

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.0.041.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО» МИНОБРНАУКИ РФ И ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
«ИНСТИТУТ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Г. А. РАЗУВАЕВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» МИНОБРНАУКИ РФ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11 февраля 2026 г. № 2

О присуждении Лагуновой Ольге Владимировне, гражданину Республики Беларусь, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез новых сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами», в виде рукописи, по специальности 1.4.7. – Высокомолекулярные соединения (химические науки) принята к защите 5 декабря 2025 г. (протокол заседания № 16) объединенным диссертационным советом 99.0.041.02 на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» Минобрнауки РФ (603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23) и ФГБУН «Институт металлоорганической химии им. Г. А. Разуваева Российской академии наук» Минобрнауки РФ (603950, г. Нижний Новгород, бокс 445, ул. Тропинина, 49); приказ Минобрнауки РФ №125/нк от 22.02.2017 г., №35/нк от 27.01.2020 г., №86/нк от 26.01.2022 г., №1845/нк от 26.09.2023, №357/нк от 17.04.2025 г.

Соискатель, Лагунова Ольга Владимировна, 17.02.1986 года рождения, 20 июня 2025 года окончила очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила

Канта» (ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта») по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

На момент подачи документов в Диссертационный совет Лагунова Ольга Владимировна работала в должности младшего научного сотрудника Центра прикладной нелинейной динамики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» до 25 декабря 2025 года.

На момент защиты диссертации Лагунова О.В. (с 21.01.2026 г.) является самозанятой (вид деятельности «Обучение»).

Диссертация выполнена в Центре прикладной нелинейной динамики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта».

Научный руководитель – кандидат химических наук, Чупахин Евгений Геннадьевич, научный сотрудник федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта».

Официальные оппоненты:

Хаширова Светлана Юрьевна, доктор химических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения, член-корреспондент РАН, профессор, проректор по научно-исследовательской работе, главный научный сотрудник Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова»;

Казанцев Олег Анатольевич, доктор химических наук по специальности 05.17.04 – Технология органических веществ, профессор, заведующий кафедрой «Химические и пищевые технологии» Дзержинского политехнического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

дали положительные отзывы на диссертацию.

В положительном отзыве официального оппонента доктора химических наук **Хашировой Светланы Юрьевны** отмечается, что представленная диссертация является законченным, самостоятельным научно-квалификационным исследованием, в котором решена научная проблема, имеющая важное значение для развития химии высокомолекулярных соединений. Автор продемонстрировал глубокие теоретические знания, высокую экспериментальную культуру и способность к получению научных результатов, обладающих признаками новизны и практической значимости. Официальный оппонент заключает, что диссертация Лагуновой О. В. «Синтез новых сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами» соответствует всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ № 842), а её автор Лагунова Ольга Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

В отзыве Хаширова С. Ю. отмечает, что критические замечания и пожелания, носят сугубо конструктивный и дискуссионный характер и направлены на дальнейшее развитие данного важного направления. Они ни в коей мере не умаляют ценности представленной работы и полученных в ней научных результатов, но: 1. Разработанный многофункциональный гидрогель ПАК/Ce⁴⁺, сочетающий автоколебания и самовосстановление, является выдающимся достижением. Его способность к полному восстановлению за 120 минут впечатляет. Возникает вопрос, имеющий как фундаментальный, так и прикладной интерес: сохраняется ли автоколебательная функция после акта самовосстановления? Экспериментальная проверка того, восстанавливается ли не только целостность и прочность, но и синхронизация каталитических центров и периодический хемомеханический отклик в «залеченном» образце, могла бы стать логичным и сильным продолжением данного исследования.2.

