



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе КБГУ

В.Н. Лесев

Иванов 2025 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» на диссертационную работу Голубева Артема Андреевича, выполненную на тему «Новые УФ-отверждаемые алкидно-силоксановые пленкообразующие материалы», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

В середине XX века алкидные олигомеры заняли лидирующие позиции среди пленкообразующих материалов. Их популярность объяснялась превосходной адгезией, эластичностью и технологичностью применения. Тем не менее, серьезные ограничения – недостаточная химическая и атмосферостойкость, склонность к пожелтению, длительный процесс отверждения – неизбежно требовали поиска более совершенных решений.

Прорыв произошел в 1960–1980-е годы с появлением кремнийорганических (силоксановых) материалов. Эти инновационные композиции демонстрировали выдающуюся термо- и атмосферостойкость, открывая новые возможности для защитных покрытий. Однако их коммерческое применение сдерживалось двумя факторами: высокой себестоимостью и необходимостью высокотемпературного отверждения. Рациональным решением стала разработка гибридных композиций, которые органично объединили достоинства алкидных и силоксановых компонентов. Этот подход получил дополнительный импульс благодаря обширной сырьевой базе, одинаково пригодной как для синтеза алкидных олигомеров, так и для получения полиорганосилоксанов. Именно эти факторы определили успешное развитие современных алкидно-силоксановых материалов.

Однако, несмотря на значительное количество научных исследований в этой области, применение тиол-еновой «клик»-реакции для получения гибридных материалов остается недостаточно изученным. В то же время использование тиол-еновой химии в качестве инструмента модификации органических и гибридных покрытий представляет собой перспективное направление в разработке полимерных материалов. **Актуальность** разработки новых гибридных алкидно-силоксановых покрытий, получаемых методом фотоинициируемой тиол-еновой «клик»-реакции, обусловлена возможностью существенного сокращения времени синтеза, снижения энергозатрат и целенаправленного формирования заданного комплекса эксплуатационных характеристик материалов. Такой подход позволяет создать энергоэффективную технологию получения полимерных систем с регулируемыми свойствами, что представляет значительный интерес для современного материаловедения.

**Научная новизна и теоретическая значимость** диссертационной работы заключается в впервые проведенном комплексном исследовании механизмов отверждения алкидно-силоксановых пленкообразующих материалов.

В ходе исследования установлено влияние соотношения компонентов, структуры алкидного олигомера и природы активного разбавителя на кинетику формирования сетчатой структуры гибридного полимера; впервые предложена модель массопереноса в процессе отверждения, которая позволила определить диффузионные константы системы и обосновать диффузионно-контролируемый механизм отверждения; выявлены количественные корреляции между составом композиции, параметрами отверждения и эксплуатационными характеристиками конечного материала, что создает научную основу для целенаправленного проектирования свойств алкидно-силоксановых покрытий.



Полученные результаты формируют теоретическую базу для разработки высокоэффективных гибридных полимерных материалов с заданными свойствами.

**Практическая значимость** диссертационного исследования заключается в разработке универсальных УФ-отверждаемых пленкообразующих материалов, представленных в трех принципиально различных формах: традиционные лаки на основе органических растворителей, водная эмульсия и безрастворительные композиции. Такое комплексное решение обеспечивает широкие возможности практического применения в различных отраслях промышленности. Особую ценность представляет экологическая безопасность разработанных материалов, сочетающаяся с их технологической универсальностью, что позволяет адаптировать их к конкретным производственным условиям и требованиям, обеспечивая при этом высокое качество покрытий независимо от выбранного пленкообразующего материала.

Структура диссертации построена по классической схеме и демонстрирует системный подход к представлению научного материала.

**Объем и содержание работы.** Диссертационное исследование изложено на 172 страницах и характеризуется четкой логикой построения. Работа отличается высокой информативностью и наглядностью представления результатов: 91 иллюстрация (графики, схемы и микрофотографии) обеспечивает визуализацию экспериментальных данных и теоретических выводов; 15 таблиц систематизируют количественные результаты исследования; 208 научных источников в библиографии свидетельствуют о глубоком анализе современного состояния проблемы и создают надежную теоретическую основу для проведенного исследования.

Научно-методический уровень представленного материала, его структурированность и качество оформления полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цели исследования, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимости.

**В первой главе** представлен систематизированный обзор современных достижений в области химии и технологии алкидных, силоксановых и гибридных алкидно-силоксановых олигомеров и полимеров, с особым акцентом на перспективы их использования в фотоотверждаемых композициях. Проведен критический анализ современных подходов к синтезу и модификации данных классов соединений, рассмотрены ключевые факторы, влияющие на их пленкообразующие свойства и эксплуатационные характеристики. Особое внимание в главе уделено углубленному изучению современных методов фотохимического отверждения, охватывающему механизмы инициации, кинетические закономерности и технологические особенности процесса, а также перспективам применения рассматриваемых олигомеров и полимеров в составе фотоотверждаемых композиций. Представленный обзор формирует теоретическую базу для последующих экспериментальных исследований.

