

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Румянцевой Виктории Олеговны «Синтез 3D-структур на основе трескового коллагена в условиях гетерогенного фотокатализа в присутствии сложных оксидов металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Диссертационная работа Румянцевой Виктории Олеговны посвящена малоизученному в области современной химии высокомолекулярных соединений исследованию синтеза 3D-структур на основе трескового коллагена в условиях гетерогенного фотокатализа в присутствии сложных оксидов металлов.

Особую **актуальность** данная проблема приобретает в свете развития в последнее время при радикальном иницировании энергоэффективных способов, в частности, гетерогенного фотокатализа в области видимого света, для снижения химического загрязнения в рамках «зеленой химии». Очевидно, что привитая сополимеризация с помощью различных активаторов стала одним из часто применяемых подходов при получении полимерных продуктов. Формирование регенеративной медицины на основе новых полимерных материалов привели к тому, что появилась новая область полимерной науки – химия биомедицинских полимеров, основным направлением которой является получение материалов для фармацевтической и биотехнологической промышленности. Такие материалы находят применение в различных составах скаффолдов для тканевой инженерии и для заживления ран. Соответственно, разработки подобных материалов являются важным этапом выбора нужных направлений в процессе выздоровления человека. Природные полимерные материалы, особенно белки, довольно широко исследованы в этом плане и представлены в литературе. Как правило, их применение ограничено неустойчивостью структуры таких соединений и связанных с ней параметров – прочности, долговечности и т.п.

В этой связи выполненное Румянцевой В.О. исследование, посвященное целенаправленному синтезу устойчивых трехмерных структур с

использованием гетерогенного фотокатализа в присутствии сложных оксидов металлов под действием видимого света в водной дисперсии для радикального инициирования привитой сополимеризации метилметакрилата (ММА) на тресковый коллаген (ТК) при варьировании состава исходной реакционной смеси путем введения известных модифицирующих добавок, а также исследование биоразрушения коллагена и сополимеров на его основе и испытание биосовместимости новых гидрогелей является весьма значимым и своевременным. При этом особую ценность представляет выявленный и обоснованный в работе весь комплекс исследований, так как является развитием представлений о возможности стратегии радикальных реакций в мономерно-полимерной среде в условиях фотокатализа в присутствии сложных оксидов. Такое исследование является **актуальным и востребованным**.

Научная новизна данного диссертационного исследования заключается в предложенном Румянцевой В.О. с соавторами использовании фотокатализа при облучении видимым светом сложных оксидов, более всего $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$, в водной дисперсии и инертной атмосфере с целью получения активного гидроксильного радикала для инициирования радикальных процессов при получении привитых сополимеров акрилатов на ТК и трескового желатина (ТЖ), а также устойчивых полимерных 3D-структур на их основе с включением модификаторов и сшивающих агентов.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что предложенный в работе подход дополняет теоретические научные представления в области макромолекулярного дизайна. Возможность получения в одну стадию 3D-структур, гидрогелей на основе ТК путем фотокатализа при облучении видимым светом сложного оксида $\text{RbTe}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_6$ соответствует принципам «зеленой химии». Кроме того, будет востребовано дальнейшее развитие метода «зеленой химии» как жизнеспособной «более экологичной» альтернативы методам, использующим высокие температуры и давление.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что гидрогелевые покрытия на основе ТК имеют перспективу применения в качестве клеточных матриц в тканевой инженерии при

повреждении органов или тканей, а также в качестве раневых покрытий повреждений кожи любой этиологии. При этом возможность их использования показана автором в эксперименте на животных. ТК в плане использования в медицине превосходит животный коллаген, является продуктом переработки отходов рыбной промышленности. Последнее также немаловажно. Важным является то, что полученные новые покрытия обладают антигрибковыми свойствами, позволяющими использовать их в нестерильных условиях. Это делает их очень удобными при эксплуатации.

