

**УТВЕРЖДАЮ:**

Ректор

Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Российского  
государственного университета им. А.Н.  
Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»



д.с.н. проф. Белгородский В.С.

### **Отзыв**

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» на диссертационную работу Ольхова Анатолия Александровича на тему «Гетерогенные матрично-фибрилярные материалы на основе полигидроксibuтирата: структура, функции, применение», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.7. – Высокомолекулярные соединения.

Тема диссертационной работы Ольхова А.А. посвящена актуальному направлению современного материаловедения - разработке биосовместимых, биорезорбируемых и биodeградируемых многокомпонентных гетерогенных пленочных и волокнистых систем на основе природного полимера – поли-3-гидроксibuтирата (ПГБ). Данные продукты являются очень востребованными в медицине, косметологии, ветеринарии, упаковке и защите экологии. Особый практический интерес представляют биополимерные нетканые волокнистые материалы на основе полигидроксibuтирата, модифицированные лекарственными, антисептическими и биологически активными функциональными веществами, которые не только удовлетворяют требованиям биосовместимости, биорезорбируемости и биodeградации в окружающей среде, но при этом имеют уникальное сочетание эксплуатационных характеристик. Благодаря этому изделия на основе таких волокнистых материалов активно используются в тканевой инженерии, регенеративной медицине, биофармацевтике, и в ряд других инновационных областей медицины и биотехнологии.

В качестве основного объекта исследования в работе обоснованно выбран биополимер бактериального происхождения – полигидроксibuтират, который

сочетает в себе биосовместимость, биodeградацию и технологичность. Однако изделия на основе ПГБ имеют недостатки, ограничивающие область их применения: низкая ударная прочность, относительное удлинение, диффузионные параметры. Автор диссертации предлагает оптимальный с точки зрения экономики и технологии способ модификации ПГБ – создание гетерогенных материалов на основе смесей с полимерами различной гидрофильности и нетканых волокнистых материалов. Последние используются автором для создания инновационных и эффективных конструкций и матриц различного применения для медицины: бактерицидные материалы, транс-дермальные матрицы контролируемого высвобождения лекарственных веществ, искусственные биорезорбируемые имплантаты для регенеративной хирургии, имеющие высокие характеристики биосовместимости и не обладающие иммунотоксичностью. Для придания бактерицидных свойств создаваемым волокнистым материалам автором диссертации впервые использовал производные хлорофиллов - металлокомплексы порфиринов, являющиеся активными фотосенсибилизаторами. Данные исследования являются новаторскими и определяют актуальность, научную и практическую значимость данной работы.

Цель диссертационной работы – разработка новых биоразлагаемых композиционных систем в пленочной и фибриллярной формах на основе ПГБ как одного из перспективных материалов природного происхождения. На базе полученных систем в виде микроскопических объектов (пленок) и наноструктурированных композиционных волокон предложить основные принципы их функционирования в исходном и модифицированном состоянии при различных условиях эксплуатации является важной фундаментальной и прикладной задачей.

Научная новизна исследования определяется актуальностью задач и поставленных целей. Так для биodeградируемых композиционных пленочных материалов и ультратонких волокон ПГБ, установлены корреляционные зависимости между их функциональным поведением и первичной химической структурой (степенью гидрофильности), уровнем межмолекулярного взаимодействия, особенностью гетерофазного строения, а также кристаллической организацией. Показано влияние межфазной границы и ориентации элементов надмолекулярной структуры на процессы сорбции и диффузионного транспорта в гетерофазных матрицах на основе ПГБ и в смесях с полимерами различной степени гидрофильности, а также продемонстрирована роль релаксационных процессов на кинетику паропроницаемости пленочных материалов. Впервые для разработанных смесевых композиций дан количественный анализ диффузии и сорбции воды в

матрицах на основе комбинации ПГБ с гидрофильными и умеренно гидрофильными синтетическими полимерами в зависимости от соотношения компонентов.

В рамках развития нанотехнологии электроформования волокон ПГБ, впервые научно обоснованна и экспериментально подтверждена роль параметров формовочного раствора на морфологию, геометрию (beds on string) и функциональное поведение ультратонких и нано-размерных волокон ПГБ. Совместно с ИФХЭ РАН и А.Е.Чалых разработаны математические модели диффузионно-транспортных процессов высвобождения модельного лекарственного вещества из ультратонких фибриллярных матриц ПГБ.

Впервые разработаны и исследованы гибридные фибриллярные матрицы ПГБ с включением наночастиц оксида титана и кремния и установлены закономерности влияния наноразмерных частиц на структурно-динамические параметры волокон.

Впервые методом электроформования получены композитные фибриллярные маты ПГБ с инкапсулированными в них металлокомплексами ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ) тетрафенилпорфирина, обладающими антимикробными свойствами, что потенциально позволит использовать их в упаковочной промышленности и биомедицине.

Достоверность и обоснованность исследования. Научные положения и выводы, сделанные в диссертации Ольхова А.А., достаточно логично и корректно представлены с позиций физикохимии полимеров. Новизна исследования подтверждается полученными оригинальными результатами. Достоверность полученных результатов, сделанных на их основе выводов и практических рекомендаций не вызывает сомнений, поскольку основывается на большом объеме экспериментальных данных, а также на применении современных методов анализа, таких как дифференциальная сканирующая калориметрия, инфракрасная спектроскопия, рентгеноструктурный анализ, метод электронного парамагнитного резонанса, метод оптической микроскопии, метод электронной микроскопии, метод анализа механических характеристик, вакуумная гравиметрия.

Содержание и оформление диссертации. Диссертационная работа Ольхова А.А. имеет традиционную структуру: состоит из введения, трёх глав (обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты и их обсуждение), заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы (594 ссылки). Работа изложена на 418 страницах печатного текста, включает 96 рисунков и 22 таблицы.

