

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 20 марта 2025 г. № 7

О присуждении Лобановой Карине Сергеевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез сополимеров коллагена и (мет)акриловых мономеров в присутствии борорганических соединений», в виде рукописи, по специальности 1.4.7. Высокмолекулярные соединения (химические науки) принята к защите 10 января 2025 г. (протокол заседания № 2) 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.

Соискатель, Лобанова Карина Сергеевна, 1997 года рождения, в 2020 году окончила специалитет ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» по

направлению 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

В 2024 г. соискатель окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки. Диплом об окончании аспирантуры № 105204 0057968 выдан 02.10.2024.

Диссертация выполнена на кафедре органической химии химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского».

Научный руководитель – кандидат химических наук Кузнецова Юлия Леонидовна, доцент кафедры органической химии химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

Заремский Михаил Юрьевич, доктор химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки), ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией полимеризационных процессов кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

Курочкин Сергей Александрович, кандидат химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки), ведущий научный сотрудник лаборатории радикальной полимеризации Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный

исследовательский технологический университет» в своем положительном отзыве, подписанном доктором химических наук профессором кафедры технологии синтетического каучука Давлетбаевой Ильсией Муллаяновной, кандидатом химических наук, доцентом, заведующей кафедрой технологии синтетического каучука ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Сафиуллиной Татьяной Рустамовной, утвержденном и.о. проректора по научной работе и инновациям, профессором, доктором технических наук Гильмутдиновым Ильфаром Маликовичем, указали, что по своей актуальности, научной новизне, практической значимости и уровню исполнения диссертационная работа Лобановой К.С. «Синтез сополимеров коллагена и (мет)акриловых мономеров в присутствии борорганических соединений», соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени кандидата химических наук, а ее автор, Лобанова Карина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки). При рассмотрении диссертационной работы у ведущей организации возник ряд вопросов и замечаний: 1. В литературном обзоре встречаются схемы, взятые из англоязычных источников. Однако подписи к ним представлены попеременно на английском и русском языках. Кроме того, как на схемах (к примеру, схемы 24-27), так и в сопроводительном тексте к ним отсутствуют библиографические ссылки. 2. На странице 69 приведено описание разрывной машины, но не приведена оценка ошибки эксперимента. В то же время в таблице 16 механических свойств пленок со(полимеров) коллагена и ПАА точность измерений удлинения при разрыве достигает двух знаков после запятой. 3. На рисунке 21 приведена кривая ДСК сополимера, полученного полимеризацией ММА в присутствии ТББ и коллагена. В таблице 7 приведены температуры стеклования гомополимеров и привитых сополимеров коллаген-ПММА,

синтезированных при различных температурах синтеза. Имея в виду значения полученных результатов, следовало бы привести все экспериментальные кривые. Кроме того, обозначения температуры на оси абсцисс рисунка 21 не корректны и не совпадают с тем же обозначением температуры, приведённым в таблице 7. 4. Автор использует в работе термин «терполимер» для обозначения сополимеров коллаген-пектин-(мет)акрилат (ММА и АА). В рамках классического понятия терполимер — это химическое соединение, которое получается в результате полимеризации трёх разных мономеров. Корректнее в данном случае, видимо, использовать термин привитой сополимер. 5. В третьей главе автор дает обоснование выбора морского коллагена как объекта исследования. В то же время выбор второго природного полимера – пектина – автор никак не обосновывает. Почему из широкого спектра полисахаридов, которые также широко используются в получении материалов для медицины (хитозан, агар-агар, наноцеллюлоза и др.), выбран пектин – не совсем понятно. Сделанные замечания не имеют принципиального характера и не портят общее положительное впечатление о работе.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

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

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Кузнецова, Ю.Л. Особенности формирования 3d-структур для регенеративной медицины на основе коллагена, пектина и акриловых мономеров в присутствии комплекса триэтилбора с гексаметилендиамином / Ю.Л. Кузнецова, **К.С. Лобанова**, К.С. Гущина, Н.В. Ведерникова, В.О. Румянцева, А.В. Митин, К.П. Хмелевский, А.С. Вавилова, Л.Л. Семенычева // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2024. – № 10. – С. 17-26. Авторский вклад состоит в осуществлении Лобановой К.С. синтеза сополимеров

коллаген-пектин-(мет)акрилат, их анализа, участия в обсуждении результатов и написании статьи.