Методология и методы исследования. Работа выполнена при использовании комплексного подхода к решению задач, поставленных целью. Суть такого подхода – логичное сочетание методов синтеза полимеров с современными методами физико-химического анализа. Исходные вещества и продукты синтеза изучены с помощью современных методов ИК- и ЯМР-спектроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией (МАЛДИ), гель-проникающей хроматографии (ГПХ), пиролитической газовой хроматографии (ПГХ), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), элементного анализа, рентгеновского микрозондового анализа (РМА). Применялись релевантные методы анализа структурной устойчивости, влагопоглощения и грибостойкости гидрогелей. Цитотоксичность исследовали методом МТТ-теста *in vitro* на клеточных культурах дермальных фибробластов человека (ДФЧ). Исследование эффективности гидрогелей в репарации ожоговых ран проводили на крысах.

Достоверность и обоснованность результатов проведенного исследования обеспечиваются соответствующими заявленной проблематике целью и задачами работы, теоретико-методологическими подходами, проведенным анализом научной литературы, использованием комплекса надежных методик, анализом полученных результатов, непосредственным участием автора на всех этапах проведенного исследования.

Текст диссертации Румянцевой В. О. представлен на 192 страницах и состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего

336 источника и приложения. В качестве иллюстраций в работе представлено 14 таблиц и 47 рисунков.

Во введении обосновывается актуальность проблемы исследования, дается общая оценка степени ее изученности, а также содержится описание научного аппарата диссертационной работы: формулируется цель, объект, предмет, задачи исследования, определяются теоретико-методологические основы исследования, методы и методики, определяется научная новизна, теоретическая и практическая значимость, обозначены положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации представлен аналитический обзор научной литературы, на основе которого излагаются основные теоретические подходы, раскрывается суть способов получения новых материалов на основе природных полимеров приемами радикального инициирования, особенности природы белковых природных высокомолекулярных соединений, важность ферментативного разрушения белков и гетерогенного фотокатализа – источника гидроксильных радикалов в дисперсии с водой. Литературный обзор обоснованно дополнен рисунками и схемами. Автор четко и подробно структурирует материал. При этом с опорой на научные исследования обосновывается особое значение 3D-структур для регенеративной медицины. Предпринятый в диссертационном исследовании обстоятельный теоретический анализ позволил автору создать логическую основу для дальнейшего исследования этих проблем и поиска способов их решения. Особо следует отметить раскрытое Румянцевой В.О. содержание работ, связанных с особенностями и различием рыбного и животного коллагена. Считаю важным подчеркнуть значимость сформулированного по результатам анализа современных исследований вывода о стремительном развитии возможностей макромолекулярного дизайна полимерных материалов, в результате чего моделирование условий на стадии синтеза позволяет получать материалы с заданными свойствами. Вывод этой главы позволяет убедиться в необходимости проведения Румянцевой В.О. исследования, представленного в диссертации. Выбранное автором направление является оригинальным и

неописанным в литературе на момент начала разработок, занимает свое определенное место в совершенствовании методов синтеза новых трехмерных полимерных структур для медицины.

Вторая глава диссертации посвящена изложению характеристик исходных веществ, методик подготовки исходных веществ, а также методов исследования свойств веществ, традиционно применяемых при изучении подобных материалов. Используемые методики являются нормативными или апробированными. Все сказанное позволяет охарактеризовать методический уровень работы как соответствующий требованиям современной химии.

В третьей главе последовательно изложены результаты, полученные Румянцевой В.О. с соавторами, при выполнении поставленных в работе задач. В начале главы рассматривается концепция и результаты получения трехмерных структур на основе природных и синтетических полимеров в присутствии сложных оксидов. На основе полученных результатов выявлены основные этапы создания устойчивых 3D-структур и их характеристики. Далее обсуждаются результаты ферментативного катализа биоразрушения белковых структур, позволяющие сделать вывод о том, что разрушение их проходит значительно медленнее, чем коллагена. Это важно при длительном лечении с использованием предлагаемых покрытий. Кроме того, в ходе проведенного исследования диссертантом установлены крайне важные факты, а именно:

- рыбный желатин может заменять рыбный коллаген при создании трехмерных структур;
- новые материалы грибостойки;
- новые материалы успешно прошли МТТ–тест;
- новые материалы эффективны при лечении ожогов на мелких животных.

В заключении работы подведены основные итоги исследования и сформулированы обобщающие выводы, подтверждающие, что цель, поставленная в работе достигнута, решены все поставленные задачи.

В приложении приведены результаты исследований ветеринарной лаборатории.

