а по Pb^{2+} : волокно с МБАА \leq волокно с ДВБ $<$ волокно с ЭГДМ [5-А].

С ростом содержания МБАА относительное сродство сорбента, оценивавшееся по динамической обменной емкости в мг/г после пропускания 9300 BV модельного раствора, по сравнению с несшитым волокном возрастает к Ni^{2+} – в 2,2 раза, Zn^{2+} – в 7,4–8,9 раз, Cd^{2+} – в 3,3–4,1 раз, к Ca^{2+} – в 3,6–4,6 раз, к Cu^{2+} – на 25%, снижается к Pb^{2+} – на 16% [5-А].

Повышение сродства привитых волокон к цинку при сшивании БФС подтверждается при проведении сорбции из модельного раствора (рисунок 3): $30 \text{ мг/дм}^3 \text{ Zn}^{2+}$ и $2 \text{ г/дм}^3 \text{ Na}_2\text{SO}_4$ при 298К и рН 5,5 (линейная скорость 10 см/мин, высота слоя – 2 см, диаметр колонки 1,2 см, волокна перед сорбцией приведены в равновесие с 1,5 М раствором Na_2SO_4 при рН 8,0). Для сшитых волокон $\text{ДОЕ}_{0,05}$ по Zn^{2+} возрастает: в 1,5 раза на волокнах с ДВБ, в 2 раза – с ЭГДМ, в 2,5 раза – с МБАА [5-А, 17-А].



1 – без БФС; 2 – ДВБ; 3 – ЭГДМ; 4 – МБАА
на диаграммах – ДОЕ до проскока 5% и 95% концентрации по ионам цинка;
степени насыщения сорбента в % от СОЕ указаны цифрами

Рисунок 3 – Выходные кривые сорбции цинка на привитых волокнах

При исследовании бихроматной окисляемости (ХПК) водных вытяжек волокон в зависимости от наличия БФС, природы растворителя в процессе прививочной полимеризации, ионной формы сорбента, температуры и режима кондиционирования после синтеза установлены особенности их санитарно-гигиенических свойств, обусловленные постепенным вымыванием непривитого гомополимера АК при длительном контакте волокна с водой, что не позволяет достичь требуемых норм по ХПК (не более 15 мг О/дм^3) без использования БФС. Установлено, что наиболее эффективным вариантом кондиционирования волокон для очистки питьевой воды является отмывка в Na-форме при 323К в условиях интенсивного перемешивания [2-А, 5-А, 10-А, 11-А, 17-А].

Результаты диссертации использованы для разработки способа модификации ПП хирургических нитей путем радиационной прививочной сополимеризации АК и МБАА, что позволило получить новый шовный материал с сорбционной активностью к антибиотикам фторхинолонового ряда. Бактериологическое и токсикологическое исследование нового шовного материала с левофлоксацином и цiproфлоксацином показало наличие у них пролонгированного антибактериального эффекта и отсутствие токсического и

раздражающего действия [7-А, 8-А, 18-А].

В четвертой главе обсуждается долговременная стабильность привитых волокон на основе облученного ПП. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) установлено, что температура начала деструкции (T_n) привитого волокна выше по сравнению с облученным ПП, что говорит о повышении термической стабильности ПП в составе привитого сополимера (рисунок 4, таблица 5) [3-А, 4-А, 16-А].

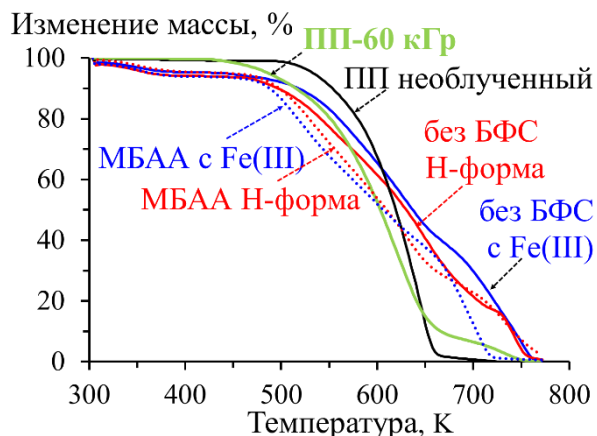


Рисунок 4 – Термогравиметрические кривые ПП волокон и привитых волокон в среде N_2/O_2

Таблица 5 – Температуры начала деструкции (T_n) по данным ДСК анализа в среде N_2/O_2

