

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА
Заседания диссертационного совета 24.1.116.01 (Д 002.085.01)
На базе ФГБУН Института синтетических полимерных материалов
им. Н. С. Ениколопова
Российской академии наук

от 23 октября 2025 года № 14

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ – д.х.н., член-корр. РАН, А.Н. Озерин
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ – д.х.н. О.В. Борщев

ПОВЕСТКА ДНЯ

I Прием к защите диссертации А.Г. Хмельницкой на тему: «Синтез поли(диметил)(метилвинил)силоксанов в активной среде, их модификация тиолами и композиции на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения, химические науки.

II Прием к защите диссертации Е.А. Заборина на тему: «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителей», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения, химические науки.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

На основании явочного листа на заседании присутствует 14 членов диссовета из 18, из них очно 9, более 50% от общего числа присутствующих. Необходимый кворум есть.

ФИО	Уч. степень, шифр специальности	Форма участия
Озерин А.Н.	д.х.н., чл.-корр. РАН 02.00.06	очно
Борщев О.В.	д.х.н. 1.4.7	очно
Акопова Т.А.	д.х.н. 02.00.06	очно
Агина Е.В.	д.х.н. 02.00.06	очно
Евтушенко Ю.М.	д.х.н. 02.00.06	очно
Зезин А.А.	д.х.н. 02.00.06	очно
Зеленецкий А.Н.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Кузнецов А.А.	д.х.н. 02.00.06	очно
Пономаренко С.А.	д.х.н., чл.-корр. РАН 02.00.06	очно
Серенко О.А.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Сергеев В.Г.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Фельдман В.И.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Чвалун С.Н.	д.х.н., чл.-корр. РАН 02.00.06	дистанционно
Шевченко В.Г.	д.х.н. 02.00.06	очно

Необходимый кворум есть.

Экспертная комиссия в составе д.х.н., профессора Кузнецова Александра Алексеевича, д.х.н. Серенко Ольги Анатольевны, д.х.н. Зезина Алексея Александровича, утвержденная решением Диссертационного совета 24.1.116.01 (Д 002.085.01) №13 от 10 октября 2025 г., ознакомилась с диссертацией Заборина Евгения Алексеевича на тему «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителях».

По результатам рассмотрения диссертации «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителях» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Заборина Евгения Алексеевича посвящена синтезу и исследованию свойств, в том числе полупроводниковых, новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты, такие как [1]бензотиено[3,2-*b*][1]бензотиофен (ВТВТ) и тиено[3,2-*b*]тиено[2',3':4,5]тиено[2,3-*d*]тиофен (тетратииеноацен, ТТА), в составе основной цепи или боковых заместителей. **Главным результатом работы** являются разработанные автором методы синтеза и полученные новые гребнеобразные полисилоксаны и полиметакрилаты, содержащие аннелированные фрагменты **ВТВТ** и **ТТА** в составе боковых заместителей, а также линейные поликарбосилансилоксаны, содержащие фрагменты **ВТВТ** в составе основной полимерной цепи. Исследование термических свойств и фазового поведения синтезированных полимеров методами ДСК, ТГА, поляризационной оптической микроскопии и мало- и широкоугольного рентгеновского рассеяния показало, что большинство из полученных полимеров образует насцентную кристаллическую, а также упорядоченную и неупорядоченную смектические фазы, температурный интервал существования которых определяется химическим строением изученных образцов: природой полимерной цепи, количеством и строением привитых аннелированных звеньев, а также длиной алифатических заместителей при аннелированных фрагментах. Обнаружено, что замена метакрилатной полимерной цепи на силоксановую в гребнеобразных полимерах с фрагментами **ВТВТ** приводит к повышению температур и энтальпий фазовых переходов ввиду большей гибкости силоксановой полимерной цепи, которая облегчает упорядочение аннелированных фрагментов. Для гребнеобразных силоксановых сополимеров выявлено, что увеличение мольной доли звеньев, содержащих аннелированные фрагменты от 20 до 100%, приводит к повышению температуры и энтальпии фазовых переходов, при этом увеличение длины алкильного концевой фрагмента незначительно понижает температуру, но существенно повышает энтальпию фазовых переходов. Показано, что увеличение длины алифатического спейсера между аннелированными и силоксановыми фрагментами в основной цепи кремнийорганических полимеров приводит к повышению температуры и энтальпии фазовых переходов. Аналогичный эффект наблюдается для метакрилатных полимеров, содержащих привитые фрагменты **ВТВТ** с различной длиной алкильного спейсера. 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. Максимальная дырочная подвижность составила $1 \times 10^{-2} \text{ см}^2 \text{В}^{-1} \text{с}^{-1}$ для полисилоксана, содержащего 50% фрагментов **ВТВТ** с концевыми октильными заместителями. Автором показано, что добавление синтезированных привитых полимеров,

содержащих ВТВТ фрагменты в боковых заместителях, к С8-ВТВТ значительно повышает стабильность ОПТ при хранении и увеличивает подвижность носителей зарядов в полученных полупроводниковых композициях до $0,19 \text{ см}^2 \text{В}^{-1} \text{с}^{-1}$.