В тексте указано: «Окисление иммобилизованного катализатора увеличивает сродство полимера к растворителю (воде)». Вероятно, имеет место опечатка, и предполагается «сродство полимера к растворителю». Также, при описании механизма на той же странице, для большей ясности стоило бы явно подчеркнуть, что ключевым фактором, меняющим сродство, является изменение заряда иммобилизованного комплекса ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ или $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$), которое влияет на электростатические взаимодействия с ионизированными/ионизируемыми группами полимера и, как следствие, на осмотическое давление. Это уточнение сделало бы объяснение более детальным для читателей, не являющихся узкими специалистами в области осциллирующих гелей. 3. Хотелось бы увидеть кривые зависимости степени набухания от температуры для всех гелей на основе N-изопропилакриламида, с целью определить различия в температурах объемного фазового перехода и влияния на амплитуду хемомеханического отклика.

Оппонент указал, что полученные результаты вносят существенный вклад в теорию сопряжения химических и механических процессов в «умных» полимерных сетках. Практические наработки – новые синтетические протоколы, материалы с заданными свойствами и методики анализа – готовы к внедрению как в исследовательскую практику, так и в учебный процесс для подготовки высококвалифицированных кадров в области химии полимеров и функционального материаловедения.

Поставленная в начале диссертации задача разработки нерутениевых автоколебательных систем является стратегической задачей, направленной на преодоление ключевых ограничений существующих прототипов – высокой стоимости, токсичности и низкой фотостабильности катализаторов на основе рутения. В отзыве подчеркнуто, что автором не просто воспроизведены известные подходы, а предложены и реализованы принципиально новые стратегии.

В положительном отзыве официального оппонента доктора химических наук **Казанцева Олега Анатольевича** подчеркнуто, что диссертационная работа Лагуновой О.В. «Синтез новых сшитых поли(N-

изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами» соответствует паспорту специальности 1.4.7. - Высокомолекулярные соединения (по пунктам 2 и 9). Работа по всем критериям (цельность и законченность, значение для научного направления, актуальность, уровень достигнутых научных и практических результатов, обоснованность научных положений и выводов) соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пунктами 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 г. №335). Автор диссертации, Лагунова Ольга Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. — Высокомолекулярные соединения (химические науки).

Официальный оппонент отмечает, что замечания не снижают обоснованности и важности основных результатов и научных положений диссертации, однако: 1. Несмотря на применение стимулчувствительных полимерных гелей (сополимеров НИПАА) в качестве важных компонентов исследуемых систем, информация о них в литературном обзоре дана только по нескольким работам, в которых они использованы для проведения реакции БЖ. Сведения о других свойствах гелей на основе сополимеров НИПАА представлены слишком обобщенно, при очень малом количестве ссылок и без анализа тех достижений в данной области, которые использованы и в данной диссертации. В итоге нет адекватного обоснования, почему именно термочувствительные гели ПНИПАА автор решил использовать — благодаря каким конкретно их свойствам - значениям НКТР? Но они даже не представлены в диссертации. Или выбор проведен просто по аналогии с известными литературными примерами? Кроме ПНИПАА, в последние 20 лет очень подробно изучены многие другие термочувствительные гидрогели, особенно на основе алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов, которые имеют целый ряд преимуществ — доступность, возможность легкого изменения гидрофильно-гидрофобного баланса и направленного