Образец волокон	T_n , К
ПП необлученный	494
ПП-60кГр	420
Без БФС, Н-форма	456
Без БФС с Fe (III)	431
МБАА, Н-форма	459
МБАА, с Fe (III)	463

При хранении воздушно-сухого волокна при комнатной температуре впервые показано, что облученное на воздухе при 60 кГр ПП волокно теряет волокнистую форму через 1,5 года, а привитое волокно в Н-форме – через 5–6 лет [4-А, 14-А]. Присутствие на привитом волокне первичного Fe(III) из-за использования при прививочной полимеризации соли Мора, приводит к снижению температуры начала деструкции несшитого волокна (таблица 5).

Согласно данным ИК-спектроскопии сухого остатка водных вытяжек, старение привитых волокон сопровождается накоплением растворимой фракции ПАК [4-А]. Впервые установлено, что при сшивании МБАА скорость накопления растворимой фракции ПАК снижается (рисунок 5). Так, при хранении воздушно-сухого волокна с МБАА в течение 2 лет ХПК в 2,4 раза ниже в Н-форме, и в 5 раз ниже в присутствии первичного Fe (III) [4-А, 13-А].

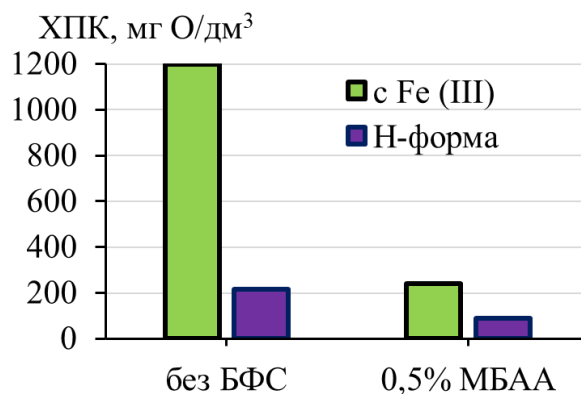


Рисунок 5 – ХПК в водных экстрактах через 2 года хранения воздушно-сухого волокна при 288–303К без доступа света

Впервые получены эмпирические зависимости снижения разрывного усилия (F , сН) и удлинения при разрыве (ϵ , %) привитых волокон при хранении воздушно-сухого волокна в Н-форме при 288–303К без доступа света

(рисунок 6), что позволило оценить время критического снижения эластичности волокон ниже 10% (важно для малоотходной переработки в нетканые материалы): 2,75 лет для несшитых волокон и 5 лет – для сшитых [4-А, 14-А]. Критическое удлинение привитых волокон при хранении на свету достигается в 4 раза быстрее, в результате срок хранения несшитого волокна в Н-форме снижается с 2,75 лет до 8 месяцев [4-А, 14-А].

При хранении при доступе дневного света в течение 8 месяцев разрывное усилие несшитых волокон с первичным Fe (III) в 3 раза меньше по сравнению с Н-формой волокон [4-А]. При этом ускоряющее действие Fe(III) не характерно для волокон, полученных из Н-формы сорбента путем сорбции Fe(III), механические свойства волокон с сорбированным Fe(III) не отличаются от волокон в Н-форме [4-А, 14-А]. Это свидетельствует о

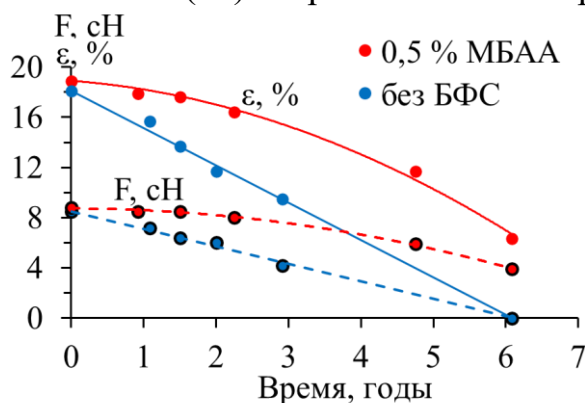


Рисунок 6 – Влияние МБАА на механические свойства привитых волокон с ПАК (298К, 60 кГр, 0,4 Гр/с)

том, что ускоряющее действие Fe (III) на окислительную деструкцию определяется его локализацией в определенных центрах на привитом волокне, способных инициировать деструкционные процессы в ПП матрице [4-А].