2. Kuznetsova, Yu.L. Graft Polymerization of Acrylamide in an Aqueous Dispersion of Collagen in the Presence of Tributylborane / Yu.L. Kuznetsova, **K.S. Sustaeva (Lobanova)**, A.V. Mitin, E.A. Zakharychev, M.N. Egorikhina, V.O. Chasova, E.A. Farafontova, I.I. Kobyakova, L.L. Semenycheva // *Polymers.* – 2022. – V. 14. – № 22. – P. 4900-4914. Авторский вклад состоит в осуществлении Лобановой К.С. синтеза сополимеров коллаген-полиакриламид, их анализа, участия в обсуждении результатов и написании статьи.

3. Kuznetsova, Yu.L. Tributylborane in the synthesis of graft copolymers of collagen and polymethyl methacrylate / Yu.L. Kuznetsova, E.A. Morozova, **K.S. Sustaeva (Lobanova)**, A.V. Markin, A.V. Mitin, M.A. Batenykin, E.V. Salomatina, M.P. Shurygina, K.S. Gushchina, M.I. Pryazhnikova, L.L. Semenycheva // *Russian Chemical Bulletin.* – 2022. – № 2. – V. 71. – P. 389-398. Авторский вклад состоит в осуществлении Лобановой К.С. синтеза сополимеров коллаген-полиметилметакрилат, их анализа, участия в обсуждении результатов и написании статьи.

4. Kuznetsova, Yu.L. Tributylborane in the synthesis of graft-copolymers of gelatin and acrylamide / Yu.L. Kuznetsova, **K.S. Sustaeva (Lobanova)**, A.S. Vavilova, A.V. Markin, DV. Lyakaev, A.V. Mitin, L.L. Semenycheva // *Journal of Organometallic Chemistry.* - 2020. – V. 924. – P. 121431-121453. Авторский вклад состоит в осуществлении Лобановой К.С. синтеза сополимеров желатин-полиакриламид, их анализа, участия в обсуждении результатов и написании статьи.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

Отзыв официального оппонента, доктора химических наук (1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки)) **Заремского Михаила Юрьевича**, ведущего научного сотрудника, заведующего лабораторией полимеризационных процессов кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Отзыв на диссертацию положительный. В отзыве отмечается, что диссертация Лобановой К.С. «Синтез сополимеров коллагена и (мет)акриловых мономеров в присутствии борорганических соединений» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (пункты 9-14) в действующей редакции, а ее автор, Лобанова Карина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения. Имеются вопросы и замечания: 1. Литобзор занимает 48 страниц, это много для кандидатской диссертации и рассеивает внимание. Его вполне можно было сократить, можно было убрать всю часть с полимеризацией под действием боранов в сочетании с хинонами и перекисями сурьмы. 2. Экспериментальная часть содержит так много методик, что некоторые из них потерялись. Так, – не указано, какие дополнительные сшиватели использовали при получении сшитых продуктов; – нет описания, как проводили полимеризацию в тройных системах коллаген-ПЭГ-ММА; – отсутствует информация о том, как готовили пленки для механических испытаний. 3. Есть и терминологические неточности. Строго говоря, бороксильные и семихиноидные радикалы нельзя относить к классу стабильных, они неактивные. 4. Основной недостаток работы, на мой взгляд, в отсутствии информации о кинетике процесса прививки. А это важно. Почти все (за исключением представленного на рис. 19) опыты по прививке идут в течение одного времени. В Экспериментальной части указано, что оно составляет 3 ч. В подписях к рисункам и таблицам время процесса, за редким исключением, не указано. Возникают вопросы. Почему выбрано именно это время? Почему время прививки одно и то же при разных температурах, концентрациях, различных субстратах? Изменяются ли свойства сополимеров, если увеличить или уменьшить время полимеризации? 5. В диссертационной работе о структуре

