

«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева
д.х.н., профессор Е.В. Румянцев

« 07 »

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Новые УФ-отверждаемые алкидно-силоксановые пленкообразующие материалы» по научной специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения (химические науки) выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» на кафедре химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий.

В процессе подготовки диссертации Голубев Артем Андреевич, «08» марта 1997 года рождения, обучался в аспирантуре на кафедре химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университета имени Д.И. Менделеева». Срок обучения – с 01 сентября 2021 года по 31 августа 2025 года.

В настоящее время является инженером кафедры химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университета имени Д.И. Менделеева».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в 2025 году.

Научный руководитель – кандидат химических наук по специальности 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения, доцент кафедры химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Солдатов Михаил Александрович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Новые УФ-отверждаемые алкидно-силоксановые пленкообразующие материалы» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационного исследования. Актуальность гибридных полимеров сегодня связана с их уникальными свойствами, широким

спектром применения и потенциалом для решения современных технологических и экологических задач. Развитие в области гибридных полимеров продолжает стимулировать интеграцию их в различные отрасли, делая их ключевым элементом будущего материаловедения и химической промышленности.

Алкидно-силоксановые олигомеры и полимеры относят к классу гибридных систем, где в качестве органической составляющей выступает структура алкидного олигомера, а в качестве неорганической составляющей полиорганосилоксан (-Si-O-Si- связь). На сегодняшний день опубликовано значительное количество исследований, посвященных разработке алкидно-силоксановых пленкообразующих материалов, используемых в технологии органических покрытий. Однако, несмотря на достигнутые успехи, развитие гибридных пленкообразующих систем остается перспективным направлением благодаря внедрению новых химических реакций и инновационных методов синтеза, что открывает широкие возможности для разработки материалов с улучшенными свойствами и расширением областей их применения.

Одним из ключевых факторов актуальности темы исследования является энергоэффективность фотохимического инициирования реакции отверждения. УФ-отверждение происходит значительно быстрее, чем традиционные методы отверждения, что позволяет сократить время производства и снизить энергозатраты. Кроме того, в работе используется фотоиницируемая тиол-еновая «клик»-реакция, которая является эффективной альтернативой классической полимеризации винильных соединений. Следует также отметить, что существующие научные разработки создают предпосылки для синтеза гибридных алкидно-силоксановых покрытий посредством реакции гидротииолирования. В литературе описаны методики получения гибридных покрытий на основе растительных масел и кремнийорганических соединений с использованием фотоиницируемой тиол-еновой «клик»-реакции. Кроме того, значительный интерес представляют полимераналогичные превращения с участием алкидных олигомеров, содержащих двойные связи, и тиолсодержащих соединений.

Также в работе представлены результаты исследования вододисперсионного материала на основе УФ-отверждаемой алкидно-силоксановой композиции. На сегодняшний день в мире закрепились тенденции, связанные с переходом от органорастворимых пленкообразующих материалов к экологически чистым водным системам. Разработка вододисперсионного материала на основе алкидно-силоксановой композиции позволит отказаться от токсичных органических растворителей, что также подчеркивает актуальность темы исследования. К тому же разработка УФ-отверждаемых материалов требует междисциплинарного подхода, включающего химию и физику полимеров, материаловедение и технологии нанесения покрытий. Это способствует активному развитию научных исследований и создает предпосылки для успешного внедрения новых знаний в современные технологические процессы.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Впервые получены гибридные алкидно-силоксановые покрытия с применением тиол-еновой клик-реакции;
2. установлены оптимальные условия получения водоземulsionного материала на основе УФ-отверждаемой алкидно-силоксановой композиции;
3. впервые установлены кинетические параметры и диффузионно-транспортные характеристики в процессе отверждения алкидно-силоксановых композиций;
4. установлено влияния соотношения компонентов УФ-отверждаемых алкидно-силоксановых пленкообразующих материалов на свойства гибридных покрытий.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации обуславливается установлением кинетических и диффузионных закономерностей процесса фотоотверждения алкидно-силоксановых систем путем тиол-еновой «клик»-реакции, что вносит вклад в развитие фундаментальных представлений о структурообразовании олигомерных продуктов в процессе формирования трехмерной сетки химических связей. Разработаны теоретические основы управления структурой и свойствами покрытий за счет варьирования состава олигомерных прекурсоров. Расширены научные знания в области химии гибридных материалов, в частности – о взаимосвязи между строением олигомеров, условиями их сшивания и финальными характеристиками покрытий.

