



УТВЕРЖДАЮ

И.о. Директора ФИЦ ХФ РАН

д.физ.-мат.н.

Чертович А.В.

«10» марта 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Получение и исследование свойств полимерных композиций на основе полилактида и полиэтилена низкой плотности, содержащих углеродные нанонаполнители: восстановленный оксид графена и нанопластины графита» 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 Гасымов Мирага Мирхакимович обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, с 2019 г. соискатель работал в лаборатории физических и химических процессов в полимерных системах в должности инженера-исследователя, а с 2024 г. – в должности младшего научного сотрудника.

В 2020 г. М.М. Гасымов окончил Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева по специальности «Химическая технология» (18.03.01).

Удостоверение № 14 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 Гасымова М.М. являлась разработка научно обоснованных подходов к получению наполненных композиционных материалов на основе полимеров различных классов – биоразлагаемого полиэфира полилактида (ПЛА) и многотоннажного полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), содержащих в качестве углеродных нанонаполнителей нанопластины графита (НПГ) и восстановленный оксид графена (ВОГ) и обладающих комплексом новых ценных свойств, а также проведение сравнительного анализа влияния способа получения и природы наполнителей на структуру и характеристики получаемых материалов.

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 тем, что разработка новых подходов к созданию композиционных материалов на основе полимеров различных классов, содержащих углеродные нанонаполнители, и проведение сравнительного изучения их структуры и свойств в зависимости от природы наполнителя и метода получения представляет собой важную задачу, способствующую получению материалов с новым комплексом свойств. Интерес к подобным системам обусловлен как уникальными свойствами этих двумерных соединений углерода, так и возможностями широкого практического применения материалов с их использованием. В этой связи выбор полимерной матрицы, в свою очередь, определяет свойства получаемых материалов и представляет важный аспект работ, проводимых в этой области. Использование алифатического полиэфира полилактида (ПЛА), являющегося представителем «зеленых полимеров», представляет собой один из вариантов получения материалов, способных к биодеструкции, которые могут быть утилизированы после окончания срока эксплуатации. С другой стороны, полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), как один из наиболее широко применяемых синтетических полимеров, представляет большой интерес для его модификации углеродными нанонаполнителями.

Личный вклад автора. Гасымов М.М. принимал участие в обсуждении постановки задач, получении образцов, планировании и проведении экспериментальных

исследований, научном анализе полученных результатов, их оформлении, а также написании научных статей и тезисов докладов.

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечивается привлечением большого числа современных методов исследования и последующей интерпретацией результатов, базирующейся на проведении сравнительного анализа полученных данных с литературными источниками; 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 научным фондом № 22-23-00369.

Научная новизна диссертационной работы Гасымова М.М. заключается в развитии существующих представлений о влиянии методов получения и природы углеродных наполнителей на структуру и свойства образующихся полимерных композиционных материалов. Отличительной особенностью проведенных исследований является использование для получения композиций помимо обычно применяемого жидкофазного метода твердофазное смешение компонентов под действием высокоинтенсивных сдвиговых деформаций.

Впервые проведено систематическое сравнительное изучение влияния способа получения и природы наноуглеродных наполнителей на комплекс механических, термических и электрических параметров, а также структуру образующихся композиционных материалов. Убедительно показано, что композиции, полученные в твердой фазе, обладают повышенными значениями прочностных характеристик и электрической проводимости, а также пониженной кристалличностью, что связано с более равномерным распределением и отсутствием агрегации наночастиц наполнителей по сравнению с композициями, образующимися в процессе жидкофазного синтеза. Эти результаты позволяют целенаправленно получать композиционные материалы, обладающие требуемым комплексом свойств.

При изучении влияния УФ-излучения на наполненные композиции убедительно показало стабилизирующее действие нанонаполнителей на их устойчивость к воздействию УФ-облучению, что является дополнительным подтверждением перспективности разработки таких материалов.

Сравнительное изучение структуры, а также механических, электрических и реологических свойств композиций на основе ПЭНП, содержащих в качестве наполнителей НПГ и ВОГ, полученных смешением в роторном диспергаторе под действием сдвиговых деформаций, позволило оценить влияние природы наполнителей на свойства и структуру получаемых материалов.