варьирования температур фазовых переходов (в случае водорастворимых полимеров) или температур коллапса (в случае гелей). 2. В экспериментальной части (п. 2.2.4) не указано - при каких температурах проводились реакция БЖ и изменялась ли температура геля на разных фазах реакции. Как этот фактор увязывается с термочувствительными свойствами ПНИПАА-гелей? Почему для исследованных ПНИПАА-гелей в работе не исследовались термочувствительные свойства? 3. Автором рассмотрено влияние гидрофобности лиганда на протекание реакции БЖ в ПНИПАА-гелях. Было бы логичным изучение влияния на протекание реакции в целом соотношения гидрофильности и гидрофобности полимерных матриц (а не только в их отдельно рассмотренных каталитических фрагментах). 4 В качестве второго типа использованных полимерных гелей выбрана сшитая ПАК и указано, что одним из оснований для этого стала рН- чувствительность таких гелей. Однако данные по рН-чувствительности ПАК- гелей и ее влиянию на особенности поведения исследуемых систем в диссертации отсутствуют — как литературные, так и экспериментальные (для синтезированных полимерных гелей). 5. На с. 90 в выводах по главе 2 утверждается, что «полученные результаты закладывают научную основу для целенаправленного дизайна высокоэффективных автономных хемомеханических систем...». По-моему, это чересчур оптимистичный вывод. Научные основы в данной работе только начали закладываться. Исследования нескольких образцов и получение одной корреляционной зависимости недостаточно для вывода о создании научных основ. Кроме необходимости выявления влияния сказанных в других замечаниях факторов, можно добавить и другие. Например, для обоих типов исследуемых полимерных гелей не изучено - как изменение степени сшивки и связанных с ней параметров гелей (без изменения состава сополимеров) повлияет на протекание реакции БЖ? 6. Есть замечание к форме изложения литературного обзора, который содержит немало неудачных формулировок. Приведу ряд примеров: «Однако некоторые понятия необходимо ввести для понимания происходящих процессов при

протекании.» (с. 12); «Если увеличивается исходное количество молекул N увеличивается в результате реакции, то скорость реакции $d[N]/dt$ — также должна увеличиваться в результате реакции, так как она пропорциональна N согласно закону действующих масс» (с. 12); «Ранняя работа [30], описывающая формирование структуры в реакции БЖ в гелеобразной среде (коллоидной мембране),, долгое время оставалась загадкой» (с. 14.); «В матрице геля могут удерживаться различные химические объекты — катализаторы, субстраты, заряженные группы, и даже физические препятствия» (с. 15), «Большинство гелевых матриц остаются без образования пузырьков . . .» (с. 16), «определенная молекулярная конструкция структуры полимерной сетки позволяет включать в гель свойства, чувствительные к раздражителям» (с.17) и т.д. На с. 17 в русский язык введено новое слово — «(пере)местоположении», на с. 18 введен новый термин — «сшивающая полимеризация», на с. 24 указано, что АМПС «сополимеризуется с сеткой геля» и т.п. Довольно много допущено ошибок и неточностей, связанных с использованием аббревиатур. Так, НКТР в Списке сокращений названа как «нижняя критическая точка растворимости» вместо «нижней критической температуры растворения»; использованных на с. 16 аббревиатур БЖБК (с. 16) и БЖКБК (с. 29) нет в списке сокращений; на с. 15 введена аббревиатура ПРНІІ (проточный реактор непрерывного действия), которая после этого ни разу в тексте не используется. Кстати, вся фраза с этой аббревиатурой звучит довольно загадочно: «Аналогично проточному реактору с непрерывным перемешиванием (ПРНП) в экспериментах с гомогенными жидкими системами непрерывные потоки реагентов и продуктов могут быть реализованы через гель, не нарушая структуру, формирующуюся в нем». Т.е. автор считает, что протекание реакций в стационарном геле аналогично протеканию реакций в ПРНП? По мнению оппонента, диссертация Лагуновой О.В. очень интересна в научном плане, в ней представлен и обсужден большой набор нетривиальных экспериментальных данных. В связи со сложностью и специфичностью объектов исследования, малой изученностью выбранного научного направления, для получения адекватных результатов

