

В диссертационный совет Д 212. 144.07  
при ФГБОУ ВО «Российский  
государственный университет  
им. А.Н.Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)»  
(ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»)

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента 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 – Технология и переработка полимеров и  
композитов**

**Актуальность** темы диссертационной работы определяется необходимостью расширения ассортимента полимерных композиционных материалов, отвечающих постоянно растущим требованиям при создании новых изделий бытового назначения, спорта, тризма, для реализации наукоёмких технологий в различных областях техники, науки, медицины, в решении экологических вопросов защиты окружающей среды и многих других областей применения. Традиционные природные материалы такие, как металлы, камень, керамика древесина, кожа, текстиль из природных волокон, не потеряли своего значения в современных технологиях, но технический прогресс невозможен без появления новых материалов с заранее заданными свойствами.

Стремительное развитие науки и промышленности привело человечество к необходимости решения проблемы охраны окружающей среды. Промышленные выбросы в атмосферу токсичных газов, сбросы в водоёмы сточных вод, содержащих синтетические поверхностно активные вещества, органические примеси, а также ионы тяжелых металлов, загрязняют окружающую среду и становятся причиной развития природного дисбаланса. Поиск решений, позволяющих сохранить красоту и здоровье

природы, является жизненно необходимым. Широкий ассортимент полимерных ионообменных материалов и круг аналитических, природоохранных и технологических задач, решаемых с их помощью, с каждым годом расширяется. Получение новых ионообменных волокнистых композиционных материалов путём включения модифицирующих ультрадисперсных неорганических добавок различной природы в формируемый полимерный материал, является одним из перспективных направлений использования нанотехнологий. Несомненно, разработка гетерогенных ионообменных композитов с многофункциональным комплексом свойств и их применение в решении актуальных экологических вопросов защиты окружающей среды и создания условий рационального природопользования, приобретает особую значимость и актуальность.

**Диссертационная работа** состоит введения, четырех глав, выводов по работе и списка литературы. Объем диссертации 139 страниц, 21 рисунок, 15 таблиц. Во введении обосновывается актуальность исследований по теме диссертации, приводится краткое содержание работы, характеризуется ее новизна и научная значимость, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 состоит из хорошо структурированного обзора литературы по теме диссертации, в который входит анализ основных направлений использования композиционных материалов, разработка новых технологий получения композитов, наиболее приоритетными из которых являются исследования по получению многофункциональных полимерных нанокомпозитов. Приведен большой объем систематизированной информации получения композитов, среди которых особое место занимают нанотехнологии. Углубленный анализ отечественных и зарубежных работ по различным способам модифицирования ионообменных материалов позволил соискателю выявить оценку высоких эксплуатационных свойств ионообменных композитов с развитой многоуровневой системой пор,

которая позволила найти этим материалам применение во многих областях науки и производственной практики. Результатом глубокого изучения литературных источников явилась возможность сконцентрировать внимание автора на анализе решений отдельных актуальных социальных и экологических проблем с использованием ионитов, а также аргументированно провести обоснование выбора объектов, целей, задач и методов исследования.

В главе 2 рассмотрены объекты и методы исследования. Указаны исходные компоненты, выбраны и приведены апробированные методики выполненной экспериментальной работы. Высокий уровень проведенных Айметдиновым Д.В. исследований обеспечен комплексом современных аттестованных измерительных средств: дифференциально сканирующий калориметр (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА), сканирующая электронная спектроскопия (СЭМ), просвечивающая электронная микроскопия, эталонная контактная порометрия, а также ряд стандартных методов испытаний химических и физико-химических характеристик катионообменных материалов.

В главе 3 проведен анализ процесса синтеза и отверждения ионообменного связующего в объёме волокнистого наполнителя с образованием многоуровневой морфологически развитой системой пор не только на поверхности, но и в объёме композита. За счет схожести химической природы ионообменной полимерной матрицы и новолачного феноло-формальдегидного (НФФ) волокна достигается их высокая химико-физическая совместимость, которая приводит к повышению комплекса свойств ионообменных материалов.

В первом разделе приведен анализ результатов исследований формирования в создаваемом материале развитых структурных агломератов. Автором предложен метод термомеханического воздействия на стадии отверждения катионитной матрицы на НФФ волокнах. Изменение структуры

материала, прошедшее при увеличении давления в заданном температурном режиме, подтверждено методом эталонной контактной порометрии и ТГА. Отмечено, что увеличение термомеханического воздействия приводит к уменьшению количества макропор, одновременному увеличению объёма микро- и мезопор, непосредственно участвующих в процессе ионного обмена. Завершенность структурной организации и формирование более плотной макроструктуры в образцах материалов «Поликон К» подтверждено данными термогравиметрического анализа, которые указывают на замедление деструктивных процессов. При этом снижение обменной ёмкости разработанных материалов не зафиксировано. Оценка транспортных и массообменных характеристик и сравнение энергозатрат на электродиализ показали, что только полученные в условиях узкого интервала термомеханического воздействия от 15 до 20 МПа новые ионообменные материалы по электрохимическим показателям близки серийно выпускаемым образцам.

