

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета НТУ.1.4.4.15

Мухаметзянова Тимура Анваровича

на диссертацию **Царевой Анастасии Денисовны**

«ПОЛИМЕРНЫЙ БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4. Физическая химия

Актуальность темы диссертации

Создание новых типов барьерных перевязочных средств, скаффолдов и матриц для регенеративной медицины является одним из важных направлений современной медицинской науки. Важное место в таких исследованиях занимают поиски волокнистых материалов, обладающих достаточными механическими свойствами, биосовместимостью и биоразлагаемостью, а также способствующих пролиферации клеток. В связи с этим диссертационная работа Царевой Анастасии Денисовны, посвященная поиску оптимальных условий получения волокон полилактида с заданными свойствами и их композиций с гиалуроновой кислотой, безусловно, является актуальной.

Структура и содержание диссертационной работы

Работа построена традиционно; состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 154 страницах, содержит 65 рисунков и 13 таблиц. Список литературы содержит 249 ссылок. Приложения занимают 6 страниц, содержат 7 рисунков.

Введение диссертационной работы раскрывает её актуальность, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также содержит положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы описаны основные принципы получения нетканых материалов методом электроспиннинга, изложены установленные на сегодняшний день закономерности влияния условий вытяжки на свойства материалов, приведены основные классы применяющихся в этой области полимеров и модификаторов, а также области применений этих материалов. На основании обзора литературы сделано заключение о недостаточной изученности взаимосвязи между составом формируемой системы, структурой волокон, их механическими свойствами и устойчивостью к деградации, а также биологическим ответом при контакте биологических тканей и волоконного матрикса.

Во второй главе описаны свойства и происхождение использованных реактивов и материалов, методики получения созданных в работе

волоконистых материалов на основе полилактида, а также методы исследования их свойств.

В третьей главе приведены полученные в работе новые результаты, а также их обсуждение. Последовательно описаны морфология волокон, полученных из различных растворителей, влияние добавок ПАВ и гиалуроната натрия на морфологию ПЛА-волокон, стабильность волокон к деградации, их механические характеристики, теплофизические и структурные особенности, результаты биологических испытаний.

В заключении суммированы полученные в работе результаты и обозначены перспективные направления для дальнейших исследований.

Научная новизна результатов диссертационной работы

В работе установлены физико-химические закономерности между составом формуемого раствора (растворитель, добавки), условиями обработки электроформованных волокон, а также свойствами нетканого материала на их основе. Показано, что влияние системы растворитель-ПАВ на свойства получаемых волокон существенно нелинейно. Оценено влияние морфологии волокон, состава системы на устойчивость ПЛА-матриц к деградации в модельных средах, связь устойчивости с механическими характеристиками. Выявлен нелинейный эффект добавки гиалуроновой кислоты на механические свойства ПЛА-матриц. Установлено влияние физического состояния ПЛА-матрикса и остаточного содержания растворителя в нем на поведение материала в ходе постформовочной ориентационной деформации.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость выполненного исследования заключается в развитии представлений о нелинейной взаимосвязи между составом растворителя, применяемого для приготовления полимерного раствора, природой добавок, условиями электроформования, структурой, морфологией и свойствами получаемых волоконных материалов, а также биологическим ответом при контакте живых тканей с ними. Практическая значимость работы состоит в разработке технологических приёмов получения нетканых материалов на основе ПЛА с заданными свойствами, подборе оптимального растворителя для приготовления растворов ПЛА, демонстрации биосовместимости полученных материалов. Следует подчеркнуть, что результаты работы защищены патентами, что дополнительно свидетельствует о ее практической направленности.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных в работе результатов, обоснованность сформулированных положений и выводов обеспечены применением современных методов исследования морфологии, механических,

теплофизических и структурных свойств полученных материалов, статистической обработкой результатов. Результаты работы опубликованы в рецензируемых научных журналах и получили широкое обсуждение на научных конференциях.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат достаточно полно и достоверно отражает содержание диссертационного исследования.

Оценка диссертационного исследования

В целом диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, в котором всесторонне изучены нетканые материалы на основе полилактида, начиная с условий их получения, особенностей морфологии, механических характеристик, структуры и теплофизических свойств, устойчивости к деградации, и заканчивая биологической совместимостью – особенностями клеточной пролиферации на поверхности матрикса и биологическим ответом при контакте живых тканей с материалом. В ходе работы подобран состав растворителя, пригодного для получения ПЛА-матрикса с заданными свойствами, предложены условия для постформовочной обработки, обеспечивающие получение пространственно-ориентированного материала. Проведённое исследование также показывает перспективы развития предложенных подходов и полученных материалов, которые могут найти биомедицинское применение.

