ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.03 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 17/26
решение диссертационного совета от
«08» сентября 2026 года, № 2

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Романову Никите Сергеевичу, представившему диссертационную работу на тему «Высокотеплопроводные полимерные композиционные наноматериалы на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита» по научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Диссертация принята к защите «26» июня 2026 года, протокол № 1, диссертационным советом РХТУ.2.6.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева).

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 14 человек приказом временно исполняющего обязанности ректора № 16 ОД от «03» февраля 2022 г., № 140 А от «26» апреля 2022 г., № 268 А от «08» июля 2022 г., № 73 А от «14» марта 2023 г., № 417 А от «25» декабря 2023 г., № 249 А от «27» сентября 2024 г.

Соискатель Романов Никита Сергеевич, 06 мая 1997 года рождения. В 2019 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», кафедру химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов Факультета нефтегазохимии и полимерных материалов, бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 – Химическая технология. Диплом бакалавра с отличием № 107718 0953828, выдан 02 июля 2019 года.

С 01.09.2019 года по 31.08.2021 года обучался очно в магистратуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 28.04.03 – Наноматериалы. Диплом магистра с отличием №107731 0505183, выдан 05.07.2021 года.

С 01.09.2021 года по 31.08.2025 года обучался очно в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности 28.06.01 – Нанотехнологии и наноматериалы присвоена квалификация «Преподаватель. Преподаватель-исследователь». Диплом об окончании аспирантуры №107734 0245730, выдан 02.07.2025 года.

С 2019 по 2023 год работал инженером лаборатории синтеза и исследования новых материалов АО «НИИграфит». С 2023 по настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника. Принимал активное участие в проектах, направленных на разработку новых композиционных материалов для нужд электроники, энергетики и атомной промышленности. За время трудовой деятельности в соавторстве опубликовано 5 научных работ в рецензируемых изданиях, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, 2 патента РФ на изобретение, 12 научных работ в рецензируемых изданиях, входящих в РИНЦ и 1 ноу-хау.

Научный руководитель:

Данилов Егор Андреевич, кандидат химических наук по специальности 1.4.10 — Коллоидная химия, начальник управления функциональных материалов Акционерного общества «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе

графита «НИИграфит»

Официальные оппоненты:

Дьячкова Татьяна Петровна, доктор химических наук, профессор кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» Тамбовского государственного технического университета;

Гудков Максим Владимирович, кандидат химических наук, технический директор Общества с ограниченной ответственностью «М-Шейп».

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС).

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 16 научных публикациях, 5 из которых в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus. Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад автора составляет от 70 % и заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе и обсуждении полученных результатов, написании работ. Результаты работ прошли апробацию на 8 всероссийских и международных научных конференциях, получено 2 патента РФ на изобретение. Данные об опубликованных работах, представленные в диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Romanov N.S.** Preparation of Boron Nitride Nanosheets by Liquid-Phase Sonication: Selection of Dispersion Medium / N.S. Romanov, E.M. Bogomolova, E.A. Danilov // Colloid Journal – 2026. – Vol. 88, No. 1, P. 198–210 (Scopus)
2. **Romanov N.S.** Obtaining and Thermophysical Properties of Thermal Liners Based on Silicone Elastomer Filled with Hexagonal Boron Nitride / N.S. Romanov, E.A. Danilov, E.M. Gurova, E.A. Grishukhina // Journal of Engineering Physics and Thermophysics – 2024. – Vol. 97, No. 6, P.1605–1612. (Scopus)
3. **Romanov N.S.** Thermal and dielectric properties of elastomeric silicone-based films filled with hexagonal boron nitride / N.S. Romanov, E.A. Danilov, E.M. Gurova, E.A. Grishukhina, V.M. Samoilov // Inorganic Materials: Applied Research – 2026. – Vol. 17, No. 1, P.127–135. (Scopus)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) Отзыв официального оппонента, доктора химических наук, профессора кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» Тамбовского государственного технического университета **Дьячковой Татьяны Петровны**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. На стр. 52 работы представлено изображение эффекта Тиндаля, наблюдаемого в суспензии нанолистов нитрида бора в этаноле. Это свидетельствует лишь о присутствии в системе частиц, рассеивающих свет, но не об их наноразмерности и агрегативной стабильности во времени. Какими экспериментальными данными подтверждалось, что полученные суспензии ННБ и ЭГ сохраняют свои свойства длительное время (например, в течение нескольких дней или недель), что необходимо для их дальнейшего использования в качестве наполнителя? Проводились ли измерения концентрации или размера частиц с течением времени?