Впервые установлено, что долговременная стабильность механических свойств волокон зависит от температуры прививочной полимеризации (рисунок 6, таблица 6): несшитые волокна, синтезированные при 353К, спустя 8 лет не достигают критического удлинения (ϵ), а волокна с МБАА, полученные при 353К, сохраняют исходные механические свойства в течение 8 лет [4-А, 16-А].

Таблица 6 – Механические свойства привитых волокон в Н-форме и с первичным Fe (III) через 8 лет хранения (синтез при 353К, 74 кГр, 0,86 Гр/с)

Образец	Исходное значение		Через 8 лет	
	F, сН	ε, %	F, сН	ε, %
Несшитое волокно (Н-форма)	8,1±0,3	16,7±0,5	5,3±0,2	13,9±0,8
Несшитое волокно (2 мг/г Fe III)	8,1±0,3	16,7±0,5	3,5±0,3	6,5±0,5
Волокно с 0,5% МБАА (Н-форма)	8,1±0,3	17,0±0,3	8,1±0,3	18,4±0,2

Термическое окисление волокон в O₂ при 411К показало, что ПП волокна с привитой ПАК имеют меньший индукционный период окисления (τ) и более высокую относительную скорость окисления ($W_{ок}$) по сравнению с облученным ПП (рисунок 7, таблица 7) [3-А, 4-А, 16-А].

Впервые установлено, что Fe (III) играет роль именно в инициировании окисления привитого волокна: в присутствии Fe (III) (τ) отсутствует, а при

удалении Fe (III) – составляет 14 мин. Обработка волокон раствором NaI не влияет на (τ), но приводит к снижению $W_{ок}$ O₂ в 2 раза. Сшивание МБАА приводит к снижению ($W_{ок}$) в 2,4 раза, но не влияет на (τ) [3-А, 4-А, 14-А].

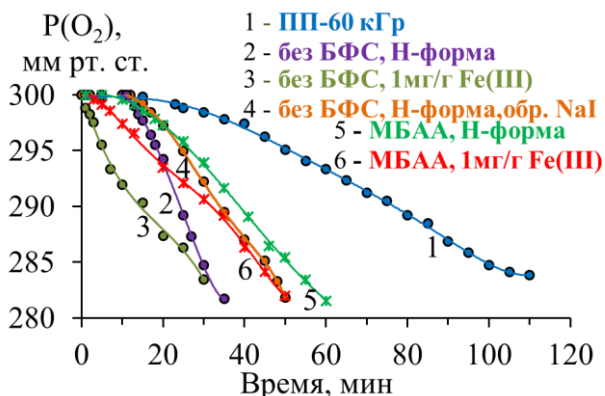
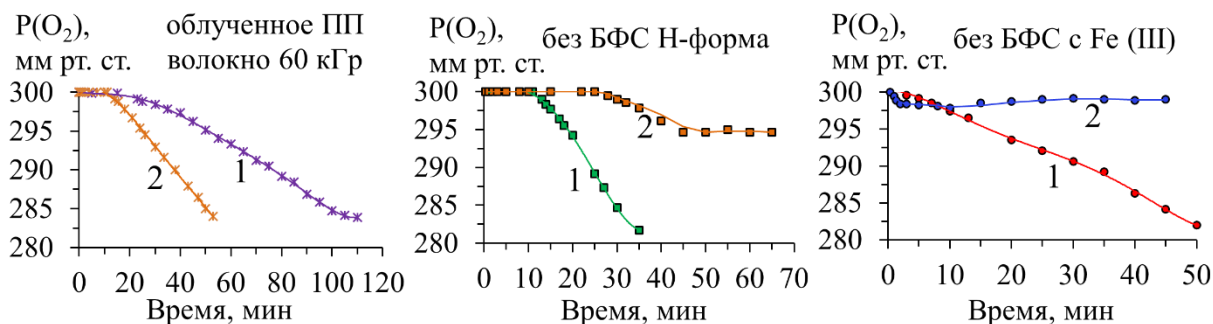


Рисунок 7 – Термическое окисление привитых волокон O₂ при 411К

Анализ данных по термическому окислению волокон O₂ через 6 месяцев показал, что хранение привитых волокон сопровождается частичной (Н-форма) или полной (с Fe (III)) потерей способности поглощать O₂ при 411К, а облученный ПП не теряет эту способность (рисунок 8). Это приводит к выводу, что ПП в составе привитого волокна более устойчив к окислению при хранении по сравнению с привитой ПАК [3-А, 4-А].