полученных сополимеров делали выводы из анализа лиофильно высушенных полимеров. Насколько правомочно отождествлять структуру лиофильно высушенных полимеров с реальной, формирующейся в ходе синтеза? Априори можно ожидать, что изменятся и морфология, и размеры пор. Всем известно, что такой полимер, как ПММА – стеклообразный и непористый. Однако будучи лиофильно высушенным, он оказывается пористым. По мнению оппонента, высказанные замечания носят частный характер и не затрагивают основных фундаментальных результатов и выводов работы. Экспериментальные результаты достоверны и оригинальны, выводы адекватно отражают полученные результаты. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации.

Отзыв официального оппонента, кандидата химических наук (1.4.7 Высокомолекулярные соединения (химические науки)), **Курочкина Сергея Александровича**, ведущего научного сотрудника лаборатории радикальной полимеризации Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН». Отзыв на диссертацию положительный. В отзыве отмечается, что диссертационная работа диссертация Лобановой К.С. «Синтез сополимеров коллагена и (мет)акриловых мономеров в присутствии борорганических соединений» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (п. 9-14) в действующей редакции, а ее автор, Лобанова Карина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения. Имеются вопросы и замечания: 1. В литобзоре некоторые примеры относятся не к привитым сополимерам коллагена/желатина, полученным радикальной полимеризацией при вещественном иницировании, а к взаимопроникающим сеткам [24] или к полимерным сеткам, стабилизирующим раствор желатина [42]. 2. В литобзоре автор диссертации вместо давно устоявшегося термина

«растущий макрорадикал» использует прямой перевод с английского «распространяющийся макрорадикал» (стр. 31), или вместо «агент передачи цепи» – «агент переноса цепи» (стр. 38). 3. Ни в экспериментальной части, ни в целом по тексту диссертации не показана химическая структура комплекса триэтилбор гексаметилендиамин (ТЭБ-ГМДА), а также применяемого в эксперименте трибутилбора (ТББ), в частности так и осталась не раскрытой химическая структура бутильного заместителя (н-бутил-, изобутил- или трет-бутил-). 4. Также в главе 2 отсутствует раздел 2.3 при наличии раздела 2.4. 5. В диссертации не дано определение эффективности прививки (ЭП). Только после многостраничного прочтения диссертации становится понятно, что автор подразумевает под этой величиной массовую долю привитого полимера в сополимере. Однако, под эффективностью прививки может подразумеваться отношение массы привитого полимера к массе прореагировавшего мономера, особенно при образовании гомополимера. 6. В случае несинхронного начала роста привитых полимерных цепей (стр. 95) при реализации режима «живых» цепей должны наблюдаться разные молекулярные массы привитых цепей не только в начале полимеризации, но и при более высоких конверсиях мономера. Именно синхронность начала роста всех полимерных цепей обеспечивает узкое молекулярно-массовое распределение полимеров, получаемых методами контролируемой радикальной полимеризации. По-видимому, в изучаемых системах существует фактор, ограничивающий рост полимерных цепей при достижении некоторой предельной степени полимеризации. 7. В начале утверждалось, что низкая температура полимеризации – это преимущество применения алкилборанов, поскольку она позволяет избежать денатурации коллагена (стр. 84), а в выводах к разделу 1 Главы 3 автор делает заключение, что самая высокая температура из изученных является предпочтительной. 8. К сожалению, автором диссертации не обоснован выбор пектина в качестве второго природного полимера и переход от ТББ к комплексу триэтилбор гексаметилендиамин (ТЭБ-ГМДА) в качестве иницирующего алкилборана. 9. В диссертации не дается объяснения, почему после 3 часов влагопоглощение

сополимерами коллагена и акриламида достигает предельных величин 300-450% (см. рис. 55), но после 24 часов влагопоглощение увеличивается до ~600-800%, что свидетельствует либо о структурной/морфологической неоднородности сополимеров, либо о протекании процессов, связанных со структурными/морфологическими изменениями в набухших гидрогелях. По мнению оппонента, несмотря на указанные выше замечания, в совокупности диссертация представляет собой законченный научный труд, в котором решена сложная и важная для полимерной науки задача установления взаимосвязи между условиями синтеза и свойствами гибридных материалов на основе коллагена, а также изложены научно обоснованные разработки, имеющие существенное значение для регенеративной медицины.

