

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
Проблем химической физики

и медицинской химии
Российской академии наук,
д.х.н. Золотухина Е.В.



2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра проблем химической физики
и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН)
(142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр. Академика Семенова, д. 1, адрес
сайта: <https://icp-ras.ru/>)**

Диссертация «Новые самозаживляющиеся металлополимеры акриловой кислоты и акриламида» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения выполнена в лаборатории металлополимеров отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Сорин Евгений Сергеевич работал в ФИЦ ПХФ и МХ РАН в Отделе полимеров и композиционных материалов в лаборатории металлополимеров в должности младшего научного сотрудника. В настоящее время работает там же в должности младшего научного сотрудника.

Соискатель Сорин Е.С. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в 2023 г. по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

С 2023 г. по настоящее время соискатель обучается в очной аспирантуре ФИЦ ПХФ и МХ РАН по направлению подготовки 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (период обучения с 2023 по 2027 г.). Соискателем сданы все кандидатские экзамены.

Научный руководитель – Джардималиева Гульжиан Искаковна, доктор химических наук, работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук», отдел полимеров и композиционных материалов, лаборатория

металлополимеров, в должности заведующей лабораторией и Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) в должности профессора каф. 903.

По итогам обсуждения диссертации «Новые самозаживляющиеся металлосополимеры акриловой кислоты и акриламида» на заседании секции №5 Ученого Совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН принято следующее заключение:

Диссертационная работа Сорина Е.С. посвящена получению и исследованию самозаживляющихся металлосополимеров акриловой кислоты и акриламида со встроенными координационными металлоузлами.

Актуальность темы

Актуальность работы определяется необходимостью разработки полимеров, способных сохранять эксплуатационные характеристики при механических повреждениях и воздействии внешней среды. Особое значение имеет дизайн высокопрочных самозаживляющихся систем, в которых восстановление целостности обеспечивается не внешними заживляющими агентами, а обратимыми межцепными взаимодействиями. В этой связи синтез новых сополимеров акриловой кислоты и акриламида со встроенными координационными металлоузлами, а также установление влияния состава сополимера, природы металлоцентра и его лигандного окружения на свойства и механизм заживления представляет значительный научный и практический интерес.

Новизна и практическая значимость результатов работы

Научная новизна работы заключается в разработке подхода к получению высокопрочных самозаживляющихся сополимеров акриловой кислоты, акриламида и новых металлодержащих мономеров на основе акрилатов Co(II), Ni(II), Cu(II) с 4'-фенил-2,2':6',2''-терпиридином, позволяющего формировать координационные металлоузлы *in situ*. Показано, что эффективность самозаживления металлополимеров определяется строением координационного узла и составом сополимера. Установлено, что введение фенилтерпиридинового лиганда позволяет регулировать координационное окружение металлоцентра, влияет на полярность и лабильность металлоузлов, а также способствует повышению эффективности заживления. Предложен механизм самовосстановления, связанный с межфазной реорганизацией динамических координационных связей.

Практическая значимость работы связана с возможностью получения высокопрочных плёночных полимерных материалов, способных к самозаживлению. Выявленные закономерности влияния состава сополимера, природы металла и лигандного окружения могут служить основой для дальнейшей разработки металлополимеров с заданными свойствами. Дополнительно показана принципиальная возможность применения полученных металлосополимеров в качестве активных самозаживляющихся слоёв трибоэлектрических наногенераторов, что расширяет перспективы использования исследуемых металлосополимеров в функциональных устройствах.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов обеспечивается использованием комплекса экспериментальных методов исследования состава, структуры, термических, поверхностных, реологических и механических свойств полученных металлополимеров, а также независимой экспертизой и рецензированием статей в высокоцитируемых международных журналах. Результаты работы подвергались многократной независимой положительной экспертизе и опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых в Scopus, Web of Science, RSCI, в том числе относящихся к журналам К1 в классификации ВАК Минобрнауки РФ.

