



«УТВЕРЖДАЮ»

Врио ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева
З.Б. Ситдиков

№ 07 » апреля 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Исследование закономерностей образования и структуры полибензоксазинов» по научной специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения (химические науки) выполнена на кафедре химической технологии пластических масс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

В процессе подготовки диссертации Горбунова Екатерина Александровна, «6» июня 1996 года рождения, была аспирантом кафедры химической технологии пластических масс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» с 01.09.2020 г. по 31.08.2024 г. С 01.10.2024 г. является соискателем на кафедре химической технологии пластических масс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

В настоящее время работает по основному месту работы ассистентом Передовой инженерной школы химического инжиниринга и машиностроения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в 2025 году.

Научный руководитель – кандидат химических наук по научной специальности 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения, доцент, декан факультета нефтегазохимии и полимерных материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Сиротин Игорь Сергеевич.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Исследование закономерностей образования и структуры полибензоксазинов» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что бензоксазины представляют собой гетероциклические соединения, способные полимеризоваться с раскрытием цикла с образованием, в зависимости от функциональности, линейных или сетчатых полимеров. Полибензоксазины обладают низкой горючестью, высокой термической и химической стойкостью, высокими показателями прочности и модуля упругости, низким влагопоглощением и малой усадкой при отверждении. Эти свойства делают их отличной альтернативой традиционным термореактивным материалам, таким как фенолформальдегидные и эпоксидные смолы.

Несмотря на то, что к настоящему времени синтезировано большое количество бензоксазиновых мономеров различной структуры, строение образующихся при их отверждении трехмерных полимеров еще не до конца установлено. И хотя есть общее представление о механизме полимеризации и об образующейся структуре полимеров, исследование химического строения полибензоксазинов осуществляется по настоящее время.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Синтезированы два неописанных ранее дифункциональных бензоксазиновых мономеров на основе 3,3'- и 3,4'-диаминодифенилметана.
2. Установлена с помощью спектроскопии ЯМР твердого тела на ядрах ^{13}C с вращением под «магическим» углом химическая структура сетчатых полибензоксазинов на основе 4,4'-диаминодифенилметана и гомологов фенола в зависимости от времени и степени отверждения при 180 °C.
3. Впервые предложена схема термической полимеризации бензоксазинов, включающая процессы передачи и обрыва цепи и объясняющая образование структур полиминного типа.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что установленные закономерности и температурно-временные характеристики полимеризации бензоксазиновых мономеров в зависимости от их строения уточняют имеющиеся знания о полимеризации 1,3-оксазиновых гетероциклов и химической структуре образующихся полибензоксазинов и позволяют перейти к обоснованному молекулярному дизайну новых бензоксазиновых мономеров, а также дают больше средств для регулирования процессов полимеризации бензоксазинов, что необходимо для расширения линейки связующих для полимерных композиционных материалов на их основе.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 3 статьях в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на: XXX Международной научной

конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2023» (г. Москва, 2023 г.); XXXIII Российской молодежной конференции с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» (г. Екатеринбург, 2023 г.); XIX Международном конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии МКХТ-2023 (г. Москва, 2023 г.); Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы науки о полимерах» (г. Санкт-Петербург, 2023 г.); 5th International Symposium on Polybenzoxazines (Bangkok, 2024 г.).

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Gorbunova E.A. Structure–Property Relationship of Diaminodiphenylmethane-Based Benzoxazines–Precursors for High-Performance Thermoset Polymers / **E.A. Gorbunova**, L.A. Soboleva, V.V. Shutov, M.V. Gorlov, V.V. Kireev, I.S. Sirotin // ACS Applied Polymer Materials – 2024. – Vol. 6. – Issue 18. – P. 11103–11109. DOI 10.1021/acsapm.4c01318 (**WoS, Scopus**).

2. Gorbunova E.A. Polymerization Scheme and Chemical Structure of Aromatic Diamine-Based Polybenzoxazines: New Details / **E.A. Gorbunova**, V.V. Shutov, I.S. Sirotin // Macromolecular Chemistry and Physics. – 2024. – Vol. 225. – Issue 17. – P. 2400119. DOI 10.1002/macp.202400119 (**Wos, Scopus**).

3. Shutov V.V. et al. Isoconversional kinetic analysis of bisphenol A benzoxazine cure / V.V. Shutov, **E.A. Gorbunova**, I. Yu. Gorbunova, I.S. Sirotin // Thermochimica Acta. – 2025. Vol. 748. – P. 179984. DOI: 10.1016/j.tca.2025.179984 (**WoS, Scopus**).

Публичные доклады на всероссийских и международных научных мероприятиях:

1. Горбунова Е.А. Исследование влияния природы заместителей на свойства полибензоксазинов на основе диаминов / **Е.А. Горбунова**, В.В. Петракова, Л.А. Соболева // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тезисы докладов XXXIII Российской молодежной научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора В.Ф. Барковского (Екатеринбург, 24 – 27 апреля 2023 года) – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2023. – С. 31.

2. Горбунова Е.А. Синтез новых бензоксазинов на основе изомеров диаминодифенилметана / Е.А. Горбунова, Л.А. Соболева // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2023» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2023. ISBN 978-5-317-06952-0.

3. Горбунова Е.А. Синтез новых бензоксазинов на основе изомеров диаминодифенилметана / **Е.А. Горбунова**, Л.А. Соболева, И.С. Сиротин // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 6 (268). – С. 39 – 41.

4. Горбунова Е.А. Исследование химической структуры полибензоксазина на основе 4,4'-диаминодифенилметана / **Е.А. Горбунова**, В.В. Шутов // Современные проблемы науки и полимерах: Программа и тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 13 – 17 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург, 2023. – 462 с. – С. 152.

5. Gorbunova E.A. Scheme of polymerization and chemical structure of polybenzoxazines based on diamines / Gorbunova E.A., Sirotin I.S., Shutov V.V. // ISPBZ-2024. 5th International symposium on polybenzoxazines: Book of abstracts. – Bangkok: Chulalongkorn University, 2024. – P. 22.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения в части:

п. 2. Синтез олигомеров, в том числе специальных мономеров, связь их строения и реакционной способности. 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.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Горбуновой Екатерины Александровны является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Горбуновой Екатерине Александровне; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Исследование закономерностей образования и структуры полибензоксазинов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры химической технологии пластических масс, состоявшемся «19» марта 2025 года, протокол № 10. В обсуждении приняли участие: профессор кафедры, д.х.н., профессор Киреев Вячеслав Васильевич; доцент кафедры, к.х.н., доцент Сиротин Игорь Сергеевич; и. о. заведующего кафедрой, к.х.н., доцент Биличенко Юлия Викторовна; профессор кафедры, д.х.н., профессор Дятлов Валерий Александрович; доцент кафедры, д.х.н., доцент Чистяков Евгений Михайлович; доцент кафедры, к.х.н., доцент Бредов Николай Сергеевич; доцент кафедры, к.х.н. Тупиков Антон Сергеевич; профессор кафедры, д.х.н., профессор Филатов Сергей Николаевич.

Принимало участие в голосовании 8 человек. Результаты голосования:
«За» - 8 человек, «Против» - 0 человек, «Воздержались» - 0 человек, протокол
№ 10 от «19» марта 2025 г.

Председатель заседания
и.о. заведующего кафедрой, к.х.н., доцент

Ю.В. Биличенко

Секретарь заседания
ассистент

А.А. Рыбян