автору потребовалось не только разработать методы синтеза полимерных гелей нового типа, но и сформировать новый аналитический аппарат для исследования их свойств и протекания в них реакции БЖ. Поэтому достигнутые научные результаты можно оценить довольно высоко, и хотя выводов по работе сделано немного (3), но за каждым из них стоит решение очень непростой научной задачи.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» в своем положительном отзыве, составленном доктором химических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения, академиком РАН, заведующим кафедрой «Аналитическая, физическая химия и физико-химия полимеров» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Новаковым Иваном Александровичем, от 29.12.2025 (протокол №7) и утвержденном доктором химических наук, членом-корреспондентом РАН, профессором, исполняющим обязанности ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» Навроцким Александром Валентиновичем, указала, что диссертационная работа Лагуновой Ольги Владимировны «Синтез новых сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами» является логически завершенной научной работой, которая выполнена на высоком научном и экспериментальном уровне, по своей актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует пунктам 2 и 9 паспорта специальности 1.4.7. – Высокомолекулярные соединения и отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям. В диссертации содержится решение научной задачи разработки и экспериментального обоснования принципов целенаправленного синтеза автоколебательных сшитых полимерных гидрогелей с управляемыми хемомеханическими свойствами на основе

нерутениевых каталитических систем и установление взаимосвязей «химическое строение катализатора – архитектура полимерной сетки – функциональный отклик», имеющая существенное значение для химии высокомолекулярных соединений, соответствующая требованиям п. 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (в текущей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Лагунова Ольга Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. - Высокомолекулярные соединения.

При рассмотрении диссертационной работы ведущей организацией отмечено, что 1. В работе достаточно описана научная новизна, однако хотелось бы увидеть более конкретно области применения данных материалов. 2. В исследовании подробно изучено влияние лиганда в катализаторе на амплитуду отклика. Были ли проведены эксперименты или рассмотрены в обсуждении возможные кинетические эффекты, связанные с влиянием гидрофобности лиганда на скорость диффузии реагентов (BrO_3 , H^+ , малоновой кислоты) внутри полимерной сетки к каталитическому центру? 3. В Таблице 1 представлены данные по механическим свойствам гелей 3.1-3.4. Отмечается, что гель 3.4 с наибольшей амплитудой колебаний имеет наименьший модуль Юнга (668 Па). Каковы потенциальные ограничения по механической прочности и долговечности таких мягких материалов в условиях циклического нагружения? Рассматривалась ли возможность их упрочнения, например, за счет введения дополнительных нековалентных или динамических сшивок? 4. Изложение экспериментальной части работы должно позволять воспроизвести эксперимент. Этого в работе нет. 5. Замечания по оформлению работы, прежде всего, состоят в отступлении от требуемых правил обозначения рисунков и таблиц. Ссылки также оформлены не по ГОСТу. 6. Список литературы включает в себя в основном ссылки на зарубежные источники, ссылки на работы российских авторов носят единичный характер, и даже эти работы опубликованы 30-40 лет назад.

Возникает вопрос, а в современной России аналогичными исследованиями никто не занимается?

Ведущая организация считает, что все вышесказанные замечания носят скорее дискуссионный характер. Они не являются принципиальными, не снимают ценности выполненного научного исследования и не уменьшают общего хорошего впечатления от диссертационной работы. Ведущая организация подтверждает, что полученные результаты диссертационной работы Лагуновой Ольги Владимировны «Синтез новых сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами» представляют значительный интерес для научных коллективов, работающих в области функциональных полимерных материалов, мягкой робототехники и химического дизайна материалов и могут быть востребованы в Московском Государственном университете, Санкт-Петербургском Государственном университете, Санкт-Петербургском Государственном технологическом институте (техническом университете), Институте высокомолекулярных соединений (филиал ПИЯФ «Курчатовский институт»), Нижегородском Государственном университете и других организациях. Разработанные методологии синтеза и исследования могут быть также использованы в учебном процессе при подготовке магистров и аспирантов химических и материаловедческих специальностей. Синтезированные материалы перспективны для дальнейших прикладных исследований в рамках коллабораций с индустриальными партнерами.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 статьи. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В диссертации Лагуновой О. В. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты оригинальных исследований.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Lagunova, O. V.** Triple-crosslinked self-propelled hydrogel with self-

healing properties: preparation and characteristics / O. V. Lagunova, G. O. Molokanov, O. A. Dikaia, P. V. Shvets, A. Yu. Goikhman, E. G. Chupakhin // *Mendeleev Commun.* – 2025. – V. 35 (3). – P. 359-361. Авторский вклад заключался в разработке методики синтеза и непосредственно синтезе гидрогеля, исследовании хемомеханических свойств и свойств самовосстановления, интерпретации спектров и написании текста статьи, ответ рецензентам.

