

ОТЗЫВ

**официального оппонента Слободинюка Алексея Игоревича
на диссертационную работу Аль-Саммаррайи Иман Шакир Авад
«Получение новых видов плоских ультрафильтрационных мембран на
основе поливинилхлорида и его модифицированных структур»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальностям**

2.6.10. Технология органических веществ

2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Диссертационная работа Аль-Саммаррайи Иман Шакир Авад посвящена разработке новых видов ультрафильтрационных мембран на основе поливинилхлорида и его модифицированных структур. Одной из **актуальных задач современности** является решение проблемы очистки сточных вод, образующихся на автомойках и характеризующихся наличием ряда токсичных загрязняющих веществ. Решению указанной задачи может в значительной степени способствовать разработка и развитие новых видов материалов для изготовления эффективных ультрафильтрационных мембран. При этом важным аспектом при реализации данного подхода является проведение экологически безопасных, малоотходных методов синтеза таких материалов. В связи с этим предложенная автором идея функционализации поливинилхлорида без применения растворителей и катализаторов на основе переходных металлов, т.е. с использованием так называемых «зеленых методов» синтеза, безусловно, доказывает высокую **актуальность** проделанной работы.

Целью диссертационной работы Аль-Саммаррайи Иман Шакир Авад являлась модификация поливинилхлорида N-, S-, O-нуклеофильными реагентами, а также наночастицами диоксида кремния для создания

эффективных и экологически приемлемых поливинилхлоридных ультрафильтрационных мембран, используемых в процессах очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты. Таким образом, представленная работа направлена на решение как фундаментальных, так и прикладных научных проблем.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа изложена классическим образом. Она состоит из введения, обзора литературы (Глава 1), экспериментальной части (Глава 2, Глава 3) и обсуждения результатов (Глава 4), заключения, сокращений и обозначений, а также списка используемой литературы. Работа изложена на 140 страницах и включает 18 таблиц, 86 рисунков и 141 ссылку.

Во **введении** обоснована актуальность и степень разработанности темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, показана научная и практическая значимость, описаны методология и методы диссертационного исследования, а также представлены основные положения, выносимые на защиту.

Литературный обзор охватывает различные методы функционализации поливинилхлорида фрагментами N-, O-, S-центрированных нуклеофилов. Обзор структурирован в соответствии с разработанностью синтетических методов модификации поливинилхлорида, а также согласно возможности его применения, в том числе в качестве мембран для очистки сточных вод. В связи с этим особое внимание в обзоре акцентировано на мембранных технологиях. Заключительная часть обзора содержит данные по обзору мембранных технологий в секторе автомоек. Анализ литературного обзора логически обосновывает основные цели и направления представленной работы.

Экспериментальная часть диссертационного исследования включает в себя две главы. В Главе 2 представлено описание методов синтеза производных поливинилхлорида, модифицированных N-, O- и S-нуклеофилами. Синтетическая часть включала в себя большую по объему работу за счет использования двух различных подходов, а именно проведение реакции в среде растворителя или в условиях шарового измельчения. Особая значимость представленной работы заключается в разработке простого и эффективного технологического метода механосинтеза пост-модифицированных производных на основе поливинилхлорида и N- и S-нуклеофильных реагентов. Строение выделенных автором веществ подтверждено комплексом современных физико-химических методов исследования, включающих ^1H ЯМР- и ИК-спектроскопию, а также элементный анализ, гель-проникающую хроматографию.

Глава 3 посвящена описанию лабораторных методик изготовления новых типов ультрафильтрационных мембран методом фазовой инверсии на основе товарного поливинилхлорида, производных поливинилхлорида, полученных методом шарового измельчения и на основе поливинилхлорида, модифицированного наночастицами диоксида кремния. В данной главе также приведены способы и аппаратура, использованные для исследования и определения структурных, морфологических, топологических, эксплуатационных и других характеристик полученных мембран.

В разделе **Результаты и обсуждения** детально представлены исследования основных характеристик ультрафильтрационных мембран с применением методов сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии, а также ИК-спектроскопии. Автором приводятся выявленные закономерности, позволяющие дать оценку эффективности и производительности изготовленных мембран в зависимости от концентрации

в отливочном растворе поливинилхлорида наночастиц диоксида кремния и добавок модифицированных производных поливинилхлорида.

В **заключении** приведены основные научные и практические результаты работы, которые полностью соответствуют целям и задачам исследования, а также положениям, выносимым на защиту.