Замечания по диссертации

Вместе с тем, при ознакомлении с работой возник ряд замечаний. При прочтении диссертации складывается впечатление о некоторой фрагментарности выполненного исследования. Некоторые из полученных материалов исследованы всесторонне, а другие только частично. Относительно части таких случаев автор даёт необходимые комментарии, но где-то закономерные вопросы остаются без ответа. Конечно, полное исследование полученных в работе материалов потребовало бы нерациональных затрат времени и ресурсов, а в каких-то случаях автор работы мог априорно сделать заключение о неперспективности измерений на основе первичной оценки свойств материала. Понятно, что научные публикации обычно отражают только положительные результаты исследования, однако, по моему мнению, именно в диссертационной работе можно было бы привести информацию о тупиковых направлениях исследований и об отрицательных результатах, особенно учитывая прикладную направленность диссертации.

Также необходимо отметить некоторую небрежность в оформлении работы – рисунки и подписи к ним зачастую находятся на разных страницах, работа содержит некоторое число ошибочных либо неудачных выражений.

Кроме того, при прочтении диссертации возник ряд вопросов. В работе используется полилактид марки Ingeo 4032D. На сайте производителя

приводятся данные о содержании D-изомера около 1,4%, то есть это полилактид с высокой степенью стереорегулярности. Почему материал обозначен как D/L в главе 2?

Полилактиды с высокой степенью стереорегулярности способны к кристаллизации, о протекании холодной кристаллизации в ходе нагрева образцов свидетельствуют и кривые ДСК, полученные в работе (рис. 51 и 52). На основании этих кривых можно было бы получить оценку степени кристалличности полученных волокон. Однако в работе обсуждается только температура стеклования материала, почему?

При обработке результатов квазистатических испытаний на растяжение (главы 3.4 и 3.7) площадь поперечного сечения образцов определялась геометрически. При этом полученные матриксы имеют высокую пористость, в том числе поверхностную. В этом случае геометрическая оценка сечения может существенно завышать площадь сечения и затруднять сравнительную оценку вклада состояния волокон в прочность материала. Проводили ли авторы оценку истинной площади сечения полимера в матриксе (по массе, плотности и геометрии образца)? Как ориентация волокон, их сглаживание и исчезновение поверхностных пор может повлиять на сопоставимость механических характеристик материала при глубокой вытяжке?

В чем механизм влияния растворителя на поверхностную морфологию волокна, полученного электроформованием?

Толщина волокон и механические свойства матриксов ПЛА-ДТ и ПЛА-ГФИП, исследованных в главах 3.1–3.4 и 3.6–3.7, заметно различаются. Насколько воспроизводимы эти характеристики? Как оптимизировать технологию электроформования волокна для получения материалов со стабильными свойствами?

Вместе с тем, приведенные замечания и вопросы не снижают общего положительного впечатления от работы, которая представляет собой обширное исследование с несомненными перспективами практического применения.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней Автономной некоммерческой образовательной организацией высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус»

Представленная диссертационная работа соответствует пункту 12 паспорта специальности 1.4.4. Физическая химия: Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.

Диссертационная работа Царевой Анастасии Денисовны и тема диссертации отвечают требованиям Положения о присуждении ученых степеней Автономной некоммерческой образовательной организацией высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус», утвержденного приказом от «02» апреля 2026 г. № 469-ОД-У (в ред. приказа

от 29.09.2026 №1524-ОД-У), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Царева Анастасия Денисовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Член диссертационного совета
НТУ.1.4.4.15

Доктор химических наук, доцент,
доцент кафедры физической химии,
Химический институт им.
А. М. Бутлерова Казанского
(Приволжского) федерального
университета

Мухаметзянов
Тимур Анварович

Дата:



(подпись)

Сведения:

Мухаметзянов Тимур Анварович

Докторская диссертация защищена по специальности
1.4.4. Физическая химия

ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет", 420008,
Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18, корп.1,
+7-903-343-90-26, Timur.Mukhametzyanov@kpfu.ru