На автореферат поступило 4 отзыва.

1) Отзыв доктора химических наук (1.4.7. Высокомолекулярные соединения) **Брюзгина Евгения Викторовича**, профессора кафедры «Технология высокомолекулярных и волокнистых материалов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Отзыв на автореферат положительный. Имеются следующие замечания: 1. В автореферате не приводится информации о методах оценки остаточного содержания борорганических соединений в получаемых сополимерах. 2. Чем объясняется полимодальность кривых молекулярно-массового распределения для привитого полиметилметакрилата, приведенных на рис. 4? 3. Следовало бы сравнить свойства полученных гидрогелей с существующими материалами на основе других природных полимеров, например, хитозана или гиалуроновой кислоты. По мнению автора отзыва, эти замечания носят рекомендательный характер и не снижают общую высокую оценку работы.

2) Отзыв доктора химических наук (05.17.04. Технология продуктов тяжелого (или основного) органического синтеза) **Казанцева Олега Анатольевича**, профессора, заведующего кафедрой «Химические и пищевые технологии» Дзержинского политехнического института филиала Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.

Алексеева. Отзыв на автореферат положительный. В качестве замечаний отмечено, что на с. 17-19 автор отмечает, что выявлена токсичность ряда образцов полимеров, но она снимается длительной отмывкой остаточных мономеров. С учетом этого и предлагаемого применения полимеров в регенеративной медицине, необходимо было разработать методику анализа содержания остаточных мономеров в образцах и определить допустимые содержания для применения в регенеративной медицине. В качестве предложения для обсуждения на защите - вывод №2 логично было бы дополнить обобщением по влиянию природы привитых полимерных цепей - гидрофобных (полиММА), гидрофильных (ПАА) и амфифильных (полиНИПА) - на свойства модифицированных коллагенов. По мнению автора отзыва, полученные результаты изложены ясно, логично, оформление автореферата, количество и качество публикаций соответствует предъявляемым требованиям.

3) Отзыв кандидата химических наук (1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки)), **Лудина Дмитрия Владимировича**, заместителя главного конструктора Общества с ограниченной ответственностью «Поликетон» (ООО «Поликетон»). Отзыв на автореферат положительный. Имеются следующие замечания: 1. Автор предполагает, что в реакционной системе может реализовываться два способа инициирования полимеризации параллельно. Первый способ связан с расщеплением связей С–В и образованием О-диалкилборил производных оксипролина. Вторым способом – автоокисление триалкилборана кислородом воздуха. Несомненно, что эти реакции характеризуются различными активационными барьерами, к тому же проведение синтеза в водных растворах будет способствовать образованию плотной сольватной оболочки у макромолекул коллагена. Может ли автор предположить, как между собой будут соотноситься эти два механизма инициирования привитой сополимеризации? 2. В качестве подтверждения протекания реакции борирования коллагена автор приводит факт образования бутана, зафиксированный с помощью хромато-масс-спектрометрии, однако было бы полезно рассмотреть динамику накопления углеводорода, поскольку образование бутана может быть связано с протеканием превращений

трибутилборана в паровой фазе. 3. В таблицах 1 и 3 автореферата приводятся значения температур расстеклования (T_g) гомополимеров и продуктов сополимеризации. В процессе нагревания коллагена в калориметре будет протекать ряд превращений белковых макромолекул, в частности денатурация. Справедливо ли относить $T_g = 190^\circ\text{C}$ к температуре расстеклования коллагена? Здесь же стоит отметить и величины T_g сополимеров, достаточно близкие к температуре расстеклования полиметилметакрилата (табл. 1). С чем может быть связано уменьшение величины T_g сополимеров полиакриламида в сравнении с гомополимерами (табл. 3)? 4. По мнению автора, полимеризация виниловых мономеров в присутствии смеси пектина и коллагена приводит к образованию терполимеров. Какая из схем инициирования полимеризации реализуется с большей вероятностью в данном случае? Каким образом можно было бы установить состав продукта реакции? По завершении данной реакции, возможно ли отделить продукты от не прореагировавших исходных веществ (имеется в виду коллаген и пектин)? По мнению автора отзыва, высказанные замечания не нарушают положительного впечатления от работы.