2. При проведении эксперимента для определения оптимальной дисперсионной среды использовалось центрифугирование суспензий при 5000 об/мин, а для получения конечного продукта – при 3000 об/мин. Поскольку скорость центрифугирования влияет на фракционный состав суспензии, было бы полезно пояснить, чем обусловлена эта разница, и как она сказывается на воспроизводимости и масштабируемости технологии.

3. В методической части использован термин «рентгеноструктурный анализ», тогда как по фактическому содержанию (идентификация фаз, оценка размеров кристаллитов) проведён рентгенофазовый анализ.

4. Сушка суспензий эксфолиированных частиц при 100 °С для получения порошков, которые затем используются для приготовления ПКМ, могла приводить к агрегации нанолистов. Как оценивался данный фактор?

5. В работе утверждается, что параметры растворимости Хансена для нанолистов нитрида бора и эксфолиированного графита "близки", что объясняет схожесть их поведения при эксфолиации. Однако разница по водородной составляющей (δH) составляет 4,1 $МПа^{1/2}$, что в теории Хансена является существенным расхождением. В связи с этим было бы целесообразно привести статистические критерии значимости, либо использовать более осторожную формулировку.

6. В заключительном выводе говорится о "температурной стабильности" теплофизических свойств, однако из представленных данных следует, что температуропроводность снижается на 25% при нагреве до 100 °С. Как определяется "стабильность" в данном контексте? Не является ли это снижение существенным для практического применения термоинтерфейса, и как оно соотносится с требованиями к стабильности свойств в рабочем диапазоне температур электронных устройств?

7. Сравнение результатов автора диссертационной работы с литературными данными вызывает ряд вопросов. Например, сравнение концентрации нанолистов, полученных в разных по химической природе системах (водно-спиртовая среда vs моноэтаноламин; этанол vs N-метилпирролидон), не вполне корректно без экспериментальной проверки в идентичных условиях. Во-вторых, утверждение о превосходстве полученных значений теплопроводности (5,5 и 63 Вт/м·К) нуждается в уточнении, поскольку в литературе существуют работы с более высокими значениями (для BN-композитов до 10 Вт/м·К, для графеновых термоинтерфейсов более 140 Вт/м·К). Неясно, по каким критериям отбирались литературные данные для сравнения и почему исключены работы с использованием ПАВ, позволяющих достигать более высоких концентраций.

В заключении указано, что с точки зрения актуальности, научной новизны, теоретической и практической значимости диссертация Романова Никиты Сергеевича «Высокотеплопроводные полимерные композиционные наноматериалы на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённым приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Романов Никита Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

2) Отзыв официального оппонента, кандидата химических наук, технического директора Общества с ограниченной ответственностью «М-Шейп» **Гудкова Максима Владимировича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В формулировках положений, выносимых на защиту, хотелось бы видеть конкретный результат, а не общее описание положений.

2. В работе для получения нанодобавки в композиты была использована исходная концентрация суспензии h-BN 10 г/л, однако при 50 г/л наблюдается более высокая концентрация наночастиц. С чем связан этот выбор?

3. Из текста работы осталось не до конца ясно, какой механизм обусловливает увеличение коэффициента теплопроводности материала при введении наночастиц?

4. На странице 57 диссертации указано, что для получения образцов на основе ПВДФ использовался ДМФА, удаление которого осуществляли при конечной температуре 135°С. ДМФА относится к классу высококипящих растворителей и, как правило, для его полного удаления из системы применяют вакуумную сушку при повышенной температуре. В связи с чем возникает вопрос, как контролировалась полнота удаления растворителя? Если предположить, что растворитель удалился из системы не полностью, на сколько сильное влияние его остаточное количество могло оказать на конечные свойства образцов с ПВДФ?

5. На странице 79 диссертации присутствует фраза «разработанная в данной работе технология ультразвуковой эксфолиации...», которая, по моему мнению, не отражает реального результата проделанной работы. Сложно назвать разработанный подход – технологией.