Материалы диссертационной работы докладывались на семинарах отдела полимеров и композиционных материалов и на 25-м конкурсе научных работ молодых ученых на соискание премии имени С.М. Батурина ФИЦ ПХФ и МХ РАН, а также на международных и всероссийских научно-практических конференциях: на Международном молодежном научном форуме «Ломоносов-2021» (Москва, 2021 г., диплом за лучший доклад), Всероссийской школе молодых ученых «Научные школы большой химической физики» (Черноголовка, 2021 г.), Международном молодежном научном форуме «Ломоносов-2022» (Москва, 2022 г., диплом за лучший доклад), Всероссийской конференции с международным участием «Техническая химия. От теории к практике», посвященной 50-летию академической науки на Урале (Пермь, 2022 г.), XX Молодежной научной конференции ИХС РАН (Санкт-Петербург, 2022 г.), Международном молодежном научном форуме «Ломоносов-2023» (Москва, 2023 г., диплом за лучший доклад), IX Бакеевской Всероссийской с международным участием школы-конференции для молодых ученых «Макромолекулярные нанообъекты и полимерные композиты» (Тула, 2023 г.), конференции «Современные тенденции развития функциональных материалов» (Сириус, 2023 г., диплом за лучший доклад), «Девятой Всероссийской Каргинской Конференции «Полимеры – 2024» (Москва, 2024 г.), XX международной научно-практической конференции «Микитаевские чтения. Новые полимерные композиционные материалы» (Эльбрус, 2024 г., диплом за лучший доклад), XIII International Conference on Chemistry for Young Scientists «MENDELEEV 2024» (Санкт-Петербург, 2024 г.), Всероссийской конференции «Полимеры и композиты на их основе: прикладные и экологические решения» (Казань, 2025 г.), Международном молодежном научном форуме «Ломоносов-2025» (Москва, 2025 г.), X Бакеевской Всероссийской с международным участием школе-конференции для молодых ученых «Макромолекулярные нанообъекты и полимерные композиты» (Москва, 2025 г.), I Молодежной научно-практической конференции "Актуальные вопросы химической физики и медицинской химии" (Черноголовка, 2026 г.), XXIX Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (Нижний Новгород, 2026 г.).

Плановый характер работы

Исследования по теме диссертации проводились в рамках государственных заданий по тем. картам № FFSG-2024-0007 «Фундаментальные исследования новых процессов получения полимеров и каталитических систем для создания конструкционных и

функциональных полимерных материалов» (номер государственной регистрации 124013000722-8) и № FFSG-2024-0010 "Физико-химические основы создания и функционализации углеродных наноматериалов, процессов формирования нанокомпозитов и полимерных композиционных материалов с заданными свойствами (номер государственной регистрации 124013000757-0).

Полнота опубликования результатов и ценность научных работ соискателя ученой степени

В ходе выполнения диссертации были опубликованы 23 печатные работы, в том числе 7 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и включенных в международные системы цитирования (Scopus, Web of Science), а также 16 тезисов докладов на конференциях разного уровня.

Статьи по результатам работы:

1. Sorin E.S. New Mixed-Ligand Metal-Containing Monomer Based on Cobalt Acrylate and 4-Phenyl-2,2':6',2''-Terpyridine Ligand: Synthesis, Characteristics and Thermal Properties / E.S. Sorin, R.K. Baimuratova, D.A. Chernyayev, D.V. Korchagin, I.E. Uflyand, G.I. Dzhardimalieva // Key Engineering Materials. — 2021. — V. 899. — P. 37. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.899.37.
2. Sorin E.S. New Self-Healing Metallosupramolecular Copolymers with a Complex of Cobalt Acrylate and 4'-Phenyl-2,2':6',2''-terpyridine / E.S. Sorin, R.K. Baimuratova, I.E. Uflyand, E.O. Perepelitsina, D.V. Anokhin, D.A. Ivanov, G.I. Dzhardimalieva // Polymers. — 2023. — V. 15. — 6. — P. 1472. DOI: 10.3390/polym15061472.
3. Sorin E.S., Structure and properties of the metal-containing monomer based on nickel acrylate and 4'-phenyl-2,2':6',2''-terpyridine for self-healing polymers / E.S. Sorin, R.K. Baimuratova, V.V. Tkachev, A.N. Utenyshev, A.V. Kuzmin, G.I. Dzhardimalieva // Mendelev Communications. — 2024. — V. 34. — 3. — P. 382. DOI: 10.1016/j.mencom.2024.04.022.
4. Sorin E.S. High-Strength, Self-Healing Copolymers of Acrylamide and Acrylic Acid with Co(II), Ni(II), and Cu(II) Complexes of 4'-Phenyl-2,2':6',2''-terpyridine: Preparation, Structure, Properties, and Autonomous and pH-Triggered Healing / E.S. Sorin, R.K. Baimuratova, M.V. Zhidkov, M.L. Bubnova, E.O. Perepelitsina, A.F. Abukaev, D.V. Anokhin, D.A. Ivanov, G.I. Dzhardimalieva // Polymers. — 2024. — V. 16 — 22. — P. 3127. DOI: 10.3390/polym16223127.
5. Zakiev S.E. Using Non-Equilibrium Mesoscopic Thermodynamics to Describe the Molecular Mass Distribution of Polymers / S.E. Zakiev, S.A. Kurochkin, E.S. Sorin, E.O. Perepelitsina, Yu.P. Kvurt, G.I. Dzhardimalieva // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. — 2024. — Vol. 58. — 5. — P. 1705. DOI: 10.1134/S0040579525600780.
6. Baimuratova R.K. Crystal structure, thermal and luminescent properties of the complex of zinc(II) acrylate and 4'-phenyl-2,2':6',2''-terpyridine / R.K. Baimuratova, E.S. Sorin, D.V. Korchagin, L.G. Gutsev, G.V. Shilov, V.A. Zhinzhiro, I.E. Uflyand, A.V. Akkuratov,

G.I. Dzhardimalieva // *Inorganica Chimica Acta*. — 2025. — V. 581. — P. 122649. DOI: 10.1016/j.ica.2025.122649.

7. Sorin E.S. Effect of chelating ligand 4'-phenyl-2,2':6',2''-terpyridine on the kinetics of formation of a copolymer of acrylic acid, acrylamide and copper acrylate / E.S. Sorin, R.I. Komendant, S.A. Kurochkin, R.K. Baimuratova, E.A. Nikitina, M.P. Berezin, S.E. Zakiev, I.E. Uflyand, and G.I. Dzhardimalieva // *Iranian Polymer Journal*. — 2026. Online First. DOI: 10.1007/s13726-026-01681-5

Все статьи, выполненные в соавторстве, процитированы в диссертации в соответствии с п. 14 критериев Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г., с учетом всех последующих изменений. Результаты, описанные в диссертации, являются оригинальными, заимствованные материалы без ссылки на источник заимствования отсутствуют.

В опубликованных материалах довольно полно изложены основные результаты работы. В работе [1] рассмотрены синтез и свойства металломономера на основе акрилата кобальта(II) и 4'-фенил-2,2':6',2''-терпиридина (раздел 3.1). В работе [2] представлены получение, структура и свойства самозаживляющихся металлополимеров на основе сополимеров акриловой кислоты и акриламида с комплексом акрилата кобальта(II) и 4'-фенил-2,2':6',2''-терпиридина (разделы 3.2, 3.4). В работе [3] рассмотрены синтез и свойства металломономера на основе акрилата никеля(II) и 4'-фенил-2,2':6',2''-терпиридина, в том числе методом рентгеноструктурного анализа (раздел 3.1). В работе [4] обобщены результаты по высокопрочным самозаживляющимся сополимерам акриловой кислоты и акриламида, содержащим комплексы Co(II), Ni(II) и Cu(II) с 4'-фенил-2,2':6',2''-терпиридином, рассмотрено влияние природы металлоцентра, архитектуры металлоузла и состава сополимера на свойства, механические характеристики и эффективность заживления (разделы 3.2, 3.4). В работе [5] на основе данных гель-проникающей хроматографии исследуемых металлосополимеров рассмотрены отдельные вопросы математического описания их молекулярно-массового распределения (раздел 3.2). В работе [6] сопоставлены значения энергии активации твердофазной гомополимеризации, полученные по данным дифференциальной сканирующей калориметрии и газовой выделенности (раздел 3.1). В работе [7] исследовано влияние хелатирующего лиганда 4'-фенил-2,2':6',2''-терпиридина на кинетику образования сополимеров акриловой кислоты, акриламида и акрилата меди(II) (раздел 3.3).