4) Отзыв доктора химических наук (1.4.7. Высокомолекулярные соединения), **Якиманского Александра Вадимовича**, и.о. директора Филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - Институт высокомолекулярных соединений. Отзыв на автореферат положительный. Имеются следующие замечания: 1. На стр. 7 указано, что «Увеличение доли привитого мономера (от 2 до 47.6% - прим. рецензента) при последовательном введении компонентов свидетельствует о том, что при добавлении ТББ к желатину образуется дополнительный инициатор». Но и при одновременном введении ТББ и ММА эффективность прививки возрастает «от 2 до 60% при увеличении концентрации ТББ от 1 до 4 мол. %». 2. Автор отмечает там же, на стр. 7, что при одновременном введении ТББ и ММА «в ММР продуктов синтеза появляется дополнительная высокомолекулярная мода, отвечающая сополимеру» (рис. 1). Но при последовательном введении ТБА и ММА эта мода,

отвечающая сополимеру, отсутствует (рис. 2). Это противоречие, бросающееся в глаза, следовало бы пояснить. 3. В разделе 3 автореферата автор рассматривает привитую полимеризацию АА и ММА на смесь коллагена и пектина, но говорит о получении терполимеров коллаген-пектин-(мет)акрилат. Это предполагает наличие ковалентных связей между коллагеном и пектином, о природе которых в автореферате ничего не говорится. 4. В автореферате не указано, почему светопропускание синтезированных полимеров является важным свойством, которое отмечено в выводе 2. Оппонент подчеркивает, что сделанные им замечания носят редакционный или дискуссионный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации по диссертации проводился из числа специалистов, компетентных в соответствующих отраслях науки, а именно в области химии 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:

разработан метод синтеза гибридных сополимеров на основе (мет)акриловых мономеров и природных полимеров (коллаген, пектин) в присутствии триалкилборанов и созданы лабораторные образцы материалов для регенеративной медицины на их основе;

предложен подход к прививке (мет)акриловых мономеров на коллаген и денатурированный коллаген - желатин в присутствии триалкилборанов, позволяющий сочетать два пути прививки «grafting from» и «grafting to»;

доказана возможность применения полученных гидрогелей в качестве основы для роста клеток дермальных фибробластов человека.

Новых понятий и терминов не вводилось.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность синтеза привитых сополимеров коллагена и (мет)акриловых мономеров в присутствии триалкилборанов, определены условия формирования гидрогелей на основе полученных сополимеров, оценены их состав, морфология, влагопоглощение, пористость и цитотоксичность.

Применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс физико-химических методов анализа, включая гель-проникающую хроматографию, инфракрасную спектроскопию, спектроскопию ядерного магнитного резонанса, хромато-масс-спектрометрию, дифференциально-сканирующую калориметрию, термогравиметрию, растровую электронную микроскопию, атомно-силовую микроскопию, элементный анализ; пропускание пленок сополимеров изучено с помощью спектрофотометра; смачиваемость поверхности – микроскопа; механические свойства – разрывной машины; цитотоксичность исследована методом МТТ-теста *in vitro* на клеточных культурах дермальных фибробластов человека, состояние клеток оценивалось с помощью инвертированного микроскопа.

изложены подходы, позволяющие с использованием триалкилборанов, синтезировать привитые сополимеры коллаген-(мет)акриловый мономер и коллаген-пектин-(мет)акриловый мономер;

раскрыто влияние природы мономера на эффективность прививки, морфологию, цитотоксичность сополимеров;

изучена зависимость эффективности прививки от концентрации мономера, природных полимеров и соотношения алкилборан/природный субстрат.

Проведена модернизация методик формирования скаффолдов, позволяющих снизить цитотоксический эффект на культуры дермальных фибробластов человека.