Во введении Ольхов А.А. логично обосновывает актуальность темы исследования, формулирует цель и задачи работы, положения, выносимые на

защиту, научную новизну и практическую значимость, описывает личный вклад автора, достоверность полученных результатов, апробацию результатов исследования, приводит количество публикаций, структуру и объем работы.

В главе 1 приведен довольно обширный и подробный обзор актуальной научной литературы по синтезу, модификации, структуре и свойствам полигидроксбутирата, используемого в работе, а также композиций на его основе, применяемых для создания изделий широкого спектра применения. В работе подробно рассмотрены особенности процессов получения пленочных и нетканых материалов для медицины, упаковки и защиты экологии на основе биополимеров, их значимые характеристики.

В главе 2 представлены объекты исследования, а также описаны методы получения и методики исследования материалов, которые позволяют всесторонне изучить смесевые пленочные и нетканые волокнистые материалы на основе ПГБ, содержащие наночастицы, дипиридабол и металло комплексы тетрафенилпорфирина, в том числе влияние внешних факторов на надмолекулярную структуру и биорезорбцию ультратонких волокон.

В Главе 3, состоящей из двух больших разделов, представлено обсуждение результатов исследования структуры и функциональных свойств гетерофазных пленочных матриц на основе ПГБ и полимеров различной гидрофильности, а также гетерогенных нетканых волокнистых матриц на основе ультратонких волокон, полученных методом электроформования на основе ПГБ и различных функциональных низкомолекулярных веществ. Все результаты научной работы хорошо согласованы друг с другом и находятся в единой структурно – динамической концепции взаимовлияния технологических факторов на иерархичности структуры и функциональные свойства объектов исследования.

Автором диссертации впервые была предпринята попытка объяснения динамики структурообразования и изменения функциональных свойств гетерогенных полимерных материалов с точки зрения их межмолекулярного взаимодействия, с использованием классификации полимеров по степени гидрофильности согласно теории Флори-Хаггинса. Данное обобщение является главным достоинством диссертации с точки зрения фундаментальной науки о материалах.

Особую научно-практическую ценность с точки зрения биомедицины имеют результаты исследования структурно-динамических, диффузионно-транспортных, биофизических свойств ПГБ волокон, модифицированных комплексами металлов с тетрафенилпорфиринами, наночастицами окисей кремния и титана, модельным лекарственным веществом на структуру и свойства. В работе были получены и исследованы важные для народного

хозяйства биополимерные материалы: биоразлагаемые пленки, биосовместимые волокнистые матрицы контролируемого высвобождения лекарственных веществ, нетканые волокнистые материалы с антибактериальными свойствами, биорезорбируемые искусственные имплантаты для регенеративной хирургии.

Завершают работу заключение, содержащее основные выводы, которые соответствуют поставленным целям и задачам исследования и в полной мере отражают полученные автором результаты. Диссертационная работа хорошо структурирована и иллюстрирована. Применение широкого спектра современных аналитических и физико-химических методов исследования приведено и описано ясно и последовательно.

Диссертационная работа представляет законченное научное исследование и в целом производит благоприятное впечатление. Однако в ходе рассмотрения диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

1. В методической части видно, что полимеры, используемые в работе, имеют различную молекулярную массу. Будет ли влиять молекулярная масса на формирование структуры и свойств гетерофазных материалов?
2. Для более детального исследования межмолекулярного взаимодействия полимеров в смесях было бы правильно также использовать реологический метод, который обладает высокой структурной чувствительностью.
3. На некоторых зависимостях не показан интервал разброса данных.
4. Будет ли влиять технология получения пленок на уровень межфазного взаимодействия?
5. Роль полярности и межфазного взаимодействия в смесях полимеров в диссертации достаточно подробно обобщена. Однако отсутствует обобщение влияния полярных низкомолекулярных веществ и наночастиц на структурообразование в волокнах ПГБ. При этом экспериментальные результаты показывают явное воздействие этих веществ на надмолекулярную структуру.

Тем не менее, все сделанные замечания имеют частный характер и не снижают высокую оценку диссертационной работы.

Автореферат диссертации адекватно отражает содержание диссертации. Опубликованные работы в полной мере описывают основное содержание работы. По материалам диссертации опубликовано 53 печатные работы, в том числе из них 42 научные статьи из списка журналов, рекомендованных ВАК, индексируемых в РИНЦ, WoS и Scopus, 3 монографии и 8 патентов РФ на изобретение.

В диссертационной работе Ольхова А.А. получены достоверные и значимые результаты для решения поставленных задач по научному направлению химии и технологии высокомолекулярных соединений на основе экспериментального материала, имеющего несомненную научную новизну и практическую ценность. Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Таим образом, диссертационная работа Ольхова Анатолия Александровича «Гетерогенные матрично-фибриллярные материалы на основе полигидроксibuтирата: структура, функции, применение» является завершенной научно-исследовательской работой. Диссертация полностью отвечает требованиям, установленным ВАК РФ к докторским диссертациям и соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 Постановления Правительства РФ «О порядке присуждения учёных степеней» № 842 от 24 сентября 2013 г. в редакции с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 1 октября 2018 года №1168., а её автор заслуживает присуждение ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры технологии полимерных пленочных материалов и искусственной кожи Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)».

**Отзыв составил:**

Профессор  
кафедры химии и технологии полимерных  
материалов и нанокomпозитов  
ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина»,  
д-р техн. наук



Бокова Е. С.

Контактные данные: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская д. 2, стр. 4, кабинет 4212; телефон +7 (495) 811-01-01 доб. 1303; e-mail: bokova-es@rguk.ru

Подлинность подписи  
Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «РГУ им.