Следует отметить **высокую научную новизну и теоретическую значимость** диссертационной работы, в которой впервые продемонстрирован эффективный подход к модификации поливинилхлорида посредством пост-полимеризационной функционализации в условиях механосинтеза. Стоит подчеркнуть, что изучение реакционной способности поливинилхлорида проводили с учетом варьирования широкого набора N- и S-нуклеофильных реагентов. Полученные результаты позволяют расширить возможность создания полимерных материалов с заданным комплексом свойств за счет использования достаточно простого и эффективного способа ввода различных функциональных групп в структуру полимера. Следует отметить, что автором впервые методом мокрого формования получены композитные ультрафильтрационные мембраны на основе поливинилхлорида, модифицированные либо его функционализированными производными, либо наночастицами диоксида кремния. Комплексное исследование морфологических и топологических характеристик изготовленных мембран позволило оценить их эффективность и производительность в зависимости от концентрации товарного и модифицированного поливинилхлорида, а также дозы добавки наночастиц диоксида кремния в литейных растворах поливинилхлорида.

Несомненным достоинством диссертационной работы является ее **практическая значимость** и возможность применения новых видов ультрафильтрационных мембран для очистки сточных вод, что подтверждается исследованиями их эксплуатационных характеристик, проводимых на очистных сооружениях автомоек г. Екатеринбурга.

По теме диссертации опубликовано 4 статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным Советом УрФУ, из них 3 статьи индексируются в международных базах цитирования, таких как Scopus. Результаты работы были представлены автором на всероссийских и международных конференциях, по материалам которых опубликовано 8 тезисов докладов.

В процессе ознакомления с диссертационной работой возникли следующие замечания и вопросы, представленные ниже.

Замечания:

1. В экспериментальной части (Раздел 2.4.5) отсутствуют данные ^{13}C ЯМР спектроскопии для всех полученных полимеров.

2. В разделе 2.4.5 нет данных ^1H ЯМР-, ИК-спектроскопии, а также гель-проникающей хроматографии для соединения 2.31.

3. Результаты элементного анализа для полимеров 2.9, 2.10 представлены только с описанием экспериментально обнаруженных величин. Для однозначной интерпретации проведенного анализа стоило привести также рассчитанные значения.

4. Работа оформлена очень аккуратно и написана хорошим научным языком. Однако, в тексте встречаются немногочисленные опечатки. Например, опечатка на стр. 43 в таблице 2.1 в названии карбоната калия. На стр. 81 на рисунке 4.2b нет осей. Опечатка в названии оси Y на рисунках 4.25, 4.31 и др.

Вопросы:

1. Автором диссертационной работы показано, что в условиях механического измельчения при 500 об/мин в течение 4 часов не наблюдалось образования O-модифицированных производных поливинилхлорида. Почему дополнительно для данных O-нуклеофилов не реализована оптимизация условий проведения механосинтеза, например,

интенсивности перемешивания, температурно-временных параметров реакции, размера и количества стальных шаров и т.д.

2. С какой целью были получены полимерные основания Шиффа 2.31, 2.32? Их возможное применение?

3. С каким разрешением регистрировали ИК-спектры мембран?

4. Как определяли индекс полидисперсности (PDI)? Что использовали в качестве реперных веществ при определении молекулярной массы полимера?

5. Как влияет функционализация ПВХ на его физико-механические характеристики?

Необходимо отметить, что замечания и вопросы носят лишь частный характер и нисколько не умаляют общих достоинств данной работы.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают результаты, представленные в диссертации. Достоверность полученных автором диссертации данных подтверждено комплексом современных физических и физико-химических методов установления структуры полученных соединений (^1H ЯМР-, ИК-спектроскопия, элементный анализ, гель-проникающая хроматография) и исследования их морфологических, топологических, эксплуатационных характеристик (сканирующая электронная, атомно-силовая микроскопия, ИК-спектроскопия).

Диссертационная работа Аль-Саммаррайи Иман Шакир Авад «Получение новых видов плоских ультрафильтрационных мембран на основе поливинилхлорида и его модифицированных структур» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ. Представленная работа соответствует паспортам специальностей 2.6.10. Технология органических веществ и 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Автор диссертационного исследования «Получение новых видов плоских ультрафильтрационных мембран на основе поливинилхлорида и его модифицированных структур», Аль-Саммаррайи Иман Шакир Авад, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.6.10. Технология органических веществ и 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент,

кандидат технических наук,

Специальность 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов
«Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

Старший научный сотрудник лаборатории полимерных материалов

Слободинюк Алексей Игоревич

«04» июня 2024 г.

Адрес организации:

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 3

Тел. 8(342)2378256, 8(964)1934368

E-mail: slobodinyuk.aleksey.ktn@mail.ru

Подпись А.И. Слободинюка заверяю:

Ученый секретарь «Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук,
кандидат технических наук

Чернова Галина Викторовна