Практическая значимость диссертационной работы Гасымова М.М. заключается в создании с использованием наноуглеродных наполнителей – нанопластин графита и восстановленного оксида графена двумя независимыми (жидкофазным и твердофазным) методами перспективных наполненных полимерных композиционных материалов на основе биоразлагаемого алифатического полиэфира полилактида, а также получении твердофазным методом композиций на основе синтетического многотоннажного полимера ПЭНП и нанонаполнителей, которые могут успешно использоваться для производства различных изделий, обладающих улучшенными свойствами, таких как, например изоляционных материалов, полимерных труб и тд.

Углубленное изучение воздействия УФ-излучения на композиции ПЛА-НПП методом гель-проникающей хроматографии (ГПХ) продемонстрировало возможность целенаправленного использования углеродных нанонаполнителей для повышения устойчивости получаемых материалов к УФ-облучению.

Результаты механических, электрических и термических испытаний полимерных композиций на основе ПЛА, в зависимости от способа получения создает основу для целенаправленной разработки композиций с требуемыми свойствами.

Показано, что композиции ПЭНП с нанонаполнителями, полученные методом высокотемпературных сдвиговых деформаций обладают улучшенными механическими, электрическими и реологическими характеристиками.

Полнота изложения и апробация диссертационной работы.

Основные результаты работы обсуждались на 16, в том числе всероссийских и международных, научных конференциях. Основные результаты исследования отражены в 8 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus:

1. S.Z. Rogovina, S.M. Lomakin, S.V. Usachev, **M.M. Gasymov**, O.P. Kuznetsova, N.G. Shilkina, V.G. Shevchenko, A.V. Shapagin, E.V. Prut, A.A. Berlin. The Study of Properties and Structure of Polylactide–Graphite Nanoplates Compositions // Polymer Crystallization. 2022. P. 1-9.
2. S.Z. Rogovina, **M.M. Gasymov**, S.M. Lomakin, O.P. Kuznetsova, I.M. Ermolaev, V.G. Shevchenko, A.V. Shapagin, A.A. Arbuzov, A. A. Berlin. Influence of the method of obtaining filled polymer nanocomposites of polylactide-reduced graphene oxide on their properties and structure // Mechanics of Composite Materials. 2023. Vol. 58. № 6. P. 845-856.

3. **M.M. Gasymov**, S.Z. Rogovina, O.P. Kuznetsova, V.G. Shevchenko, A.A. Berlin. Solid-Phase Production of Low-Density Polyethylene Compositions with Reduced Graphene Oxide under Shear Deformations // Polymer Science. 2023. Ser. A. Vol. 65. № 5. P. 1-7.
4. S.Z. Rogovina, S.M. Lomakin, **M.M. Gasymov**, O.P. Kuznetsova, V.G. Shevchenko, V.P. Mel'nikov, A.A. Berlin. Polymer Composites Based on Polylactide and Reduced Graphene Oxide // Polymer Science. Ser. D. 2023. Vol. 16. № 1. P. 161–167.
5. S.Z. Rogovina, **M.M. Gasymov**, S.M. Lomakin, O.P. Kuznetsova, V.G. Shevchenko, A.A. Arbuzov, A.A. Berlin. Polymer Composites Containing Various Carbon Nanofillers // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2023. Vol. 17. № 6. P. 1376-1383.
6. **M.M. Gasymov**, S.Z. Rogovina, O.P. Kuznetsova, E.O. Perepelitsyna, V.G. Shevchenko, S.M. Lomakin, A.A. Berlin. Investigation of the influence of UV radiation on compositions of polylactide with graphite nanoplates // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2024. Vol. 18. № 3. P. 562-571.
7. **M.M. Gasymov**, T.I. Medintseva, S.Z. Rogovina, O.P. Kuznetsova, A.V. Shapagin, A.A. Berlin // Comparative study of the mechanical and rheological properties of LDPE compositions with nanocarbon fillers. Polymer Science. 2024. Ser. A. Vol. 66. №1.
8. S.Z. Rogovina, O.P. Kuznetsova, **M.M. Gasymov**, S.M. Lomakin, V.G. Shevchenko, A.A. Berlin // Compositions of polylactide with carbon nanofillers: preparation, structure, properties. Polymer Science. 2024. Ser. C. Vol. 66.

Диссертация «Получение и исследование свойств полимерных композиций на основе полилактида и полиэтилена низкой плотности, содержащих углеродные нанонаполнители: восстановленный оксид графена и нанопластины графита» Гасымова Мираги Мирхаким оглы 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.