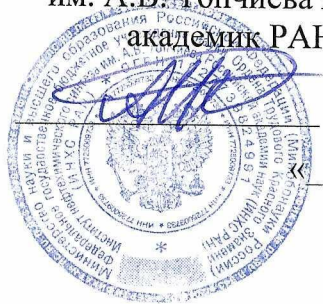


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт нефтехимического синтеза
им. А.В. Топчиева Российской академии наук
академик РАН, доктор химических наук



Максимов Антон Львович

«09» 12 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), на диссертационную работу Заборина Евгения Алексеевича **«Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителях»**, представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки).

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа Заборина Евгения Алексеевича представляет собой актуальное научное исследование, направленное на решение одной из ключевых задач современной материаловедения – разработки перспективных органических материалов с заданными электрофизическими характеристиками. Актуальность темы не вызывает сомнений и обусловлена острой потребностью в создании новых полупроводниковых полимеров, сочетающих высокие электронные характеристики с возможностью переработки из раствора для экономичных и масштабируемых методов печати.

Представленная работа выполнена на высоком научном уровне и демонстрирует системный подход к решению поставленных задач: от дизайна молекул и их синтеза до детального исследования физико-химических свойств, а также апробации в прототипах устройств, что позволяет не только расширить научные представления о взаимосвязи химического строения и функциональных свойств

макромолекул, но и предлагает конкретные материалы-кандидаты для применения в органических светодиодах или фотоэлементах.

Содержание и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, результатов и их обсуждений, выводов, списка литературы. Работа изложена на 182 страницах печатного текста, содержит 85 рисунков, 13 таблиц и 137 ссылок на источники литературы.

Во введении автор отразил актуальность темы диссертационного исследования, обосновал научную новизну, четко сформулировал цель и структурировал задачи исследования. Также были приведены положения, выносимые на защиту, степень достоверности, полнота опубликования в печати и апробация результатов.

Первая глава состоит из «Литературного обзора», в котором отражены разделы, посвященные получению [1]бензотиено[3,2-b][1]бензотиофена (ВТВТ), тиено[3,2-b]тиено[2',3':4,5]тиено[2,3-d]тиофена (тетратииеноацена, ТТА) и их производных различными способами. Затем автор уделяет внимание синтезу полимеров и сополимеров на основе ВТВТ и ТТА, их физико-химическим свойствам, а также их применению, что, несомненно, подчеркивает актуальность работы и необходимость дальнейшего исследования в данной области.

Во второй главе, посвященной экспериментальной части, автор описывается все синтетические методики используемых в работе промежуточных и целевых соединений: линейных полимеров на основе карбосилан-силоксановой цепи с различной длиной алкильного спейсера у фрагмента ВТВТ и трех серий гребнеобразных полимеров: полисилоксанов, содержащих заданное количество диалкилпроизводных фрагментов ВТВТ с различной длиной концевой алкильной группы; полисилоксана, содержащего диалкилпроизводные фрагменты ТТА; полиметакрилатов, содержащих диалкилпроизводные фрагменты ВТВТ с различной длиной концевой алкильной группы и алкильного спейсера.

Третья глава, «Обсуждение результатов», состоит из трех разделов. В первом разделе рассматривается получение полимеров с использованием реакций гидросилилирования, полимераналогичных превращений и радикальной

полимеризации. Во втором разделе представлены термические характеристики и фазовое поведение полученных полимеров, а также их зависимости от длины алкильных фрагментов и количества ВТВТ-содержащих групп. Третий раздел посвящен электрическим свойствам органических полевых транзисторах (ОПТ), изготовленных на основе полученных полимеров, а также смесей полимеров с С8-ВТВТ в различных соотношениях. Изучены термические, рентгеноструктурные свойства полученных смесей, а также морфология пленок ОПТ.

Стоит отметить, что структурно раздел «Обсуждение результатов» выстроен логически: в каждой главе есть введение, а также грамотно сформулированы выводы, подчеркивающие те или иные зависимости.

Достоверность результатов обусловлена использованием для подтверждения химического строения и изучения свойств синтезированных полимеров комплекса физико-химических методов анализа, реализованных с применением современных методов и подходов, а именно спектроскопии ЯМР на ядрах ^1H , ^{13}C , ^{29}Si , гель-проникающей хроматографии (ГПХ), элементного анализа, а также соответствии выявленных закономерностей литературным данным. Результаты работы были представлены в виде научных статей и прошли рецензирование в ведущих российских и зарубежных изданиях, входящих в базы данных «Scopus», «Web of Science» и «Белый список» РЦНИ.