Во втором разделе приведены результаты изучения способа усовершенствования структуры ионообменных материалов «Поликон К» путем введения модифицирующих добавок в мономеризационный состав. Приведены результаты исследований структурообразования и установление корреляции между структурой и свойствами катионообменного материала, при введении нанодисперсных частиц оксидов железа и никеля. Изменения кинетики процессов синтеза и отверждения катионной матрицы подтверждены данными дифференциально сканирующей калориметрии. Отмечено, что смещение максимума теплового пика в сторону низких температур свидетельствует о каталитическом действии введенных в материал нанодисперсных частиц на процесс структурообразования. Данные термогравиметрического анализа позволили установить, что введение частиц оксидов железа и никеля в объемной доле 5% является достаточным для формирования сшитой макроструктуры, не снижающей

физико-химические и сорбционные свойства наполненных катионообменных полимерных материалов. Методом молекулярной механики установлена взаимосвязь пространственного строения волокнистого наполнителя с ионообменной матрицей и наночастицами выбранных оксидов металлов для осуществления возможности прогноза получения материалов с заданными свойствами, что позволяет расширить представления о процессе направленного регулирования кинетики поликонденсационного наполнения композитов и структурообразования в этих системах.

В главе 4 показана целесообразность и эффективность использования гетерогенных катионообменных полимерных материалов «Поликон К» с введенными нанодисперсными частицами оксидов железа и никеля. К их преимуществам можно отнести улучшение механических свойств, селективности, ионной проводимости. Эти свойства подтверждены при очистке от сульфат-ионов металлов в качестве ионоселективных электродов и мембран для емкостной деионизации воды.

#### **Научная новизна работы.**

Разработаны технологические решения, позволяющие получать гетерогенные катионообменные полимерные материалы с развитой макроструктурой, которая позволит исключить образование «сквозных» каналов в структуре ионообменных материалов при длительной эксплуатации в процессах водоподготовки и водоочистки.

Установлена возможность использования метода молекулярной механики для моделирования структурообразования материалов «Поликон К» с заданным комплексом свойств, что позволит углубить знания о процессе структурообразования композиционных материалов.

#### **Практическая значимость работы.**

Проведены комплексные исследования по созданию нового поколения наноуполненных катионообменных полимерных материалов, имеющих возможность с направленного регулирования структурных, сорбционных,

физико-химических и электрохимических свойств.

Определена высокая эффективность применения разработанных материалов «Поликон К» на НФФ волокне с введенными нанодисперсными частицами железа и никеля по сравнению с немодифицированным на полиакрилонитрильном (ПАН) и НФФ волокнах.

Разработана технологическая схема получения нанонаполненных катионообменных полимерных материалов «Поликон К».

Предложены технические условия проведения промышленных испытаний разработанных материалов для получения чистой питьевой воды.

**Достоверность результатов** определена использованием в исследованиях комплекса взаимодополняющих методов исследования, современных аттестованных измерительных средств и апробированных методик испытаний. Очевидна согласованность теоретических представлений о свойствах и параметрах изученных полимерных композиций с данными эксперимента, которые не противоречат данным литературных источников.

**По содержанию работы следует сделать следующие замечания:**

- не в полной мере аргументирован выбор диапазона термомеханического воздействия на стадии отверждения при получении катионообменных полимерных материалов;

- из приведенных экспериментальных и расчетных данных не ясно, какие из испытанных оксидов металлов предпочтительно использовать в качестве модифицирующей добавки;

- как сохраняется установленная регулярность структуры во всем объеме модифицированного полимерного композита?

Следует отметить, что сделанные замечания носят характер пожеланий и не снижают общую положительную оценку работы.

Диссертация Айнетдинова Дениса Валерьевича на тему: «Разработка гетерогенных катионообменных полимерных материалов многоцелевого

назначения» является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи, заключающейся в разработке технологических решений, позволяющих создавать гетерогенные катионообменные полимерные материалы «Поликон К», с целью усовершенствования структурных и функциональных свойств для эффективного использования в процессах водоподготовки и водоочистки.

Участие автора в выполнении работы подтверждено публикациями: 30 печатных работ, из них 6 опубликовано в научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, одна из которых включена в базу данных SCOPUS одна – полезная модель на изобретение.

Автореферат диссертации и публикации в полной мере отражают содержание и выводы диссертационной работы.

Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК, она достаточно полно иллюстрирована, написана понятным языком.

Представленная работа выполнена на хорошем теоретическом и экспериментальном уровне, она соответствует 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.

По актуальности, новизне, уровню выполнения, объему научной и практической значимости результатов диссертация Айнетдинова Д.В. отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения научных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335, а её автор Айнетдинов Денис Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 - Технология и переработка полимеров и композитов.

Официальный оппонент, доцент кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса «Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна», кандидат технических наук (специальность 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов»), доцент Свердлова Наталия Ивановна

29 апреля 2019 г.

Почтовый адрес организации:  
191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская,  
E-mail: rector@sutd.



Подпись *Свердлова Н.И.*  
ЗАВЕРЯЮ *Боловсеев Д.А.*  
" *Свердлова Н.И.* "  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»