

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям  
ФГБОУ ВО «ВГУ» доктор химических  
наук, доцент



*Козадеров* Козадеров О.А.

*06 мая* 2019 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж) на диссертационную работу Айнетдинова Дениса Валерьевича «Разработка гетерогенных катионообменных полимерных материалов многоцелевого назначения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 Технологии и переработка полимеров и композитов

#### 1. Актуальность темы выполненной работы.

Диссертационная работа Айнетдинова Дениса Валерьевича посвящена исследованию, связанному с решением актуальной задачи, направленной на разработку гетерогенных катионообменных полимерных материалов многоцелевого назначения с улучшенным комплексом структурных и эксплуатационных характеристик, позволяющих расширить области их применения.

Создание полимерных композиционных материалов с уникальным комплексом свойств является приоритетной и научно прикладной задачей сегодняшнего дня. В связи с этим, в последние годы проводятся интенсивные

исследования в области синтеза новых полимерных мембран на основе гибридных материалов, содержащих неорганические нанодисперсные добавки.

Использование твердых наночастиц разной формы и химической природы в качестве наполнителей полимеров открывает новые возможности модифицирования последних, поскольку поверхностные свойства наноразмерного вещества преобладают над объемными, отличаясь высокой поверхностной энергией и адсорбционной активностью. Вследствие этого образуется композиционный материал, обладающий высокой эффективностью взаимодействия полимерных матриц с наночастицами. Это обуславливает впечатляющее улучшение эксплуатационных свойств. На сегодняшний день нанокompозиты, благодаря своим уникальным свойствам, занимают прочные передовые позиции во всех сферах производства, электроники и даже медицины.

В связи с этим тема диссертационной работы Айнетдинова Д.В. является актуальной, научно-технической задачей для решения фундаментальных представлений в области разработки полимерных ионообменных материалов.

Конкретная цель работы состояла в разработке технологических решений по созданию гетерогенных катионообменных полимерных материалов «Поликон К» с развитой макроструктурой и комплексом функциональных свойств, обеспечивающих многоцелевое назначение.

Актуальность темы исследования подтверждена поддержкой гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-08-00766), по основному коду «Нано- и мембранные технологии».

## **2. Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа Айнетдинова Д.В., выполненная в ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», по содержанию и структуре полностью отвечает научно-

квалификационной работе на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация включает введение, четыре главы, выводов, список использованной литературы и приложений. Работа изложена на 139 страницах и содержит 21 рисунок, 15 таблиц, список литературы из 188 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Результаты исследования опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК РФ (6 статей), одна из которых включена в базу данных SCOPUS, и в сборниках трудов Международных и Всероссийских конференций. Имеется одна полезная модель на изобретение. Всего 30 публикаций.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

**Во введении** автором обоснованы актуальность темы, выбор объектов исследования, изложены цель и задачи работы, а также ее научная новизна и практическая значимость.

**Глава 1** представляет собой литературный обзор, в котором дан анализ как отечественных, так и зарубежных работ, посвященных полимерным композиционным материалам. Показано, что происходит процесс сокращения отставания Российского рынка композитов от зарубежного, за счет санкций, позволяющих развиваться отечественным промышленным предприятиям. В связи с чем, разработка новых видов полимерных материалов и модифицирование уже существующих приобретает особую значимость и актуальность. В решении данной задачи приоритетным направлением для разработки является получение и усовершенствование полимерных ионообменных материалов, являющихся важным элементов в процессах водоподготовки и водоочистки. Проанализированы работы ведущих школ, посвященных способам модифицирования полимерных ионообменных материалов, показывая высокий научный интерес к данной теме, что доказывает обоснованность и актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

**В главе 2** описаны объекты и методы исследования. Наряду со стандартными методиками автором использовались современные физические методы исследования структуры полимеров: ДСК, термогравиметрического анализа, эталонной контактной порометрии, сканирующей электронной микроскопии.

