



УТВЕРЖДАЮ

И.о. Директора ФИЦ ХФ РАН

д.физ.-мат.н.

Чертович А.В.

« _____ » 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра химической физики
им. Н. Н. Семенова Российской академии наук
(ФИЦ ХФ РАН)**

Диссертация «Биоразлагаемые двойные и тройные композиции на основе алифатических полиэфиров полилактида, поли(3-гидроксибутирата) и полисахарида хитозана» выполнена в лаборатории физических и химических процессов в полимерных системах отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Яхина Анастасия Руслановна обучалась в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук. С 2019 г. соискатель работает в лаборатории физических и химических процессов в полимерных системах Отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук в должности инженера-исследователя.

В 2018 г. А.Р. Яхина окончила бакалавриат Российского технологического университета «МИРЭА» (Московский Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова) по специальности «Химическая технология» (18.03.01).

В 2020 г. окончила магистратуру Московского физико-технического института по специальности «Прикладные математика и физика» (03.04.01).

Удостоверение № 17 о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2024 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным

исследовательским центром химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук.

Научный руководитель – Роговина Светлана Захаровна, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физических и химических процессов в полимерных системах Отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Целью диссертационной работы Яхиной А.Р. является получение двойных и тройных полимерных композиций на основе биоразлагаемых полиэфиров полилактида, поли(3-гидроксibuтирата) и пластификатора полиэтиленгликоля, а также их смесей с полисахаридом хитозаном, и изучение их гидролитических, термических и сорбционных свойств. Данные композиции предназначены для абсорбции ионов железа и хрома из водных сред и способны деструктурировать после окончания срока эксплуатации под действием окружающей среды на безвредные для природы вещества.

Диссертация соответствует специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения» (пункту 9 паспорта специальности - «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»).

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью создания новых полимерных материалов, способных распадаться под действием окружающей среды на безвредные для природы вещества и утилизироваться после окончания срока эксплуатации. Интерес к подобным системам связан с постоянно возрастающими объёмами производства синтетических полимеров и отходов их переработки, приводящих к загрязнению окружающей среды и необходимости их утилизации, с одной стороны, и также неизбежным замещением синтетических полимеров, получаемых из нефти на природные полимеры – с другой. В этой связи разработка полимерных композиционных материалов с широким спектром возможного применения, позволяющих в значительной степени уменьшить загрязнение окружающей среды, является одной из приоритетных проблем большинства развитых стран. Одними из наиболее перспективных биodeградируемых полимеров, получаемых из природного сырья, являются полилактид (ПЛА) и поли(3-гидроксibuтират) (ПГБ). Эти полиэфиры близки по химической природе, но имеют существенные различия в скоростях биodeградации и диффузии, что позволяет варьировать функциональное поведение и сроки эксплуатации композиций на их основе в

широком временном диапазоне. В то же время полисахарид хитозан, получаемый путем дезацетилирования хитина, содержащегося в панцирях ракообразных, благодаря ряду ценных свойств широко применяется в различных областях. Получение композиций на их основе и подробное исследование комплекса их характеристик составляют основу диссертации Яхиной А.Р.

Личный вклад автора. Яхина А.Р. принимала участие в сборе и обработке литературных данных, на основании которых совместно с научным руководителем были сформулированы цель и задачи исследования, участвовала в планировании и проведении экспериментов, изготовлении экспериментальных образцов, обработке и интерпретации полученных данных, а также в написании научных статей и представлении докладов на научных конференциях.

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечена использованием современных физико-химических методов исследования и воспроизводимостью полученных экспериментальных данных; а также экспертизой результатов научно-исследовательских работ, выполненных в рамках Государственного задания ФИЦ ХФ РАН (рег. номер НИОКТР 122040400099-5) и при финансовой поддержке Российским фондом фундаментальных исследований № 18-29-05017/19.

Научная новизна диссертационной работы Яхиной А.Р. заключается в получении и исследовании композиций, полученных в твердой фазе под действием сдвиговых деформаций на основе биоразлагаемых алифатических полиэфиров полилактида, поли-(3-гидроксибутирата) и пластификатора полиэтиленгликоля, а также в жидкой фазе на основе этих полиэфиров и полисахаридом хитозана, предназначенных для сорбции тяжелых металлов из водных сред.