Разработана ресурсосберегающая технология получения экологичных гибридных покрытий с контролируемыми свойствами, основанная на энергоэффективном процессе УФ-отверждения. Предложены способы получения водных эмульсий для покрытий, сочетающие преимущества алкидных и силоксановых компонентов. Применение тиол-еновой химии к алкидно-силоксановым системам в условиях фотоотверждения открывает новые возможности для создания материалов с заданными эксплуатационными характеристиками

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 2 статьях в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на: Девятой Всероссийской Каргинской конференции «Полимеры – 2024» (г. Москва, 2024 г.); XX Международной конференции по химии и физикохимии олигомеров (г. Самара, 2024 г.); IV Всероссийской конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы науки о полимерах» (г. Казань, 2024 г.); XVI Андриановской конференции «Кремнийорганические соединения: синтез, свойства, применение» к 120-летию академика К.А. Андрианова (г. Москва,

2024 г.); XXVII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием) (г. Нижний Новгород, 2024 г.); Международном молодежном научном форуме «ЛОМОНОСОВ-2023» (г. Москва, 2023 г.); XIX Международной научно-практической конференции (г. Нальчик, 2023 г.); Innovation & Future of Silsesquioxane Chemistry (China, Shandong University Jinan, 2024); VIII Международной конференции «Супрамолекулярные системы на поверхности раздела – 2023» (п. Агой, 2023 г.); X Международной конференции по физической химии краун-соединений, порфиринов и фталоцианинов (г. Туапсе, 2024 г.).

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Golubev A.A. Preparation and study of novel UV-curable alkyd-siloxane coating materials / **A. A. Golubev**, K. S. Baranova, D. A. Bazhanov [et al.] // Journal of Applied Polymer Science. – 2024. – Vol. 141, No. 33. – P. e55838 (**Web of Science, Scopus**)

2. Golubev A.A. Preparation and characterization of UV-curable water-based alkyd-siloxane composition / **A. A. Golubev**, K. S. Baranova, A. A. Galkin, M. A. Soldatov, A. A. Shcherbina // Journal of Coatings Technology and Research. – 2025. – Vol. 22. – P. 1185-1205. DOI:10.1007/s11998-024-01058-4 (**Web of Science, Scopus**)

Публичные доклады на всероссийских и международных научных мероприятиях (конференциях, съездах, симпозиумах, конгрессах):

1. Баранова К.С. Синтез кремнийорганического олигомера с меркаптановыми функциональными группами для отверждения алкидных олигомеров / К. С. Баранова, **А. А. Голубев** // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2023» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2023. ISBN 978-5-317-06952-0.

2. Баранова К.С. Получение УФ-отверждаемых алкидно-силоксановых пленкообразующих материалов / К. С. Баранова, **А. А. Голубев**, М. А. Солдатов // Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения: Материалы XIX Международной научно-практической конференции, Нальчик, 03 – 08 июля 2023 года. – Нальчик: Принт Центр, 2023. – С. 46.

3. Golubev A. Preparation and study of novel uv-curable alkyd-siloxane coating materials / **A. Golubev**, K. Baranova, D. Bazhanov [et al.] // Innovation & Future of Silsesquioxane Chemistry. – Shandong University Jinan, P. R. China: 2024. – P. 37.

4. Баранова К. С. Синтез меркаптопропилсил-сесквиоксановых олигомеров для отверждения и модификации полимерных пленкообразующих материалов / К. С. Баранова, **А. А. Голубев**, М. А. Солдатов // Девятая всероссийская Каргинская конференция «Полимеры – 2024». Сборник тезисов. – Москва, 2024. – С. 287.

5. Баранова К. С. Исследование влияния меркаптопропилсилсесквиоксановых олигомеров на свойства лаковых покрытий на основе модифицированных олигоэфиров / К. С. Баранова, **А. А.**

Голубев, М. А. Солдатов // Abstracts book XVI Andrianov conference “Organosilicon compounds: synthesis, properties, applications” to the 120th anniversary of Academician K. A. Andrianov – Moscow: INEOS RAS, 2024. – P. 48.

6. Баранова К. С. Синтез меркаптопропилсил-сесквиоксанных олигомеров для отверждения и модификации полимерных плёнообразующих материалов / К. С. Баранова, **А. А. Голубев**, М. А. Солдатов // XXVII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 16 – 18 апреля 2024 года. – Нижний Новгород: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», 2024. – С. 269.