1 – исходные; 2 – через 6 месяцев хранения на свету

Рисунок 8 – Термическое окисление привитых волокон O₂ при 411К через 6 месяцев

Устойчивость привитой ПАК к окислению в процессах, связанных с поглощением O₂ при хранении, возрастает при проведении прививочной полимеризации при 353К (рисунок 9). Для волокон в Н-форме, полученных при 353К, хранение в течении 8 лет не приводит к снижению поглощающей способности к O₂ при 411К, а волокна, полученные при 284К, теряют способность поглощать O₂ [4-А, 14-А].

Таблица 7 – Относительные скорости окисления волокон O₂ (300 мм рт. ст.) при 411К

Описание образца	τ , мин	$W_{ок}$
Облученный ПП	27	1,0
Без БФС, Н-форма	14	4,7
Без БФС, Н-форма (обработка NaI)	14	2,4
Без БФС, с Fe (III)	0	4,0
МБАА, Н-форма	14	2,0
МБАА, с Fe (III)	2,4	1,7

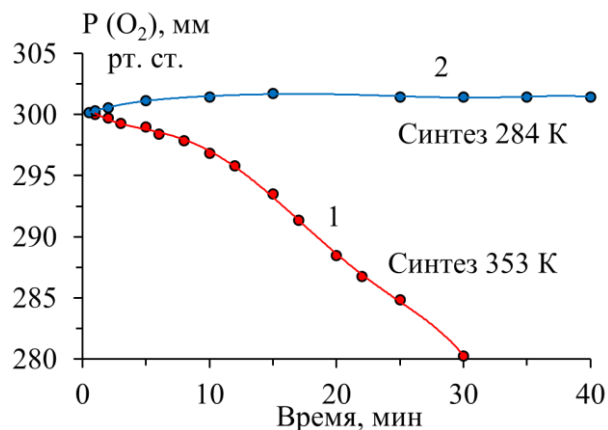


Рисунок 9 – Термическое окисление O₂ при 411К несшитых привитых волокон, синтезированных при разных температурах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выявлены особенности прививочной полимеризации акриловой кислоты к облученным на воздухе γ -лучами ^{60}Co полипропиленовым волокнам в зависимости от температуры синтеза, концентрации реагентов, природы растворителя и добавок бифункциональных сомономеров – этиленгликольдиметакрилата, метиленбисакриламида и дивинилбензола. Добавка 1% этиленгликольдиметакрилата и метиленбисакриламида от акриловой кислоты при невысоких температурах синтеза 284–298К приводит к увеличению степени прививки от 50% до 70–100% и эффективности использования мономера с 50% до 70–90%, в то время как при повышении температуры до 353К положительный эффект снижается. Установлено, что прививочная сополимеризация акриловой кислоты с дивинилбензолом успешно протекает только при повышенной температуре 353К при использовании в качестве растворителя водного раствора этиленгликоля, что позволяет из 40% раствора акриловой кислоты достичь высокой степени прививки и эффективности прививочной полимеризации около 80%. С ростом содержания метиленбисакриламида степень прививки возрастает до 100%, что позволяет получать волокнистый катионит с высокой обменной емкостью до 7 ммоль/г, превосходящий аналогичные материалы. Образование сшитой структуры привитых волокон подтверждается соответствующим снижением набухания [1-А, 4-А, 9-А, 11-А, 12-А, 15-А].

2. Впервые показано, что новые сшитые волокнистые карбоксильные катиониты при варьировании природы и содержания бифункциональных сомономеров обладают различным сродством к катионам тяжелых и цветных металлов – Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} , выражающимся в изменении их динамической сорбционной активности к многокомпонентной смеси этих катионов, что позволяет выбирать наилучший волокнистый катионит при решении конкретных практических задач. Относительное сродство сшитых сорбентов возрастает в ряду привитых волокон: с дивинилбензолом \leq с этиленгликольдиметакрилатом $<$ с метиленбисакриламидом к Ni^{2+} – на 15–50%, к Zn^{2+} – на 12–55% и к Cd^{2+} – на 10–60%. С ростом содержания метиленбисакриламида относительное сродство сорбента по сравнению с несшитым волокном возрастает к Ni^{2+} – в 2,2 раза, Zn^{2+} – в 7,4–8,9 раз, Cd^{2+} – в 3,3–4,1 раз, к Ca^{2+} – в 3,6–4,6 раз, к Cu^{2+} – на 25%, и снижается к Pb^{2+} – на 16% [5-А, 6-А, 11-А, 17-А].