2. **Lagunova, O. V.** Non-ruthenium catalysts based self-oscillating gels driven by the Belousov-Zhabotinsky reaction / O. V. Lagunova, E. G. Chupakhin, I. L. Mallphanov // *Pure and Applied Chemistry.* – 2026. – V. 98. (1). – P. 9-25. Авторский вклад состоял в методической разработке идеи обзора нерутениевых автоколебательных гелей, написании текста статьи, ответ рецензентам.

3. Мальфанов И. Л. Автономные автоколебательные хемомеханические гели: последние достижения и перспективы развития / И. Л. Мальфанов, Е. Г. Чупахин, **О. В. Лагунова**, А. И. Лаврова // *Успехи химии.* – 2025. – Т. 94 (11). – С. 51-91. Авторский вклад состоял в обсуждении и редактировании текста статьи и иллюстраций, заключения и выводов по каждой части.

4. **Lagunova, O. V.** Fe(bathophen)₂(phen)-based self-oscillating gel driven by the Belousov–Zhabotinsky reaction / O. V. Lagunova, V. K. Vanag, I. L. Mallphanov // *Mendeleev Commun.* – 2023. – V. 33 (5). – P. 686–688. Авторский вклад заключался в синтезе мономеров и гидрогеля, исследовании хемомеханических свойств, интерпретации спектров, написание и редактирование текста статьи.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2024665748. Регистрация каталитической активности по данным разности потенциалов электродов в процессе химической реакции, протекаемой в растворе / **О. Лагунова**, П. С. Смелов (RU); правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта». – № 2024664612 ; заявл. 25.06.2024 ; опубл. 05.07.2024. – 1 с.

Авторский вклад заключался в экспериментальной проверке работоспособности программного обеспечения в БЖ смесях различного состава, текстовом описании результатов РИД.

На автореферат поступило 3 отзыва.

1) Отзыв **Березина Михаила Петровича**, доктора химических наук (02.00.06 – высокомолекулярные соединения), старшего научного сотрудника отдела полимеров и композиционных материалов, лаборатории радикальной полимеризации ФГБУН Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии РАН (ФИЦ ПХФ и МХ РАН). Отзыв на автореферат положительный. По мнению автора отзыва, прекрасно выполненная экспериментальная работа, к сожалению, изобилует погрешностями и не стыковками в русском языке (падежные окончания – «Рисунок 7», стр. 12; несогласованные предложения, стр. 10, 16; не дается расшифровка аббревиатуры «ЦАН», «...составом», стр. 17; оформление табл. 2, подстрочники и т. д.). Автором отзыва отмечается, что все вышеперечисленные замечания не носят принципиального характера и не снижают ценности проведенного исследования. В целом диссертантом выполнена исследовательская работа высокого экспериментального и научного уровня.

2) Отзыв **Каблова Виктора Федоровича**, доктора технических наук (05.17.12 – Технология переработки синтетических и природных полимеров и композитов), профессора Волжского политехнического института (филиала) ВолГТУ. Отзыв на автореферат положительный, имеется замечание, что автору следовало бы конкретизировать применение разработанных материалов в конкретных технических устройствах.