Актуальность работы

Органические полупроводниковые полимерные материалы представляют большой интерес для органической электроники в связи с их уникальными электрическими свойствами, механической гибкостью, возможностью переработки из растворов и посредством печатных методов. Такие материалы могут быть использованы для создания устройств нового поколения - гибких дисплеев, сенсоров, солнечных фотоэлементов и других устройств печатной электроники. Особое место в ряду органических полупроводников занимают π -сопряженные полимеры, среди которых выделяются аннелированные структуры, такие как производные ВТВТ и ТТА, а также их аналоги. Плоское строение и жесткость молекулярных фрагментов в таких системах способствуют эффективному внутримолекулярному π - π -сопряжению, облегчает перенос зарядов между сегментами соседних полимерных цепей, что приводит к снижению ширины запрещенной зоны, повышению подвижности носителей заряда и улучшению термической стабильности получаемых материалов. Присоединение аннелированных структур к основной цепи полимеров позволяет получить макромолекулы с заданными электронными характеристиками, а из них – материалы с требуемыми электрическими свойствами. Разработка таких материалов с заданными свойствами является актуальной задачей и требует глубокого понимания взаимосвязи «структура–свойство», поскольку на итоговые характеристики полимера влияют множество различных факторов: химическая природа полимерной цепи, строение привитого аннелированного фрагмента, растворимость, способность к упорядоченности макромолекул и др. Высокая растворимость и стабильность получаемых соединений являются необходимым условием для формирования качественных функциональных слоев методами струйной и рулонной печати, что в перспективе позволит перейти от лабораторных образцов к промышленному производству гибких электронных устройств. В связи с этим, диссертационное исследование Заборина Е.А., направленное на решение этих задач, является актуальным.

Цель диссертационной работы Заборина Е.А. заключается в синтезе новых полимеров, содержащих фрагменты ВТВТ и ТТА в составе основной цепи или боковых заместителей и выявление закономерностей между структурой и свойствами для полученных функциональных полимерных материалов.

Научная новизна полученных результатов. Впервые разработаны методы синтеза и получены новые гребнеобразные полисилоксаны и полиметакрилаты, содержащие аннелированные фрагменты ВТВТ и ТТА в составе боковых цепей, а также линейные поликарбосилансилоксаны, содержащие фрагменты ВТВТ в составе основной полимерной цепи. Методами термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), поляризационной оптической микроскопии (ПОМ) и рентгенофазового анализа (РФА) изучены термические свойства и фазовое поведение синтезированных полимеров и выявлено влияние на них природы основной полимерной цепи, количества и строения аннелированных фрагментов, длины алкильных спейсеров и концевых заместителей. Изучение полупроводниковых свойств синтезированных полимеров в органических полевых транзисторах позволило выявить оптимальное

химическое строение и состав функционального полимерного материала для достижения высоких подвижностей носителей зарядов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработаны методы синтеза, позволяющие получать новые линейные и гребнеобразные макромолекулы заданного химического строения и топологии, обладающие полупроводниковыми свойствами. Выявлены основные фундаментальные закономерности между структурой и свойствами таких макромолекул и функциональных материалов на их основе. Практическая значимость работы состоит в том, что синтезированные полимеры могут быть использованы в качестве активного слоя в органических полевых транзисторах, наносимого растворными методами. Максимальная дырочная подвижность в транзисторе на основе смеси одного из синтезированных полимеров и малой молекулы 2,7-диоктил-ВТBT, изготовленном с использованием растворных технологий, составила $0,19 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.

Комиссия отмечает, что диссертация Заборина Е.А. соответствует пунктам 2, 3 и 9 паспорта научной специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения» и отрасли науки – химические. Результаты работы были опубликованы в виде 3 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Материалы работы также были представлены в виде устных и стендовых докладов на 12 международных и всероссийских конференциях.

В публикациях и докладах диссертанта подробно изложены основные положения и содержание проведенных теоретических и экспериментальных исследований. Работа полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г. в актуальной редакции, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Заключение

В представленном виде диссертация Заборина Е.А. соответствует требованиям ВАК и может быть принята к защите Диссертационным советом 24.1.116.01 (Д 002.085.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова» Российской академии наук (ИСПМ РАН).

Постановили:

1. Принять к защите диссертационную работу Заборина Е.А. на тему «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.

2. Утвердить в качестве официальных оппонентов:

Фёдорову Ольгу Анатольевну, доктора химических наук, профессора, заместителя директора по научной работе, руководителя отдела элементоорганических соединений, заведующую лабораторией фотоактивных супрамолекулярных систем ФГБУН «Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова», г. Москва;

Якиманского Александра Вадимовича, доктора химических наук, научного руководителя филиала ФГБУ «Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт» - Института высокомолекулярных соединений, руководителя лаборатории 14 Полимерных наноматериалов и композиций для оптических сред, г. Санкт-Петербург.

3. Утвердить в качестве ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), г. Москва.

4. Назначить срок защиты – 25 декабря 2025 года.

5. Утвердить список рассылки автореферата.

6. Разрешить печать автореферата в количестве 120 экземпляров.

Открытым голосованием решение диссертационного совета принимается единогласно.

Председатель диссертационного
совета 24.1.116.01 (Д 002.085.01),
д.х.н., член-корр. РАН

Ученый секретарь, д.х.н.