3. Установлено, что принципиальное отличие новых сшитых волокнистых карбоксильных катионитов от несшитого аналога заключается в их повышенной химической стойкости к окислительным средам и более стабильной структуре, что подтверждается возможностью достижения удовлетворительных с

точки зрения санитарных норм значений бихроматной окисляемости водных вытяжек волокон менее 15 мг О/дм³ [2-А, 5-А, 10-А, 11-А, 17-А].

4. Установлено, что новые сшитые волокна, полученные при 298К при добавлении в реакционную систему 0,5 мольных % метиленбисакриламида в процессе прививочной полимеризации акриловой кислоты к облученным полипропиленовым волокнам, характеризуются повышенной долговременной стабильностью при хранении воздушно-сухого волокна, что позволяет увеличить допустимый срок эксплуатации волокон от 2,75 лет до 5 лет [4-А, 14-А].

5. Выявлены ключевые факторы старения привитых волокон на основе облученного на воздухе полипропилена, которое сопровождается ухудшением физико-механических свойств волокон и накоплением водорастворимой фракции полиакриловой кислоты. Влияние остатка первичного Fe (III), за счет использования при прививочной полимеризации соли Мора, связано с инициированием окисления, что подтверждается исчезновением индукционного периода при термическом окислении волокон кислородом при 411К по сравнению с Н-формой волокон. Роль Fe (III) обусловлена образованием неустойчивого комплекса Fe (III) в процессе прививочной полимеризации, поскольку разрывное усилие несшитых волокон с первичным Fe (III) при хранении при доступе дневного света в течение 8 месяцев в 3 раза меньше по сравнению с Н-формой волокон, но эффект не наблюдается для волокон, полученных из Н-формы сорбента путем сорбции Fe (III). Сшивание привитых волокон не влияет на индукционный период окисления при 411К, но приводит к снижению скорости поглощения кислорода в 2,4 раза. Несшитые волокна, полученные при 284К, полностью разрушаются в течение 8 лет, в то время как волокна, полученные при 353К, сохраняют 65% от исходного разрывного усилия и 84% от исходного удлинения, а при сшивании метиленбисакриламидом сохраняют исходную механическую прочность [3-А, 4-А, 5-А, 13-А, 14-А, 16-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты использованы для разработки методики и получения опытных партий нового сшитого карбоксильного катионита ФИБАН К-4М с повышенной устойчивостью к термоокислительной деструкции и удовлетворяющего санитарно-гигиеническим требованиям.

Перспективными областями применения нового волокнистого катионита ФИБАН-К4М являются водоподготовка, концентрирование и анализ микропримесей цветных и тяжелых металлов, сорбция физиологически активных веществ, очистка воздуха от аммиака и аминосоединений. Привитые хирургические нити перспективны в качестве шовного материала с пролонгированным антибактериальным эффектом [7-А, 8-А, 18-А].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных изданиях, соответствующих требованиям ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований:

1-А. Пригожаева, Л. М. Влияние добавок бифункциональных сомономеров на прививку акриловой кислоты к полипропиленовым волокнам / Л. М. Пригожаева, А. П. Поликарпов А. П., А. А. Шункевич, В. С. Солдатов // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2005. – № 3. – С. 46–49.

2-А. Пригожаева, Л. М. Влияние добавок бифункциональных сомономеров на химическую стойкость и окисляемость водных вытяжек волокнистого карбоксильного катионита ФИБАН К-4 / Л. М. Пригожаева, А. П. Поликарпов, А. А. Шункевич // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2009. – № 2. – С. 87–90.

3-А. Пригожаева, Л. М. Термическое окисление волокнистого карбоксильного катионита на основе полипропилена с привитой акриловой кислотой / Л. М. Пригожаева, Л. П. Круль, Е. А. Семененко, А. П. Поликарпов // Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География. – 2011. – № 2. – С. 14–20.

4-А. Pryhazhayeva, L. Synthesis and long-term stability of acrylic acid and N, N-methylene-bis-acrylamide radiation grafted polypropylene fibers / L. Pryhazhayeva, A. Shunkevich, A. Polikarpov, L. Krul // Journal of Applied Polymer Science. – 2021. – V. 138, № 32. – P. 50805–50821.