6. На странице 82 приводится очень интересный результат, который показывает, что в случае применения для эксфолиации графита систем этанол-вода, зависимости концентрации эксфолиированных частиц в суспензии от времени проходят через максимум. Автор объясняет этот эффект следующим образом: «Причина такого поведения может заключаться в том, что после определенной продолжительности эксфолиации в водно-спиртовой смеси происходит образование большого числа частиц ЭГ и соответственно увеличение поверхности раздела фаз, что приводит к снижению агрегативной устойчивости суспензии». Возникает вопрос, почему тогда этот эффект не наблюдается в случае с суспензиями h-BN?

7. На странице 84 приводится анализ ПЭМ снимков эксфолиированных частиц графита. Автор подмечает совершенно неочевидный с точки зрения общих соображений результат «что заметная часть частиц ЭГ по форме представляет собой наноленты». Кажется, что при эксфолиации графитовых частиц должны получаться частицы случайной формы. Как объяснить полученный результат?

8. На странице 101 присутствует утверждение: «В результате эксперимента по получению образцов термопрокладок было установлено, что дальнейшее повышение концентрации для данной технологии и состава компаунда неблагоприятно сказывается механических свойствах образцов», однако никаких данных по механическим свойствам не приведено.

В заключении указано, что диссертационная работа Романова Никиты Сергеевича на тему «Высокотеплопроводные полимерные композиционные наноматериалы на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, определенным Положением о порядке присуждения степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённым приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Романов Никита Сергеевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

3) Отзыв ведущей организации – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС). Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В работе получены высоконаполненные дисперсными частицами композиционные материалы, для которых известно, что физико-механические характеристики значительно падают с ростом степени наполнения. Это делает возможным ситуацию, когда полученные материалы обладая выдающимися значениями тепловых и электрических свойств могут оказаться не применимыми в силу незначительной прочности. В диссертационном исследовании оценки прочностных характеристик не представлены.

2. Для полученных образцов композиционных материалов не представлены данные сканирующей электронной микроскопии, которые позволили бы объяснить вопросы, связанные с формированием проводящих сеток и причинах возникновения анизотропии.

3. В работе есть ряд неточностей в оформлении и представлении полученных результатов. На рисунках 25, 27, 44-46, 48-52 не показаны доверительные интервалы для представленных данных. На части рисунков (рисунки 47, 49, 51) экспериментальные точки связаны не линиями тренда, а просто соединены между собой, и такие зависимости в тексте работы не рассмотрены.

В заключении указано, что диссертация Романова Никиты Сергеевича

«Высокотеплопроводные полимерные композиционные наноматериалы на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита» представляет собой законченную научно-квалификационную работу по уровню и содержанию, соответствующую требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённого приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Романов Никита Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки).

Диссертацию, автореферат и отзыв обсуждали на заседании объединенного научно-технического семинара кафедры Физической Химии и Научно-исследовательского центра композиционных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» (НИТУ МИСИС), протокол №№ 17-25/26 от 1 июля 2026 года.

Отзыв подготовлен директором Научно-исследовательского центра композиционных материалов, доцентом кафедры Физической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» (НИТУ МИСИС), кандидатом химических наук Степашкиным А.А.

4) Отзыв на автореферат диссертации доктора физико-математических наук, профессора, заместителя заведующего кафедрой химической технологии и новых материалов МГУ имени М.В. Ломоносова **Ионова Сергея Геннадьевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Полученные частицы обладают толщиной 25-40 нм, в то время как в литературе описаны случаи получения моно- или малослойных частиц. Представляет интерес сравнение результатов, полученные на основе описанных в работе наночастиц, с опытом использования частиц меньшей толщины.
2. Контролировалась ли агрегация частиц при исследовании водно-спиртовых суспензий эксфолиированного графита?
3. Выход целевых нанолистов составляет 8-14 %. Имеются ли предложения по практическому использованию остального материала?

5) Отзыв на автореферат диссертации доктора технических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории функциональных наноматериалов Московского физико-технического института **Бобринецкого Ивана Ивановича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Отсутствие в автореферате пояснений относительно возможных причин наличия промежуточного порогового значения концентрации нанолистов как эксфолиированного графена, так и листов нитрида бора при времени ультразвуковой обработки порядка 5-7 часов (рисунок 2 автореферата).
2. В автореферате отсутствует указание на тип подложек, использованных при проведении измерений толщины листов эксфолиированного графена и нитрида бора, а также конкретный режим измерений (контактный, полуконтактный или бесконтактный), что может повлиять на корректность выводов относительно полученных значений толщин листов.