Практическая значимость работы заключается в том, что представлена перспектива применения синтезированных полимеров в качестве активного слоя в органических полевых транзисторах, наносимого растворными методами. Достигнута максимальная дырочная подвижность в транзисторе на основе смеси одного из синтезированных полимеров и малой молекулы 2,7-диоктил-ВТВТ, изготовленном с использованием растворных технологий и составила $0,19 \text{ см}^2/\text{В с}$.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, а также представлены в виде докладов на российских и международных научных конференциях.

Автореферат и научные публикации достаточно полно отражают содержание диссертации. Содержание диссертации соответствует паспорту

специальности 1.4.7 Высокомолекулярные соединения (химические науки), а именно пп. 2, 3, 4 и 7:

Замечания к диссертационной работе, возникшие при прочтении:

1. Синтез полимеров с использованием реакции гидросилилирования (Рисунок 50) является ступенчатым процессом. В связи с этим, молекулярная масса образующихся полимеров может определяться отклонением от стехиометрического соотношения между мономерами, а не только лишь длиной алкильных спейсеров. Однако в работе это не обсуждается.
2. На кривых ТГА полимера $[\text{Si-O-Si-C}_{11}\text{-BTBT-C}_{11}]_n$ видно, что потеря массы, хоть и достигает 5% при 320-340 °С, начинается намного раньше (менее 200 °С). Это может быть связано с тем, что полимер недостаточно высушен перед анализом, а потеря массы обусловлена испарением остаточного растворителя. Возможно, он на самом деле не менее термически стабилен, чем $[\text{Si-O-Si-C}_6\text{-BTBT-C}_6]_n$.
3. Рис. 75 и его обсуждение в тексте содержат много неясностей и ошибок. Например, в легендах к рис. 75 «а» и «г» кривые, соответствующие первому нагреву и охлаждению, обозначены неверно.
4. Рис. 76 и 77 в основном тексте диссертации, а также 20 и 21 в автореферате перегружены (содержат очень большое количество кривых) и при этом низкого качества, что в совокупности затрудняет их восприятие. Можно было бы их увеличить, либо уменьшить количество кривых.
5. В тексте работы присутствует большое число трудночитаемых сокращений, затрудняющих чтение работы и вынуждающих искать по тексту структуры полимеров.
6. В тексте работы содержатся опечатки. Например, стр. 123: название подраздела содержит лишние символы; стр. 137: «5%-нов». В конце многих предложений отсутствуют точки. Разделители целых и дробных частей чисел оформлены неоднообразно: используются как запятые, так и точки.

Указанные в отзыве замечания и рекомендации носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Заборина Евгения Алексеевича «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителях» представляет собой завершённое научное исследование, отвечающее критериям оригинальности, новизны и практической значимости. Автор демонстрирует высокую квалификацию, глубокие знания в области химии полимеров и умение решать сложные научные задачи. Проведенное исследование, его результаты

и оформление диссертации полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 01 января 2025 г.), а ее автор, Заборин Евгений Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (химические науки).

Доклад Заборина Евгения Алексеевича по теме диссертации и отзыв ведущей организации были заслушаны и обсуждены на заседании секции «Высокомолекулярные соединения» Ученого совета ИНХС РАН (протокол №15 от 9 декабря.2025 г.).

Отзыв подготовил: кандидат химических наук (специальность 02.00.06 (1.4.7) – Высокомолекулярные соединения, (хим. науки)), старший научный сотрудник



Алентьев Дмитрий Александрович

09.12.2025

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)

Должность: старший научный сотрудник лаборатории кремнийорганических и углеводородных циклических соединений ИНХС РАН.

Контактные данные: тел.: +7 (495) 647-59-27*301, e-mail: d.alentiev@ips.ac.ru

Сайт организации: <http://www.ips.ac.ru>

Электронная почта организации: tips@ips.ac.ru

Почтовый адрес: 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 29.

Подпись кандидата химических наук, старшего научного сотрудника Алентьева Дмитрия Александровича заверяю.

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, доктор химических наук, доцент



09.12.2025

Ю.В. Костина