5-А. Пригожаева, Л. М. Новые волокнистые карбоксильные катиониты для извлечения из воды катионов цветных и тяжелых металлов / Л. М. Пригожаева, А. А. Шункевич, Г. В. Медяк, А. П. Поликарпов, В. А. Огородников // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2024. – Т. 60, № 3. – С. 192–202.

Статьи в других научных рецензируемых изданиях:

6-А. Пригожаева, Л. М. Новый волокнистый карбоксильный катионит ФИБАН / Л. М. Пригожаева // Материалы, технологии, инструменты. – 2009. – Т. 14. – С. 48–51.

7-А. Князюк, А. С. Способ получения нового антибактериального хирургического шовного материала / А. С. Князюк, Д. Н. Бонцевич, А. П. Поликарпов, Л. М. Пригожаева, Н. И. Шевченко // Хирургия. Восточная Европа. – 2015. – № 1 (13). – С. 58–64.

8-А. Князюк, А. С. Физические свойства нового антибактериального шовного материала / А. С. Князюк, Д. Н. Бонцевич, А. П. Поликарпов, Л. М. Пригожаева, Н. И. Шевченко // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2015. – № 1. – С. 94–97.

Материалы конференций и тезисы докладов:

9-А. Пригожаева, Л. М. Радиационная прививочная полимеризация акриловой кислоты к полипропиленовым волокнам в присутствии бифункциональных сомономеров / Л. М. Пригожаева, А. П. Поликарпов, А. А. Шункевич, В. С. Солдатов // Прикладные аспекты химии высоких энергий – 2004 : тез. докл. II Всероссийской конференции (с приглашением специалистов стран СНГ), Москва, 26 – 28 окт. 2004 г. / РХТУ им. Д. И. Менделеева – Москва, 2004. – С. 85–86.

10-А. Пригожаева, Л. М. Санитарно-химические и сорбционные свойства волокнистого карбоксильного катионита ФИБАН К-4, модифицированного бифункциональными сомономерами / Л. М. Пригожаева, А. А. Шункевич, А. П. Поликарпов, В. Ж. Ворса // АКВАТЕК-2006 : Материалы 7-го Международного конгресса «Вода: экология и технология», часть 1, Москва, 30 мая – 2 июня 2006 г. / НПФ «Круг» – Москва, 2006. – С. 569–570.

11-А. Пригожаева, Л. М. Сорбционные свойства нового волокнистого карбоксильного катионита ФИБАН / Л. М. Пригожаева // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования – 2008 : тез. докл. IV Гомельской региональной конференции молодых ученых, Гомель, 23–24 сент. 2008 г. / ГНУ Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси – Гомель, 2008. – С. 73–74.

12-А. Поликарпов, А. П. Получение, свойства и применение волокнистых ионитов на основе радиационно-привитых волокон полипропилена / А. П. Поликарпов, А. А. Шункевич, Л. М. Пригожаева, В. В. Пансевич // Актуальные проблемы химии высоких энергий / Актуальные проблемы химии высоких энергий – 2009 : тез. докл. IV Всероссийской конференции (с приглашением специалистов стран СНГ), 2–3 ноября 2009 г. / РХТУ им. Д. И. Менделеева – Москва, 2009. – С. 74–75.

13-А. Пригожаева, Л. М. Термический анализ волокнистого карбоксильного катионита ФИБАН-4 / Л. М. Пригожаева // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования – 2010 : тез. докл. Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 5–7 окт. 2010 г. / ГНУ Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси – Гомель, 2010. – С. 55–57.

14-А. Пригожаева, Л.М. Долговременная стабильность облученных полипропиленовых волокон и карбоксильных катионитов на их основе / Л. М. Пригожаева, А. П. Поликарпов, А. А. Шункевич // Актуальные проблемы химии высоких энергий – 2012 : тез. докл. V Всероссийской конференции (с приглашением специалистов стран СНГ), 23–24 окт. 2012 г. / РХТУ им. Д. И. Менделеева – Москва, 2012. – С. 65–68.

15-А. Polikarpov, A.P. Preparation and prospects of use of radiation grafted polypropylene copolymers / A. P. Polikarpov A.P., L. M. Pryhazhaeva, A. A. Shunkovich // Modern problems of physical chemistry – 2013 : Abstract book Conference proceeding, Donetsk, 9–12 Sept. 2013. / – Donetsk, Ukraine. – P. 147–148.