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

разработаны и внедрены в лабораторную практику методики синтеза привитых сополимеров на основе (мет)акриловых мономеров и природных полимеров (коллаген, пектин) в присутствии триалкилборанов;

определена зависимость морфологии сополимеров и свойств (гидрофильности, пропускания, прочности на разрыв) пленок сополимеров от термических условий проведения реакции;

создана система практических рекомендаций по синтезу привитых сополимеров (мет)акриловых мономеров и природных полимеров (коллаген, пектин) в присутствии триалкилборанов, способам создания скаффолдов на их основе;

представлены сведения об особенностях синтеза, состава, структуры, цитотоксичности полученных в ходе работы гидрогелей на основе сополимеров коллаген-(мет)акрилат и коллаген-пектин-(мет)акрилат.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены с применением современных физико-химических методов исследования и с использованием комплекса современного оборудования, включающего высокоэффективный жидкостный хроматограф CTO20A/20AC Shimadzu, хромато-масс-спектрометр QP-2010 Shimadzu, ЯМР-спектрометр Agilent DD2 400, ИК-спектрометр Prestige-21-Shimadzu, растровый электронный микроскоп JEOL JSM-IT300LV, калориметр DSC204F1 Netzsch Gerätebau, термомикровесы NETZSCH Gerätebau TG 209 F1 Iris, микроскоп Solver P47 (“НТ-МДТ”), микроскоп Levenhuk DTX 30, инвертированный микроскоп «Leica DM IL» Leica Microsystems, разрывная машина Shimadzu, элементный анализатор vario EL Cube, спектрофотометр «СФ-56» ЛОМО;

теория построена на достоверных экспериментальных данных и согласуется с общими принципами химии высокомолекулярных соединений;

идея базируется на анализе литературных данных по синтезу гибридных сополимеров коллагена и скаффолдов на их основе, а также на накопленном к настоящему времени на кафедре органической химии химического факультета ФГАОУ ВО ННГУ им. Н.И. Лобачевского опыте работы в области полимеризации под действием триалкилборанов;

использовано сравнение авторских данных с накопленной в научной литературе информацией по исследованию методов синтеза и свойств привитых

сополимеров на основе (мет)акриловых мономеров и природных полимеров (коллаген, пектин), о способах формирования скаффолдов на основе гибридных сополимеров;

установлено, что сополимеры коллаген-(мет)акриловый мономер и коллаген-пектин-(мет)акриловый мономер могут формировать гидрогелевые структуры, применимые в регенеративной медицине;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, включая поисковые системы SciFinder, Scopus, Web of Science, PubMed, eLIBRARY.

Личный вклад соискателя заключается в систематизации, анализе и обобщении литературных данных, осуществлении синтеза представленных в работе привитых сополимеров, анализе свойств сополимеров, создании методики формирования гидрогелей на основе полученных сополимеров, создании методики по отмывке гидрогелей для снижения токсичности гидрогелей, интерпретации экспериментальных данных. Подготовка материалов к публикации, а также написание статей по итогам исследований проводились автором совместно с научным руководителем при участии соавторов.

Диссертационная работа Лобановой Марины Сергеевны соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, и является завершенной научно-квалификационной работой, а ее автор, Лобанова Карина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки).

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета было высказано критическое замечание, связанное с представленной схемой реакции, включающей стадию обратимого ингибирования по связи R-OBV₂, а соискатель, Лобанова Карина Сергеевна, ответила, что представленная в диссертации схема имеет характер предположения и основана на литературных данных, задача по установлению механизма не ставилась в данной работе и что такое исследование уже есть в плане продолжения в будущем.

На заседании 20 марта 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Лобановой Карине Сергеевне ученую степень кандидата химических наук за решение важной научной задачи разработки методов синтеза сополимеров (мет)акриловых мономеров и природных полимеров (коллаген и пектин) в присутствии борорганических соединений и создании на их основе лабораторных образцов материалов для регенеративной медицины.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 3 докторов наук по специальности 1.4.7. Высокмолекулярные соединения, участвующих в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 чел., проголосовали за – 14 против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета




Федоров Алексей Юрьевич

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета

Гущин Алексей Владимирович



20 марта 2025 г.