Основное содержание и результаты выполненного Румянцевой В.О. исследования нашли свое отражение в 12 публикациях, в том числе 5 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, по результатам исследований получен патент РФ на изобретение, фрагменты диссертации вошли в монографию Румянцевой с соавторами.

По своему содержанию текст диссертации представляет собой законченный, самостоятельный научный труд, решающий важную задачу в области химии высокомолекулярных соединений. Текст диссертации четко структурирован и логично изложен, написан ясным, профессиональным, грамотным языком, дает достаточно полное представление о выполненном исследовании.

Автореферат диссертации отражает основное содержание исследования, а его структура включает все необходимые элементы.

Диссертационное исследование отвечает паспорту научной специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, пунктам:

п.2 — в части «Катализ и механизмы реакций полимеризации, сополимеризации и поликонденсации с применением радикальных, ионных и ионно-координационных инициаторов, их кинетика и динамика. Разработка новых и усовершенствование существующих методов синтеза полимеров и полимерных форм»;

п.5 — в части: «Исследование молекулярной и надмолекулярной структуры биоорганических полимеров»;

п.9 — в части «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».

По диссертации Румянцевой В.О. можно сделать следующие замечания:

1. Во введении в пункте «Апробация работы и публикации» неверно указана информация о конференциях: перечислена 20-я Международная

конференция по химии и физикохимии олигомеров, а в скобках указано два года (Суздаль, 2022, Самара, 2024).

2. Литературный обзор можно было бы дополнить схемами химических реакций. Например, в разделе «1.2.1. Методы модификации природных белков», где обсуждаются физические, химические и ферментативные методы, привести конкретные примеры.

3. В экспериментальной части:

- в описании материалов не указана протеолитическая активность применяемых ферментов;
- не указано, какую воду использовали в экспериментах;
- есть неудачные выражения, например, на стр. 56 вместо «сушили в вакууме в течение 3 часов до полного высыхания» достаточно было написать «сушили в вакууме до постоянного веса»;
- можно было бы указать спектр излучения используемой светодиодной лампы дневного света.

4. В тексте диссертации используется несколько названий для одного и того же образца сополимера (коллаген-ПММА, ТК-ПММА, ТК-полиметилметакрилат). В данном случае во избежание путаницы следовало использовать только одно название.

5. По мере изложения материала вводятся новые обозначения для полученных образцов сополимеров, но из-за обширности и объемности исследования возникают сложности в их восприятии (ТКС-1, ТКС-2 и т. д.). В данном случае было бы правильным составить общую таблицу с обозначениями и кратким описанием всех полученных образцов, чтобы к ней можно было обращаться по ходу изучения материала.

Все указанные замечания и пожелания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки представленной к защите работы.

Заключение по диссертационной работе

По научной новизне, актуальности и достоверности полученных результатов, уровню их обсуждения и практической значимости

диссертационная работа Румянцевой Виктории Олеговны представляет собой законченную научно-квалификационную работу в области высокомолекулярных соединений, которая полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в п. 9 «Положения о присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 (в действующей редакции), так как в диссертации содержится решение научной задачи синтеза трехмерных структур на основе трескового коллагена с использованием гетерогенного фотокатализа сложных оксидов металлов для получения соответствующих гидрогелей в качестве клеточных матриц в тканевой инженерии и раневых покрытий, имеющей важное значение для развития химии высокомолекулярных соединений.

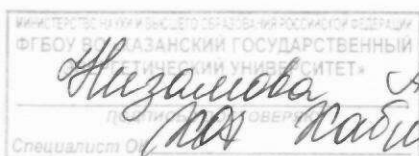
Автор диссертационной работы, Румянцева Виктория Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Официальный оппонент, доцент кафедры
материаловедения и технологий материалов
ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет», кандидат
химических наук по специальности
1.4.7. Высокомолекулярные соединения

09.06.2026

Низамов Айдар Азатович

Адрес организации: РФ, Республика Татарстан, 420066, г. Казань, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», ул. Красносельская, 51. Тел.: +7(843)527-92-29; e-mail: nizamov564@mail.ru.



Низамов А. А.
Кабинет
Низамов Айдар Азатович

Вход. № 05-9032
« 10 » 06 2026 г.
подпись