**Глава 3** содержит данные о влиянии разработанных технологических решений, используемых при получении гетерогенных полимерных ионообменных материалов «Поликон К» на структурные, физико-химические, электрохимические и сорбционные свойства. На первом этапе научного исследования проводилось использование термомеханического воздействия в диапазоне давлений от 0,1 до 20 МПа. Показано, что с увеличением прилагаемого давления, полимерная матрица проникает вглубь материала, при этом достигается равномерное распределение олигомера как на поверхности, так и в структуре волокнистого наполнителя. Установлено формирование плотной макроструктура, которая приводит к снижению как влагосодержания, так и набухания. Несмотря на это, снижения обменной емкости, основной характеристики ионообменных материалов, не зафиксировано, что свидетельствует о постоянстве состава материала. Показана перспективность и целесообразность применения материалов в процессах электродиализа, подтверждающаяся соответствием энергозатрат используемых промышленных мембран и материалов, полученных при давлении 15 и 20 МПа. С помощью молекулярного моделирования предложена модель с наиболее вероятным взаимодействием волокнистой основы и полимерной матрицы.

На втором этапе научного исследования проводилось получение катионообменных материалов «Поликон К» путем введения в мономеризационный состав наночастиц оксидов металлов Ni и Fe на стадии синтеза катионитовой матрицы. Методом дифференциально-сканирующей калориметрии установлен каталитический эффект выбранных добавок на кинетику процесса поликонденсации. Установлена корреляция между

структурой и комплексом свойств нанонаполненных катионообменных материалов «Поликон К». Разработаны и представлены пространственные модели возможных вариантов формирования структуры материалов «Поликон К» для установления взаимосвязи пространственного строения волокнистой основы, катионитовой матрицы и выбранных нанодисперсных частиц оксидов металлов.

**В главе 4** представлены возможности расширения областей применения разрабатываемых материалов, например, для получения чистой питьевой воды, в процессах водоподготовки и водоочистки промышленных сточных вод. Показана целесообразность и перспективность использования на промышленных предприятиях разработанных нанокomпозиционных катионообменных волокнистых материалов «Поликон К» в хемосорбционном блоке на малогабаритной локальной очистной установке, что позволит повысить эффективность очистки сточных вод, подтвержденная Актами в ООО «Полипластик» и МУП «Энгельс-Водоканал».

Диссертационная работа представляет собой логически выстроенное и завершенное научное исследование по разработке технологических решений, для создания гетерогенных катионообменных полимерных материалов «Поликон К» с развитой макроструктурой и комплексом функциональных свойств, обеспечивающих многоцелевое назначение.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация написана грамотным научным языком, оформлена с использованием широкого набора первичных экспериментальных данных и их графического представления. Выдержана логическая последовательность изложения экспериментальных и теоретических результатов исследования.

### **3. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора**

Ведущая организация считает необходимым подчеркнуть, что все основные результаты и рекомендации настоящей диссертации отмечены несомненной новизной. К рассмотренным ниже, а также к большинству других представленных в диссертации Айнетдинова Д.В. экспериментальным данным может быть в полной мере употребим термин «впервые полученные».

К наиболее важным результатам работы, характеризующим ее научную новизну, следует отнести следующие:

1. Установлено влияние термомеханического воздействия на стадии отверждения катионитовой матрицы на структурные, электрохимические и сорбционные характеристики разработанных полимерных композитов;

2. Установлен каталитический эффект нанодисперсных частиц оксидов никеля и железа на процессы синтеза и отверждения фенолсульфокатионитовой матрицы с изменением ее макроструктуры, что свою очередь позволяет регулировать комплекс свойств разработанных полимерных композитов.

3. Получены с помощью метода молекулярного моделирования пространственные модели разрабатываемых материалов «Поликон К», предоставляющие возможность расширить представления о процессе поликонденсационного наполнения композитов и структурообразовании в этих системах.

Новизна выполненного исследования очевидна не только из самой диссертационной работы, но и из ее апробации на престижных Международных и Всероссийских научных конференциях в области разработки ионнообменных материалов, на многих из которых диссертант выступал лично и получил высокую оценку. Результаты исследования опубликованы в авторитетных научных изданиях.