3) Отзыв **Колесова Сергея Викторовича**, доктора химических наук (02.00.06 – высокомолекулярные соединения), профессора, главного научного сотрудника лаборатории полимерной химии Уфимского института химии – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (УФИХ УФИЦ РАН). Отзыв на автореферат положительный. Есть ряд формальных замечаний, по мнению автора, не оказывающих влияния на положительную оценку работы:

1. В тексте на с. 10 реферата указан в скобках (Комплекс 4). На рис. 3 обозначения комплекса нет, но указано, что на его основе получен ряд гидрогелей. На рисунке приведена лишь структура, а из подписи совершенно неясно, чем различается ряд гидрогелей. Там же в записи «Реагенты и условия» приведены только реагенты, а условий нет (это же относится к рисунку 6). Ясность вносят рисунки 5 и 6, но они на с. 12, 13. Кстати, там комплексы тоже без нумерации. 2. Если МК в подписях к рисункам 4 и 7 обозначает малоновую кислоту, то в подписи к рисунку 1 она обозначена как МА.

Автор отзыва считает, что соискатель выполнил оригинальное исследование в актуальной и научно значимой области полимерной химии – синтезе акриловых гидрогелей с управляемыми функциональными свойствами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации по диссертации проводился из числа специалистов, компетентных в соответствующих отраслях науки, а именно в области высокомолекулярных соединений, обосновывался их публикационной активностью в данных областях и способностью дать профессиональную оценку новизны и научно-практической значимости рассматриваемого диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

разработана методика одностадийного синтеза многофункционального гидрогеля на основе полиакриловой кислоты и ионов Se^{4+} , сочетающего свойства хемомеханического актуатора, способного к автономным циклическим деформациям, со способностью к самовосстановлению;

предложена новая методика подготовки образцов гидрогелей для сканирующей электронной микроскопии, исключающая стадию лиофильной сушки и позволяющая анализировать нативную морфологию гидрогелей;

доказана взаимосвязь амплитуды периодических хемомеханических деформаций поли(N-изопропилакриламидных) сеток, вызываемых редокс-процессами, с увеличением гидрофобности лиганда в иммобилизованном металлокомплексе.

Новых понятий и терминов не вводилось.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность предложенной стратегии дизайна новых полимерных материалов на основе сшитых поли(N-изопропилакриламидных) гидрогелей с заданными автоколебательными характеристиками;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс физико-химических и спектральных методов анализа, включая спектроскопию ЯМР, масс-спектрометрию, элементный анализ, спектроскопия в УФ и видимой области, спектроскопия комбинационного рассеяния света, СЭМ/ЭДС, потенциометрия, оптическая микроскопия, ВЭЖХ, оптико-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой;

изложена методика создания автоколебательного геля, обладающего уникальной многофункциональностью полученной системы, сочетающей хемомеханический отклик со способностью к самовосстановлению;

раскрыто влияние увеличенной гидрофобности, приводящей к рекордному для нерутениевых систем значению амплитуды колебаний для комплекса железа с батофенантролином;

изучена и экспериментально подтверждена гипотеза, согласно которой амплитуда хемомеханических колебаний в ПНИПАМ-гелях, катализируемых комплексами железа, определяется гидрофобно-гидрофильным балансом лиганда в составе иммобилизованного катализатора;

проведена модернизация методики исследования автоколебательных гелей: метод сканирующей электронной микроскопии без стадии лиофильной сушки для анализа нативной морфологии и программное обеспечение для мониторинга кинетики реакции Белоусова-Жаботинского.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена в лабораторную практику методика синтеза нового класса автоколебательных материалов на основе координационных соединений железа с функционализированными лигандами,

обеспечивающими их иммобилизацию в трехмерную полимерную сетку ПНИПАМ;

определена потенциальная прикладная значимость результатов как возможность использования полученных гидрогелей в качестве мягких автономных актуаторов, не требующих внешних источников электрической энергии;

создана система практических рекомендаций по увеличению амплитуды хемомеханического отклика автоколебательных гидрогелей;

представлены сведения о спектральных характеристиках полученных соединений, данные исследования кинетики хемомеханического отклика гидрогелей, распределения размеров пор и характеристики упругости в зависимости от строения и гидрофобности лигандов в металлокомплексных звеньях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены с применением современных физико-химических методов исследования с использованием комплекса современного сертифицированного оборудования.