Ценность научных работ соискателя для специальности «Высокомолекулярные соединения» определяется разработкой подходов к получению новых высокопрочных самозаживляющихся металлополимеров и установлением взаимосвязи между строением координационных узлов, составом сополимеров и их физико-химическими свойствами. Полученные результаты имеют значение для развития представлений о динамических полимерных сетках и могут быть использованы при разработке самозаживляющихся функциональных плёночных покрытий.

Личный вклад автора

Автор принимал непосредственное участие в проведении анализа данных литературы, постановке задач, планировании, подготовке и проведении экспериментов, обсуждении и интерпретации полученных результатов, формулировке основных выводов, подготовке статей к печати. РСА образцов проводили в лаборатории структурной химии ФИЦ ПХФ и МХ РАН (к.ф.–м.н. Ткачев В.В., к.х.н. Утенышев А.Н.). Исследование поверхностной энергии образцов проводилось к.х.н. Богдановой Ю. Г. (МГУ). Исследование электрофоретического рассеяния света проводилось к.х.н. Бондаренко Л.С. (МАИ).

Публикации по материалам, изложенным в диссертации, выполнены в соавторстве. В работах [1–7] соискателем проведены анализ литературных данных, синтез исследуемых соединений и металлосополимеров, участие в планировании и проведении экспериментальных исследований, обработка и интерпретация спектральных, термических, структурных, физико-химических и механических данных. Соискатель принимал участие в обсуждении результатов, формулировании основных выводов, подготовке первичных версий статей и их последующем редактировании.

Соответствие диссертации научным специальностям, отрасли науки

Диссертация Сорина Е.С. на тему: «Новые самозаживляющиеся металлосополимеры акриловой кислоты и акриламида» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решены задачи по получению и исследованию новых сополимеров акриловой кислоты и акриламида со встроенными координационными металлоузлами, установлению взаимосвязи между составом и строением металлосополимеров, их физико-химическими, реологическими, поверхностными и механическими свойствами, а также обоснованию механизма самозаживления полученных материалов.

Работа соответствует паспорту специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения в 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), в п. 3 (Основные признаки и физические свойства линейных, разветвленных, в том числе сверхразветвленных, и сетчатых полимеров, их конфигурация (на уровнях: звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация. Учет влияния факторов, определяющих конформационные переходы. Роль межфазных границ. Надмолекулярная структура и структурная модификация полимеров) и в п. 9 (Целенаправленная разработка полимерных материалов с новыми функциями и интеллектуальных структур с их применением, обладающих характеристиками, определяющими области их использования в заинтересованных отраслях науки и техники).

Решение о рекомендации работы к защите

Диссертация Сорина Евгения Сергеевича «Новые самозаживляющиеся металлополимеры акриловой кислоты и акриламида» соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г. с учетом всех последующих изменений, применительно к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Заключение принято на заседании секции №5 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН (протокол №245 от 27 мая 2026 г.). Присутствовало на заседании 25 членов совета из 31. Результаты голосования: «за» – 25, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Председатель секции № 5
Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН
кандидат химических наук

Малков Г. В.

Секретарь секции № 5
Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН
кандидат химических наук

Файнгольд Е. Е.