#### **4. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора**

Разработанные технологические решения позволяют усовершенствовать технологию получения ионообменных полимерных композиционных материалов, повысить качество и расширить ассортимент продукции. Получены положительные результаты испытаний по очистке сточных вод от сульфат-ионов меди и цинка разработанными гетерогенными катионообменными полимерными материалами, показана возможность их использования в качестве ионоселективных электродов и пористого сепаратора для емкостной деионизации воды. Установлены высокая эффективность и экономическая целесообразность их использования.

#### **5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Полученные Айнетдиновым Д.В. в диссертационной работе результаты и выводы целесообразно использовать:

- при проведении научно-исследовательских работ в области создания композиционных полимерных ионообменных материалов с целью повышения структурных и эксплуатационных показателей;

- разработанные и подтвержденные экспериментальными исследованиями автором рекомендации по регулированию структуры и свойств ионообменных материалов в учебном процессе ВУЗов по профилю «Химические технологии»;

- в производстве ионообменных волокнистых материалов с применением технологических решений: 1. термомеханического воздействия на стадии отверждения катионитовой матрицы; 2. Введение нанодисперсных частиц оксидов металлов в мономеризационный состав.

Полученные Д.В. Айнетдиновым научные результаты открывают перспективы разработки новых технологических решений, связанных с усовершенствованием полимерных ионообменных материалов и могут быть

рекомендованы для использования в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, в институте нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН, РХТУ имени Д.И. Менделеева, Тамбовском государственном техническом университете, а также в организациях и на предприятиях, связанных с изучением и разработкой полимерных ионообменных материалов и ионообменных процессов.

## **6. Замечания**

1. Нет достаточного обоснования выбора волокнистого наполнителя, используемого для получения гетерогенных катионообменных полимерных материалов «Поликон К».

2. В работе предлагается перспективный способ модифицирования ионообменных полимерных материалов нанодисперсными частицами оксидов металлов, однако наработанный экспериментальный банк данных не дает четкого ответа, какой металл предпочтительней.

3. Необходимо отметить, в работе имеется ряд неточностей, такие как на рисунке 4.1 - отсутствуют обозначения линий на графике, из которых не понятно, что хотел этим сказать диссертант.

Однако, приведенные замечания не снижают общей положительной оценки представленной к защите диссертационной работы.

Рассмотренные в диссертации вопросы соответствуют области исследований, включенной в паспорт специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов в части формулы: п.2 Физико-химические основы технологии получения и переработки полимеров, композитов и изделий на их основе, включающие стадии синтеза полимеров и связующих, смешение и гомогенизацию композиций, изготовление заготовок или изделий, их последующей обработки с целью придания специфических свойств и формы; п.3 Исследование физико-химических свойств материалов на полимерной основе, молекулярно-массовых характеристик, коллоидных свойств системы полимер – пластификатор –



наполнитель в зависимости от состава композиций и их структуры химическими, механическими, электрофизическими, электромагнитными, оптическими, термическими-механическими и др. методами; и области исследований - физико-химические основы технологии и свойства: 2. Полимерные материалы и изделия; пластмассы, волокна, каучуки, покрытия, клеи, компаунды, получение композиций, прогнозирование свойств, фазовые взаимодействия, исследования в направлении прогнозирования состав-свойства, гомогенизация композиции, процессы изготовления изделий (литье, формование, прессование, экструзия и т.д.), процессы, протекающие при этом, последующая обработка с целью придания специфических свойств, модификация, вулканизация каучуков, отверждение пластмасс, синтез сетчатых полимеров.

Таким образом, представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований получены результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи, направленной на разработку гетерогенных катионообменных полимерных материалов многоцелевого назначения с улучшенным комплексом структурных и эксплуатационных характеристик, позволяющих расширить области их применения, для более рационального использования природных ресурсов.

По актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.).

Соискатель Айнетдинов Денис Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

Доклад соискателя был заслушан и обсужден на заседании кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» 10 апреля 2019 г., протокол № 7.

Профессор кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «ВГУ», доктор химических наук (по специальности 02.00.05 - Электрохимия), доцент

*В. Васильева*

Васильева В.И.

ФГБОУ ВО «ВГУ»

Адрес: 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

Тел.: +7 (473) 220-75-21, e-mail:office@main.vsu.ru