16-А. Pryhazhayeva, L. M. Long-term stability of the fibrous carboxyl cation exchanger on the base of polypropylene / L. M. Pryhazhayeva, A. P. Polikarpov, A. A. Shunkovich // Book 2b, Chemistry and technology of materials – 2019 : Book of Abstracts in 6 volumes of XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry, Book 2b, Saint Petersburg, 9–13 Sept. 2019. / Abstracts – Saint Petersburg, 2019. – P. 344.

17-А. Пригожаева, Л. М. Новые волокнистые карбоксильные катиониты для извлечения из воды катионов цветных и тяжелых металлов / Л. М. Пригожаева, А. А. Шункевич, Г. В. Медяк, А. П. Поликарпов, В. А. Огородников // Сборник материалов XII Международного водно-химического форума, Минск, 21–24 мая 2024. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ifoch.by/2024-2/> – Дата доступа: 21.05.2024.

Патенты на изобретение:

18-А. Патент ВУ 18437 С1, МПК А61L 17/12. Хирургический шовный материал : № а 20121063 : заявлено 17.07.2012 : опубл. 30.08.2014 / Князюк Андрей Степанович, Дмитрий Николаевич Бонцевич, Александр Петрович Поликарпов, Александр Акимович Шункевич, Лидия Михайловна Пригожаева, Наталья Ивановна Шевченко, Эльдар Аркадьевич Надыров ; заявитель Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека». – 6 с.

РЭЗІЮМЭ

Прыгажаева Лідзія Міхайлаўна

СІНТЭЗ І ЎЛАСЦІВАСЦІ НОВЫХ ПАШЫТЫХ ВАЛАКНІСТЫХ КАРБАКСІЛЬНЫХ КАТЫЯНІТАЎ

Ключавыя словы: валакністыя карбаксільныя катыяніты, радыяцыйная прывівачная палімерызацыя, поліпрапіленавыя (ПП) валокна, акрылавая кіслата (АК), біфункцыянальныя саманамеры (БФС).

Аб'екты даследвання: ПП валокна і валакністыя карбаксільныя катыяніты на іх аснове, атрыманыя метадам прывівачнай палімерызацыі АК і БФС рознай прыроды – дывінілбензола (ДВБ), метыленбісакрыламіда (МБАА), этыленглікольдзіметакрылата (ЭГДМ). **Прадмет даследвання:** заканамернасці прывівачнай палімерызацыі АК і БФС да аблучаных ПП валокан, структура і фізіка-хімічныя ўласцівасці радыяцыйна-прывітых ПП валокан, фактары, якія ўздзейнічаюць на іх доўгачасовую стабільнасць.

Метады даследвання: хімічныя, гравіметрычныя, аптычныя, дыферэнцыяльная сканавальная каларыметрыя, Фур'е ІЧ-спектраскапія, валюоаметрычнае вызначэнне паглынання кіслароду.

Мэта працы: выявіць заканамернасці прывівачнай палімерызацыі АК і БФС да аблучаных ПП валокан і асаблівасці фізіка-хімічных ўласцівасцей пашытых валакністых карбаксільных катыянітаў у залежнасці ад састава і знешніх фактараў, вызначаючых іх выкарыстанне ў якасці хемасарбцыйных матэрыялаў.

Вывучаны ўплыў дабавак ДВБ, ЭГДМ і МБАА на структуру і ўласцівасці ПП валокнаў з прывітой АК. Прапанаваны метады сінтэзу валакністых карбаксільных катыянітаў з высокай абменнай ёмістасцю да 7 ммоль/г, падвышанай устойлівасцю да старэння, бяспечных для ачысткі пітнай вады. Устаноўлены асноўныя фізіка-хімічныя фактары, якія паскараюць старэнне прывітых валокнаў. Распрацаваны спосаб атрымання прывітых ПП хірургічных нітак з сарбцыйнай актыўнасцю да антыбіётыкаў фторхіналонавага шэрагу.

Рэкамендацыі па выкарыстанні і вобласць ужывання: перспектыўнымі абласцямі ўжывання новага пашытага катыяніту з'яўляюцца водападрахтоўка, выманне і аналіз мікрапрымешак цяжкіх металаў, сорбцыя фізіялагічна актыўных рэчываў, ачыстка воздуга ад аміяку і аміназлучэнняў. ПП хірургічныя ніткі з ПАК і МБАА перспектыўныя ў якасці шовнога матэрыялу з пралангаваным антыбактэрычным эфектам.