Теория построена на достоверных, воспроизводимых экспериментальных данных и согласуется с общими принципами химии высокомолекулярных соединений;

идея базируется на критическом анализе литературных данных о высокомолекулярных системах с автоколебательной функциональностью, индуцируемой колебательными химическими реакциями;

использовано сравнение авторских данных с накопленной в научной литературе информацией о методах синтеза и свойствах сшитых поли(N-изопропилакриламидных) и полиакрилатных гидрогелей с автоколебательными свойствами;

установлено соответствие авторских результатов по зависимости модуля упругости полученных гидрогелей с амплитудой механического отклика при протекании колебательной реакции с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки научной

информации, включая поисковые системы SciFinder, Reaxys, электронные библиотеки издательств Springer, Thieme, RSC, Wiley, базы данных Американского химического общества (ACS) и библиотеку Elibrary.ru.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии соискателя в получении и обработке исходных данных, выполнении научных экспериментов, личном участии в апробации результатов исследования на международном уровне, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критические замечания высказаны не были, соискателю были заданы следующие вопросы: 1. Ваше видео и графики они не дают количественные характеристики механохимических свойств. Есть ли какие-то измерения силы, которые развиваются образцом? Есть ли какая-то не анизотропия этого движения и можно ли её сформировать? 2. Сохраняться ли хемомеханические свойства данного геля при разделении на более мелкие образцы? 3. Каковы условия самовосстановления гидрогеля? 4. Разъясните механизм и энергетику передачи энергии химической реакции на химические связи? 5. В какой момент происходит окончание колебаний? 6. Где в настоящей работе использовалось разработанное программное обеспечение? 7. Вероятно на слайде опечатка, церий тут трехвалентен или двухвалентен? 8. Пробовали ли Вы менять концентрацию катализатора в геле и какие эффекты при этом происходят? 8. Как влияет температура на все процессы? 9. Влияет ли степень окисления железа на окружение, ведь железо трехвалентное и двухвалентное по-разному взаимодействует с фенантролином? 10. Попытки выявить каталитическую активность комплексов каких ионов лантоноидов предпринимались? 11. Зависят ли автоколебательные характеристики ваших гидрогелей от формфактора? 12. Вы пытались проводить ускоренную видео съёмку самого процесса сокращения? 13. Как связан процесс выбрасывания воды с гидрофобностью лиганда? 14. Что вы подразумеваете под понятием «гидрофобность»? 15. Как происходило моделирование гидрофобности в ChemDraw и SwissAdme? 16. С чем связаны дополнительные колебания на графике у геля 3? Это воспроизводится? 17. Одна точка зрения, что при

сжатии этот образец выбрасывает воду. То есть движение происходит по принципу реактивного движения. Но с другой стороны, этот образец лежит на поверхности, и он может отталкиваться при изменении размера за счет того, что в разных участках различается коэффициент трения. Но в этом случае непонятно тогда, почему при сжатии он обратно не возвращается. Как Вы объясняете себе механику этого движения? 18. Как изменение степени шифра влияет на протекание колебательной реакции? 19. Как pH-среды влияют на поведение этой системы? Поскольку вы много говорите о гидрофобности, как pH-среды будут влиять на эту систему? 19. На восьмом слайде синтезируется мономер, который дальше полимеризуется. Выход? 21. Строго у вас в каждом мономерном звене содержится металлоорганический фрагмент? 22. Однозначно ли у Вас доказано строение конечного комплекса ПМР?

