

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Института

синтетических полимерных материалов им.

Н.С. Ениколопова Российской академии наук

чл.-корр. РАН, д.х.н.

Пономаренко С.А.

«09» сентября 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова
Российской академии наук по диссертационной работе Заборина Евгения Алексеевича
«Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные
фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителях»

Диссертационная работа Заборина Е.А. «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителях» выполнена в Институте синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН (ИСПМ РАН) в Лаборатории функциональных материалов для органической электроники и фотоники.

Тема диссертации была утверждена на заседании Ученого совета ИСПМ РАН (Протокол №10 от 22.10.2020 г.). В диссертационной работе использованы результаты, полученные при финансовой поддержке гранта на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития № 075-15-2024-560 от 25 апреля 2024 года.

Заборин Е.А. в 2017 году окончил Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева (квалификация – магистр) по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология». В 2019 году стал сотрудником Лаборатории функциональных материалов для органической электроники и фотоники ИСПМ РАН.

Научный руководитель: В.н.с., д.х.н. Борщев О.В., Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук Лаборатории функциональных материалов для органической электроники и фотоники ИСПМ РАН.

Диссертационная работа была заслушана на заседании Ученого совета ИСПМ РАН (протокол № 11 от 09.09.2025 г.).

На заседании присутствовало:

Присутствовали: 14 чел.

Отсутствовали: 7 чел.

Озерин А.Н.

Солдатова А.Е.

Зезин А.А.

Акопова Т.А.

Шевченко В.Г.

Кузнецов А.А.

Пономаренко С.А.

Миленин С.А.

Чвалун С.Н.

Бермешев М.В.

Гетманова Е.В.

Евтушенко Ю.М.

Литвинов А.Е.

Сосоров А.Ю.

Седуш Н.Г.

Борщев О.В.

Хавпачев М.А.

Агина Е.В.

Музафаров А.М.

Лупоносов Ю.Н.

Калинина А.А.

В ходе обсуждения диссертанту были заданы следующие вопросы:

Д.х.н. Агина Е.В.: непонятно постановка задачи, зачем вы это делали? Когда что-то меняется в структуре, то это делается с какой целью? Есть результаты, полученные с Полиной Шапошник, нужно их показать.

Д.х.н. Лупоносов Ю.Н.: также неясна постановка задачи. Зачем вводите гибкую цепь?

Д.х.н., чл.-корр. РАН, Пономаренко С.А.: основная фундаментальная задача – структурасвойства. Доклад представлен неправильно. Его нужно построить в ключе сделанных выводов.

Д.х.н., академик РАН, Музафаров А.М.: не знаю, что вам не нравится. Работа синтетически богатая, но доклад нужно переделать, правильно расставить акценты и представлять к защите. Алифатические и силоксановые цепи – очень гибкие, здесь у нас сочетание таких цепей. Предлагаю рекомендовать эту работу к защите.

Д.х.н., чл.-корр. РАН, Чвалун С.Н.: аннелированные фрагменты должны решить массу проблем, в докладе эта идея не прозвучала, нужно хорошо сформулировать задачу.

Д.х.н., чл.-корр. РАН, Озерин А.Н.: работа защищаема, может быть рекомендована к защите. Доклад никуда не годится. Нет проекта Заключения организации, вопросы не продуманы. В выводах не пишут о доказанной с помощью определенных методов о чистоте полученных соединений. Это само собой разумеющееся. Доклад сырой, не структурирован.

Д.х.н., чл.-корр. РАН, Пономаренко С.А.: рекомендовать к защите, скорректировать доклад.

Личный вклад автора

Автор принимал личное участие во всех этапах выполнения работы: от постановки задачи исследования, формирования плана работ, проведения анализа научно-технической литературы по проблеме, разработки методик синтеза, подготовки образцов для исследований, до проведения синтеза, обработки и анализа экспериментальных данных, обсуждения результатов и подведения итогов исследования, подготовки публикаций по

результатам исследований. Провел интерпретацию данных различных физико-химических методов анализа синтезированных промежуточных соединений и целевых полимеров, включая данные ЯМР-спектроскопии, ТГА, ДСК, ГПХ, элементного анализа.

Достоверность результатов исследования.