7. Баранова К. С. Получение и исследование новых УФ-отверждаемых алкидно-силоксановых пленкообразующих материалов / К. С. Баранова, **А. А. Голубев**, М. А. Солдатов // Супрамолекулярные системы на поверхности раздела. Стратегическая сессия по повышению квалификации управленческой команды и профессорско-преподавательского состава Передовой инженерной школы Химического инжиниринга и машиностроения: Сборник тезисов докладов VIII Международной конференции, Туапсе, 25 – 29 сентября 2023 года / Под редакцией О.А. Райтмана, Д.Н. Тюрина. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 2023. – С. 24.

8. Баранова К. С. Синтез меркаптопропилсилсесквиоксанных олигомеров для отверждения и модификации полимерных плёнообразующих материалов / К. С. Баранова, **А. А. Голубев**, М. А. Солдатов // Физическая химия краун-соединений, порфиринов и фталоцианинов: X Международная конференция, посвященная 300-летию Российской академии наук: сборник тезисов докладов, Туапсе, 23-27 сентября 2024 года. – Москва: Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 2024. – С. 34.

9. Голубев А. А. Исследование влияния температуры эмульгирования на гранулометрический состав и Z-потенциал УФ-отверждаемой алкидно-силоксановой композиции на водной основе / **А. А. Голубев**, А. А. Галкин, А. А. Щербина // Актуальные проблемы науки о полимерах : Материалы IV Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов вузов, Казань, 23 – 26 сентября 2024 года. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2024. – С. 536-538.

10. Голубев А.А., Галкин А. А., Щербина А. А. Исследование агрегативной устойчивости УФ-отверждаемой алкидно-силоксановой композиции на водной основе / А. А. Голубев, А. А. Галкин, А. А. Щербина // Олигомеры-2024: сборник трудов XX Международной конференции по химии и физикохимии олигомеров, Самара, 09 – 14 сентября 2024 года. – Черноголовка: ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, 2024. – С. 76.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 1.4.7. Высокомолекулярные соединения в части:

п. 2. Синтез олигомеров, в том числе специальных мономеров, связь их строения и реакционной способности. Катализ и механизмы реакций полимеризации, сополимеризации и поликонденсации с применением радикальных, ионных и ионно-координационных инициаторов, их кинетика и динамика. Разработка новых и усовершенствование существующих методов синтеза полимеров и полимерных форм;

п. 4. Химические превращения полимеров – внутримолекулярные и полимераналоговые, их следствия. Химическая и физическая деструкция полимеров и композитов на их основе, старение и стабилизация полимеров и композиционных материалов;

п. 10. Решение технологических и экологических задач, связанных с первичной и вторичной переработкой полимерных материалов.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Голубева Артема Андреевича является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Голубеву Артему Андреевичу; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Новые УФ-отверждаемые алкидно-силоксановые пленкообразующие материалы» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Диссертация рассмотрена на расширенном заседании кафедры химической технологии полимерных композиционных лакокрасочных материалов и покрытий, состоявшемся «21» апреля 2025 года, протокол № 4.

В обсуждении приняли участие: исполняющий обязанности заведующего кафедрой, д.х.н., профессор Филатов С.Н.; доцент кафедры, к.х.н. Солдатов М.А.; доцент кафедры, к.х.н., доцент Лобанов А.Н.; доцент кафедры, к.т.н. Дерновая Е.С.; доцент кафедры, к.х.н. Герасин В.А.; профессор кафедры биоматериалов, д.х.н. Артюхов А.А.; доцент кафедры химической технологии пластических масс, д.х.н., доцент Чистяков Е.М.; исполняющий обязанности заведующего кафедрой химической технологии пластических масс, к.х.н., доцент Биличенко Ю.В.; профессор кафедры химической технологии пластических масс, д.х.н., профессор Дятлов В.А.; доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н., доцент Бредов Н.С.; заведующий

кафедрой биоматериалов, д.х.н., доцент Межуев Я.О.; доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н. Тупиков А.С.; доцент кафедры химической технологии пластических масс, к.х.н., доцент Сиротин И.С.; заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс, д.х.н., профессор Горбунова И.Ю.

Принимало участие в голосовании 14 человек. Результаты голосования: «За» — 14 человек, «Против» — 0 человек, «Воздержались» — 0 человек, протокол № 4 от «21» апреля 2025 г.

Председатель заседания
и.о. заведующего кафедрой ЛКМ
д.х.н., профессор

С.Н. Филатов

Секретарь заседания
доцент кафедры ЛКМ
к.т.н.

Е.С. Дерновая