Соискатель Лагунова О. В. аргументировано ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы: 1. Количественно расчеты механической энергии не проводились. Анизотропию можно попробовать сформировать сочетанием гелей с различной концентрацией катализатора в различных участках и формой. 2. Да, сохраняться с учетом ограничения по размерам, слишком мелкие могут не находиться в возбужденном состоянии, более крупные иметь одновременно и сужающиеся и расширяющиеся области. 3. Необходимо предотвращать высыхания образца, для этого использовалась пищевая пленка. 4. Мы считаем, что основной причиной хемомеханики являются окислительно восстановительные переходы каталитических центров и коррелирующее с этим изменение гидрофобности. 5. Окончание колебаний происходит при исчерпании реагентов – например малоновая кислоты может удаляться в виде углекислого газа, также при накоплении критической массы ингибитора – брома. 6. ПО использовалось при проведении скрининга каталитической способности ионов лантаноидов и их комплексов. 7. Верно, опечатка, церий четырехвалентен. 8. Да, пробовали. Были проведены исследования с мольным содержанием катализатора до 1,2 процента, выявлены интересные эффекты, вплоть до «обратимости» хемомеханики, исследование которых предполагается в будущих экспериментах. 8. Было выявлено, что температура объемного фазового перехода не оказывает решающего влияния на

хемомеханику, изучения температуры внутри геля при протекании реакции БЖ не проводилось, все эксперименты проводили при температуре 23 градуса по Цельсию. 9. Да, несомненно влияет, однако количественно мы это не исследовали, основной влияющей причиной мы считаем влияние степени окисления на гидрофобно-гидрофильный баланс и образование дополнительных сшивок. 10. Самарий, Европий, Этербий. Точный список можно увидеть в работе. 11. Зависят в значительной степени, поэтому для начала было решено остановиться при исследовании на приблизительно шарообразных образцах. 12. Да, основным методом исследования является видеозапись оптической микроскопии, точную точку начала осцилляций сложно определить из-за непрозрачности образца. 13. Гидрофобность лиганда влияет и на частоту, и на амплитуду хемомеханики, однако мы изучали влияние на один изолированный фактор – размер механического отклика. 14. Мы подразумеваем «средство к воде». 15. От меня требовалось только нарисовать формулу в программном обеспечении и дальше внутренние алгоритмы выдавали наиболее релевантный результат. 16. Пики связаны с «рывковыми» изменениями размера. Это воспроизводится. 17. Данный гель не на поверхности. Соответственно, учитывать коэффициенты трения мы не стали в данной работе. Он находится в толще БЖ-смеси без катализатора. Как я уже говорила, в таких гелях пористых, это уже речь про конвенцию больше, чем про диффузию. Диффузия является ограничивающим фактором для перехода в жидкости в этом геле. Дополнительные динамические сшивки влияют на изменение степени набухания полимера. 18. Количественных подробных исследований конкретно с этими материалами не было. Был выбран модельный образец, который точно проявляет автоколебательное поведение. Мы не можем бесконечно увеличивать степень сшивки, поскольку в дальнейшем не будет хемомеханики. Будет автоколебательный гель, который изменяет свой цвет с красного по синий, но это жесткая структура, которая не способна к изменению своего размера. 19. Если взять слишком низкий рН, то у нас получится разложение нашего полимера и катализатора. Если взять слишком высокий рН, то не начнет протекать БЖ-реакция. Поэтому это был очень узкий, выбранный экспериментально промежуток. 20.

Около 80%. 21. Нет, только 0,7% статистически по отношению к исходному мономеру, к изопропилакриламиду. 22. ПМР-спектр показал достаточно хорошее разделение их при хроматографии. Однако, мы полностью не исключаем образование, например, для батофенантролинового комплекса образование такого комплекса, когда у нас два лиганда 5-акриламидо-1,10-фенотролин и один лиганд - батофенантролин.

На заседании **11 февраля 2026 г.** диссертационный совет постановил: за разработку автоколебательных сшитых полимерных гидрогелей с управляемыми хемомеханическими свойствами на основе нерутениевых каталитических систем и установление взаимосвязи «химическое строение катализатора — функциональный отклик», **присудить Лагуновой Ольге Владимировне** ученую степень кандидата химических наук по специальности **1.4.7. – Высокомолекулярные соединения.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, участвующих в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 чел., проголосовали за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Федоров Алексей Юрьевич

Замышляева Ольга Георгиевна

11 февраля 2026 г.