Достоверность результатов данной работы подтверждается комплексом физико-химических методов анализа, реализованных с применением современных методов и подходов, а также характеризуется непротиворечивостью согласно проведенным литературным исследованиям. Результаты исследований были представлены в виде научных статей и прошли рецензирование в российских и зарубежных изданиях, входящих в перечень «Scopus», «Web of Science» и RSCI.

Научная новизна.

Впервые разработаны методики синтеза и получены новые гребнеобразные полиметакрилаты и полисилоксаны, содержащие аннелированные фрагменты [1]бензотиено[3,2-b][1]бензотиофена (ВТВТ) и тиено[3,2-b]тиено[2',3':4,5]тиено[2,3-d]тиофена (ТТА) в составе боковых заместителей, а также линейные поликарбосилансилоксаны, содержащие фрагменты ВТВТ в составе основной полимерной цепочки. Методами ДСК, ТГА, ПОМ и рентгенофазового анализа показано влияние природы основной цепочки, количества и строения аннелированных фрагментов, длины алкильных спейсеров или концевых заместителей на термические свойства и фазовое поведение синтезированных полимеров. Изучение полупроводниковых свойств синтезированных полимеров в органических полевых транзисторах позволило выявить оптимальное химическое строение и состав функционального полимерного материала для достижения высокой подвижности носителей зарядов.

Практическая значимость работы.

Разработанные методики синтеза позволяют получать новые органические полупроводниковые материалы. Показано, что синтезированные полимеры могут быть использованы в качестве функционального материала для достижения высокой подвижности носителей зарядов в органических полевых транзисторах. Максимальная дырочная подвижность составила $1 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ в устройстве, изготовленном с использованием растворных технологий.

Соответствие специальности паспорту научной специальности.

Материалы диссертации соответствуют следующим направлениям исследований

паспорта научной специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения»:

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.

3. Основные признаки и физические свойства линейных, разветвленных, в том числе сверхразветвленных, и сетчатых полимеров, их конфигурация (на уровнях: звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация. Учет влияния факторов, определяющих конформационные переходы. Роль межфазных границ. Надмолекулярная структура и структурная модификация полимеров.

4. Химические превращения полимеров – внутримолекулярные и полимераналоговые, их следствия. Химическая и физическая деструкция полимеров и композитов на их основе, старение и стабилизация полимеров и композиционных материалов.

7. Физические состояния и фазовые переходы в высокомолекулярных соединениях. Реология полимеров и композитов.

Полнота изложения материалов диссертации.

Результаты работы были представлены на 11-ти международных и российских научных конференциях.

Тезисы докладов на конференциях:

1. **Заборин Е.А.**, Борщёв О.В., Скоротецкий М.С., Полинская М.С., Пономаренко С.А. Синтез и исследование свойств новых полимеров на основе аннелированных структур. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных (Ломоносов-2021). 12-23 апреля 2021 г.

2. **Zaborin E.**, Borshchev O., Skorotetsky M., Ponomarenko S. Synthesis and properties of the new linear polymers based on annelated structures // 7th International Fall School on Organic Electronics (IFSOE-2021). Москва, Россия, 12–16 сентября 2021.

3. **Zaborin E.**, Borshchev O., Polinskaya M., Skorotetsky M., Gorodov V., Ponomarenko S. Cutting-edge polymer materials functionalized with [1]benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene (BTBT) derivatives // VI Северо-Кавказский симпозиум по органической химии. Ставрополь, Россия, 18–22 апреля 2022 г.

4. **Заборин Е. А.**, Борщев О. В., Полинская М. С., Скоротецкий М. С., Городов В. В., Пономаренко С. А. Перспективные полимерные материалы на основе ПДМС и

диалкилпроизводного ВТБТ для органической электроники // Всероссийская школа-конференция с международным участием по биосовместимой электронике и робототехнике. Петрозаводск, Россия, 22–26 мая 2022 г.

5. **Zaborin E. A.**, Borshchev O. V., Skorotetsky M. S., Gorodov V. V., Bakirov A. V., Polinskaya M. S., Chvalun S. N., Ponomarenko S. A. Synthesis, thermal and phase behavior of polysiloxanes with grafted dialkyl-substituted [1]benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene groups // 8th International Fall School on Organic Electronics (IFSOE-2022) Таруса, Россия. 7–11 ноября 2022.