Использование таких биоразлагаемых композиций в качестве экологически безопасных абсорбентов ионов тяжелых металлов железа и хрома из сточных вод представляет собой перспективное направление работ в данной области, позволяющее получать новые недорогие абсорбенты, устойчивые в водных средах с хорошими механическими характеристиками и сорбционной активностью по отношению к ионам металлов, которые могут быть утилизированы после окончания срока эксплуатации под действием окружающей среды на безвредные для природы вещества.

С использованием модели Ленгмюра проведена оценка абсорбционной способности полученных двойных и тройных композиций по отношению к наиболее распространенным в сточных водах ионам Fe^{3+} и Cr^{3+} . Показано, что количество абсорбированных этими системами ионов железа выше, чем хрома, что связано с

различиями электронного строения этих электролитов. Проведена сравнительная количественная оценка способности к гидролизу исследуемых композиций, а также изучена биоразлагаемость в почве двойных композиций ПЛА-хитозан и ПГБ-хитозан и установлено, что устойчивость композиций ПГБ-хитозан к кислотному гидролизу выше чем композиций ПЛА-хитозан, в то время как биодеструкция в почве более активно протекает у композиций ПГБ-хитозан.

Практическая значимость диссертационной работы Яхиной А.Р. определяется тем, что полученные результаты могут быть использованы для решения экологических проблем, в частности, для абсорбции тяжелых металлов из водных сред. Идея максимально широкого использования биоразлагаемых полимерных материалов с каждым годом становится все очевидней, поэтому исследования, направленные на разработку новых двойных и тройных полимерных композиций на основе природных полиэфигов и хитозана и совершенствование способов их получения, приобретают все большее развитие.

Полнота изложения и апробация диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы обсуждались на 9, в том числе всероссийских и международных, научных конференциях. Основные результаты исследования отражены в 6 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus

1. **Yakhina A. R.**, Zhorina, L. A., Iordanskii A. L., Rogovina S. Z., Grachev A. V., Prut E. V., Berlin A. A. Thermal characterization and sorption of Fe^{III} ion by ternary polylactide–poly-3-hydroxybutyrate–chitosan compositions // *Mendelevov Communications*. –2021. – V. 31 – № 1. – P. 104–106.
2. **Yakhina A. R.**, Rogovina S. Z., Zhorina L. A., Iordanskii A. L., Prut E. V., Grachev A. V., Shapagin A. V., Kuznetsova O. P., Berlin A. A. New Biodegradable Absorbents Based on Polylactide, Poly(3-hydroxybutyrate) and Chitosan for Sorption of Iron and Chromium Ions // *Polymer Science, Series A*. – 2021. – V. 63 – № 6. – P. 804-814.
3. **Yakhina A. R.**, Rogovina S. Z., Zhorina L. A., Iordansky A. I., Shapagin A. V., Iordanskii A. L., Berlin A. A. Hydrolysis, Biodegradation and Ion Sorption in Binary Biocomposites of Chitosan with Polyesters: Polylactide and Poly(3-Hydroxybutyrate) // *Polymers*. – 2023. – V. 15. – № 3. – P. 645.
4. **Yakhina A. R.**, Rogovina S. Z., Zhorina L. A., Olkhov A. A., Kucherenko E. L., Iordanskii A. L., Berlin A. A. Hydrolysis of biodegradable Fibrous and Film Materials based on

Poly lactide and Poly(3-hydroxybutyrate) Polyesters and their Compositions with Chitosan // Polymer Science, Series D. – 2022. – V. 15. – № 3. – P. 447-451.

5. **Yakhina A. R.**, Rogovina S. Z., Lomakin S. M., Usachev S. V., Zhorina L. A., Berlin A. A. Thermal behavior of biodegradable compositions of polylactide and poly(3-hydroxybutyrate) with chitosan and the effect of UV radiation on their structure. // Applied Science. – 2023. – V. 13 – № 6. – P. 3920

Диссертация «Биоразлагаемые двойные и тройные композиции на основе алифатических полиэфиров полилактида, поли(3-гидроксибутирата) и полисахарида хитозана» Яхиной Анастасии Руслановны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения».

Заключение принято на заседании Ученого совета Отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук. На заседании присутствовали 16 из 20 членов ученого совета. Результаты голосования: «за» – 16 членов совета, «против» – 0, «воздержался» – 0, протокол № 2 от 12.03.2024 г.

Секретарь секции № 7
ученого совета ФИЦ ХФ РАН
к.х.н., доц.



Кузнецова О.П.