РЕЗЮМЕ

Пригожаева Лидия Михайловна

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ СШИТЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КАРБОКСИЛЬНЫХ КАТИОНИТОВ

Ключевые слова: волокнистые карбоксильные катиониты, радиационная прививочная полимеризация, полипропиленовые (ПП) волокна, акриловая кислота (АК), бифункциональные сомомеры (БФС).

Объекты исследования: ПП волокна и волокнистые карбоксильные катиониты на их основе, полученные методом радиационной прививочной полимеризации АК и БФС различной природы – дивинилбензола (ДВБ), метиленабисакриламида (МБАА) или этиленгликольдиметакрилата (ЭГДМ). **Предмет исследования:** закономерности прививочной полимеризации АК и БФС к облученным ПП волокнам, структура и физико-химические свойства радиационно-привитых ПП волокон, факторы, влияющие на их долговременную стабильность.

Методы исследования: химические, физические, гравиметрические, оптические, дифференциальная сканирующая калориметрия, Фурье-ИК спектроскопия, волюмометрическое определение поглощения кислорода.

Цель работы: выявить закономерности прививочной полимеризации АК и БФС к облученным ПП волокнам и особенности физико-химических свойств сшитых волокнистых карбоксильных катионитов в зависимости от состава и внешних факторов, определяющих их использование в качестве хемосорбционных материалов.

Изучено влияние добавок ДВБ, ЭГДМ и МБАА на структуру и свойства ПП волокон с привитой АК. Предложен метод синтеза волокнистых карбоксильных катионитов с высокой обменной емкостью до 7 ммоль/г, повышенной стойкостью к старению, безопасных для очистки питьевой воды. Установлены основные физико-химические факторы, ускоряющие старение привитых волокон. Разработан способ получения привитых ПП хирургических нитей с сорбционной активностью к антибиотикам фторхинолонового ряда.

Рекомендации по использованию и область применения: перспективными областями применения нового сшитого катионита являются водоподготовка, извлечение и анализ микропримесей тяжелых металлов, сорбция физиологически активных веществ, очистка воздуха от аммиака и аминосоединений. ПП хирургические нити с ПАК и МБАА перспективны в качестве шовного материала с пролонгированным антибактериальным эффектом.

SUMMARY

Pryhazhayeva Lidziya Mihajlauna

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF NEW CROSSLINKED CARBOXYL CATIONITES

Key words: fibrous carboxylic ion exchangers, radiation graft polymerization, polypropylene (PP) fibers, acrylic acid (AA), bifunctional comonomers (BFC).

Objects of study: PP fibers and surgical threads with grafted AA, cross-linked with BPC - divinylbenzene (DVB), methylenebisacrylamide (MBAA) or ethyleneglycoldimethacrylate (EGDM). **Subject of research:** influence of graft copolymerization conditions on the yield of graft copolymer, sorption, mechanical, sanitary-chemical properties of fibers, resistance in concentrated solutions of acids, alkalis, in oxidizing environments, long-term stability.

The methods of investigation: chemical, physical, gravimetric, optical, differential scanning calorimetry, Fourier-IR spectroscopy, volumetric determination of oxygen absorption.

The aim of the work: to establish physicochemical factors affecting the durability and sorption properties of grafted fibers cross-linked with BFC, to improve the method of producing FIBAN K-4 fibers.

The influence of BFC additives - DVB, EGDM and MBAA on the structure and properties of PP fibers and threads grafted with AA was studied. The main physicochemical factors that accelerate the aging of grafted fibers have been established. A method for the synthesis of cross-linked fibrous carboxyl cation exchangers with a high exchange capacity (7 mmol/g), increased resistance to aging, and safe for drinking water purification is proposed. A method has been developed for producing PP-grafted surgical threads with sorption activity for fluoroquinolone antibiotics. A pilot batch of cross-linked fibrous cation exchanger FIBAN K-4M was received.

Applications: promising areas of application of the new fibrous cation exchanger FIBAN K-4M are water treatment, concentration and analysis of micro impurities of non-ferrous and heavy metals, sorption of physiologically active substances, purification of ventilation emissions of enterprises from ammonia and amino compounds. Surgical threads grafted with PP with PAA and MBAA are promising in surgery as a suture material with a prolonged antibacterial effect.



Подписано в печать 09.04.2025. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,5.
Тираж 60 экз. Заказ 50.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика
в республиканском унитарном предприятии
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/63 от 19.03.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.