6. **Заборин Е. А.**, Борщев О. В., Скоротецкий М. С., Городов В. В., Полинская М. С., Пономаренко С. А. Новые кремнийорганические олигомеры, модифицированные диалкилпроизводными [1]бензотиено[3,2-б][1]бензотиофена: синтез, термическое и фазовое поведение // (ОЛИГОМЕРЫ-2022) Суздаль, Россия, 19–24 сентября 2022 г.

7. **Заборин Е. А.**, Борщев О. В., Городов В. В., Полинская М. С., Пономаренко С. А., Скоротецкий М. С. Новые полиорганосилоксаны с привитыми [1]бензотиено[3,2-б][1]бензотиофеновыми фрагментами // Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (Ломоносов-2023). Москва, Россия, 11–14 апреля 2023 г.

8. **Zaborin E. A.**, Borshchev O. V., Gorodov V. V., Ponomarenko S. A. New polysiloxane brushes modified with dialkyl derivatives of BTBT fragments // 9th International Fall School on Organic Electronics (IFSOE-2023). Москва, Россия. 15–19 октября, 2023.

9. **Заборин Е. А.**, Борщев О. В., Скоротецкий М. С., Городов В. В., Полинская М. С., Пономаренко С. А. Новые кремнеорганические материалы для органической электроники, модифицированные [1]бензотиено[3,2-б][1]бензотиофеновыми фрагментами // XVII Курчатовская междисциплинарная молодёжная научная школа. Москва, Россия, 20–23 марта 2023 г.

10. **Заборин Е. А.**, Борщев О. В., Гайдаржи В. П., Городов В. В., Шапошник П. А., Пономаренко С. А. Перспективные полисилоксаны, модифицированные диалкилпроизводными ВТБТ для устройств органической электроники // III Всероссийская школа-конференция с международным участием по биосовместимой электронике и робототехнике. Петрозаводск, Россия, 16–20 мая 2024 г.

11. **E.A. Zaborin**, O.V. Borshchev, V.P. Gaidarzhi, P.A.Shaposhnik, V.V. Gorodov., S.A. Ponomarenko // Synthesis and properties of novel polymers grafted with non-symmetric dialkyl BTBT derivatives for organic electronics. // 10th International Fall School on Organic Electronics (IFSOE-2024). Москва, Россия, 22-26 сентября 2024 г.

Результаты научных исследований по тематике диссертации опубликованы в 3-х научных статьях в российских и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК и

индексируемых в базах данных «Scopus», «Web of Science» и «Белый список» РЦНИ.

Статьи:

1. Simple synthesis of alkyl derivatives of tetrathienoacene and their application in organic field-effect transistors / M. S. Skorotetcky, O. V. Borshchev, E.A. Zaborin и др // Journal of Materials Chemistry C. – 2021. – Т. 9. – № 32. – С. 10216–10221.
2. Синтез, термическое и фазовое поведение полисилоксанов с привитыми диалкилзамещенными [1]бензотиено[3,2-b][1]бензотиофеновыми группами / Е. А. Заборин, О. В. Борщев, М. С. Скоротецкий, и др. // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2022. – Т. 64. – № 6. – С. 435-449.
3. Синтез и фазовое поведение нового кремнийорганического полимера с фрагментами [1]бензотиено[3,2-b][1]бензотиофена в основной цепи / Гудкова И. О. А. Заборин, О. В. Борщев и др. // Высокомолекулярные Соединения. Серия С. – 2024. – Т. 66. – № 1. – С. 82–92.

По итогам заседания Ученого совета принято следующее заключение.

Диссертационная работа Заборина Е.А. «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителей» полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, утвержденного постановлением Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 и приказом Минобрнауки России от 10 ноября 2017 года №1083, предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

По итогам заседания Ученого совета рекомендовать работу Заборина Е.А. Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителей» к защите на диссертационном совете 24.1.116.01 (Д 002.085.01) при ФГБУН ИСПМ РАН на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки).

Ученый секретарь ИСПМ РАН,

к.х.н.

Гетманова Е.В.