**Экспериментальная часть** исследования содержит комплексное описание всех аспектов проведённой работы, включающее четыре ключевых направления. Во-первых, приведена детальная характеристика используемых соединений с указанием их происхождения, степени чистоты и основных физико-химических параметров. Во-вторых, подробно изложены разработанные методики синтеза высокомолекулярных соединений, содержащие исчерпывающие данные о условиях проведения реакций, способах выделения и очистки продуктов, а также критериях оценки их выхода и чистоты. В-третьих, представлены оптимизированные технологии получения пленкообразующих материалов, включающие параметры формирования покрытий, режимы их отверждения и методы контроля качества. В-четвёртых, описан комплекс современных аналитических методов исследования, охватывающий спектральные (ИК-спектроскопия, ЯМР),



хроматографические (ГПХ) и механические методы анализа. Все приведённые методические разработки отличаются необходимой степенью детализации и соответствуют современным требованиям к воспроизводимости научных результатов.

**Третья глава** посвящена комплексной характеристике синтезированных олигомеров, разработанных на их основе пленкообразующих материалов и покрытий. В работе представлен детальный анализ их реологических, оптических и диффузионных свойств, а также проведено всестороннее исследование кинетики отверждения алкидно-силоксановых композиций с использованием взаимодополняющих методов: ИК-Фурье спектроскопии, гель-золь анализа, УФ-реологии и оптической интерферометрии, что позволило получить данные о механизмах формирования полимерной сетки.

Особое внимание уделено изучению ключевых характеристик полученных гибридных алкидно-силоксановых полимеров сетчатой структуры. Для оценки термических свойств применены методы дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА). Гидрофобные свойства исследованы комплексно: как методом измерения краевых углов смачивания, так и сорбционными измерениями. Эксплуатационные характеристики оценены по стандартизированным методикам, морфология и элементный состав изучены методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), а защитные свойства – методом потенциодинамической поляризации.

Представленный многосторонний подход демонстрирует системность проведенного исследования и обеспечивает достоверную взаимосвязь между структурой, составом материалов и их функциональными характеристиками.

**Заключение** диссертационной работы представляет собой систематизированное изложение основных результатов исследования.

Представленный автореферат полностью отражает ключевые аспекты диссертационного исследования, давая полное представление о масштабе проведенной научной работы. В соответствии с регламентом, установленным

Положением о порядке присуждения ученых степеней, диссертация и автореферат - были своевременно опубликованы в открытом доступе на официальном портале РХТУ им. Д.И. Менделеева, что обеспечивает прозрачность процедуры защиты и возможность ознакомления научного сообщества с результатами исследования.

**Вопросы и замечания по тексту диссертации:**

1. В экспериментальной части работы хотелось бы видеть более подробную информацию о параметрах исследования гидродинамического диаметра частиц эмульсий, что могло бы способствовать лучшей воспроизводимости результатов и более полной оценке их достоверности. Было бы полезно указать состояние исследуемой системы, в частности, в каком виде проводятся измерения - разбавленная эмульсия, концентрированная дисперсная система или стабилизированная суспензия. Желательно дополнить работу данными о концентрации эмульсионного раствора, используемого для анализа, поскольку этот параметр играет важную роль для корректной интерпретации результатов динамического светорассеяния. Также рекомендуется уточнить природу разбавителя и условия пробоподготовки - применяется ли дистиллированная вода, буферный раствор с определенным рН или органический растворитель, и какова степень разбавления образцов перед измерениями?
2. В представленной работе представляется важным более подробно рассмотреть научно-техническое обоснование применения гиперразветвленного алкидного олигомера именно третьего псевдопоколения при создании алкидно-силоксановых композиций. Было бы ценно получить информацию о том, какие конкретные структурные и функциональные характеристики данного псевдопоколения определили его преимущества перед олигомерами других структур
3. . Какими факторами определяется выбор растворителя для ЯМР-анализа гиперразветвленных олигомеров НА и НР?



4. На рисунке 56 наблюдается небольшое, но устойчивое увеличение интенсивности пика в области  $3600\text{ см}^{-1}$  при увеличении времени облучения композиции. С чем может быть связано увеличение этого пика? Какие процессы в системе могут приводить к такому изменению в ИК-спектре?

Указанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа Голубева Артема Андреевича «Новые УФ-отверждаемые алкидно-силоксановые пленкообразующие материалы» представляет собой завершенное научное исследование, полностью соответствующее требованиям паспорта специальности 1.4.7 - Высокомолекулярные соединения по пунктам: 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; 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; 10. Решение технологических и экологических задач, связанных с первичной и вторичной переработкой полимерных материалов. Работа отличается актуальностью, выраженной научной новизной и достоверностью полученных результатов. Личный вклад автора и публикация результатов в рецензируемых научных изданиях дополнительно свидетельствуют о соответствии диссертации всем критериям, предъявляемым к работам данного уровня.

Диссертационная работа «Новые УФ-отверждаемые алкидно-силоксановые пленкообразующие материалы» отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор Голубев Артем Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры органической химии и высокомолекулярных соединений Кабардино-Балкарского государственного университета 03 июля 2025 года, протокол № 8.

Проректор по НИР ФГБОУ ВО  
«Кабардино-Балкарского  
государственного университета  
им. Х.М. Бербекова»,  
доктор химических наук, чл.-  
корр. РАН, профессор



С.Ю. Хаширова

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Почтовый адрес: Россия, 360004, Кабардино-Балкарская республика,  
г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Сайт учреждения: <https://kbsu.ru>

Телефон: (8662) 72-30-48

E-mail: [new\\_kompozit@mail.ru](mailto:new_kompozit@mail.ru)

Подпись С.Ю. Хашировой  
ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарского  
государственного университета  
им. Х.М. Бербекова»  
Доктор филологических наук



И.В. Ашинова