6) **Отзыв на автореферат диссертации** кандидата технических наук, доцента кафедры «Технология электрохимических производств и химии органических веществ» ФГБОУ ВО «Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева» **Титова Евгения Юрьевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Почему при оценке наиболее подходящих составов дисперсионных сред не был использован радиус взаимодействия R_0 и отношение R_a/R_0?
2. Автор приводит данные, свидетельствующие о наличии у графита довольно высоких значений полярной и водородной составляющих параметров Хансена, однако химические связи в графите ковалентные неполярные. С чем это может быть связано?

7) **Отзыв на автореферат диссертации** кандидата технических наук, доцента «Сектора научной деятельности» ФГАОУ ВО «Московского политехнического университета» **Щеголькова Алексея Викторовича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Из текста автореферата неясно, каким образом обеспечивалась долговременная агрегативная устойчивость полученных суспензий ННБ и ЭГ при хранении, и производилась ли оценка изменения их концентрации во времени.
2. В работе недостаточно подробно изложена методика получения ПКМ, в частности не описаны способы обеспечения равномерного распределения микрочастиц и нанолистов в объёме материала.
3. Поскольку четвертая задача посвящена смешению микрочастиц и нанолистов, следует более подробно обосновать целесообразность введения микрочастиц, а также описать характер их взаимодействия с нанолистами.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций в области получения двумерных материалов различной природы, а также исследования полимерных композиционных материалов на их основе, и позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

получены суспензии нанолистов нитрида бора концентрации до 3,3 г/л с выходом до 10% в водно-спиртовых средах и нанолистов графита концентрацией до 1,4 г/л с выходом до 14% в этаноле, что превосходит лучшие опубликованные данные, которые составляют 1,86 г/л для нанолистов нитрида бора в смеси моноэтаноламин/вода и 1,0 г/л для нанолистов графита в N-метил-2-пирролидоне.

определены параметры растворимости Хансена для нанолистов нитрида бора и графита, полученных методом ультразвуковой эксфолиации.

определены оптимальные интервалы составов водно-спиртовых сред для проведения процесса ультразвуковой эксфолиации, а также термодинамические параметры (изменение энтропии смешения, энтальпии смешения и энергии Гиббса смешения) процесса эксфолиации.

установлены зависимости выхода и концентрации нанолистов нитрида бора и графита от состава водно-спиртовой дисперсионной среды, начальной концентрации слоистого кристалла и продолжительности эксфолиации.

получены полимерные композиционные материалы на основе графита с коэффициентом теплопроводности более 63 Вт/м·К при анизотропии коэффициента теплопроводности до 18. На основе нитрида бора **получены** диэлектрические материалы с коэффициентом теплопроводности более 5,5 Вт/м·К с диэлектрической проницаемостью менее 3,3 и тангенсом угла диэлектрических потерь менее 0,02. Свойства разработанных материалов превосходят лучшие опубликованные литературные данные.

показано, что теплофизические свойства материалов со смешанными наполнителями выше, чем материалов, полученных с использованием только микро- или наночастиц, при

этом максимальному коэффициенту теплопроводности 72 Вт/м·К для пленок силикон/графит и 6,9 Вт/м·К для пленок силикон/нитрид бора соответствует содержание нанолистов 5 % от общего объема наполнителя.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что:

показана возможность получения суспензий нанолистов нитрида бора и графита с помощью эксфолиации в ультразвуковой ванне. Наиболее высокого выхода удалось достичь при продолжительности эксфолиации 24 часа, исходной концентрации частиц 10 г/л в этаноле для графита и в смеси вода/этанол для нитрида бора.

рассчитаны параметры растворимости Хансена для нанолистов нитрида бора и графита. На основе полученных значений определен оптимальный состав водно-спиртовой дисперсионной среды для проведения эксфолиации и произведена оценка термодинамических параметров процесса эксфолиации.

показано, что использование графита и нитрида бора, в т.ч. с добавлением нанолистов, в качестве наполнителя позволяет получить наполненные силиконы с уникальным комплексом тепло- и электрофизических свойств, что открывает пути для использования их в качестве термоинтерфейсов для охлаждения современных теплонагруженных электронных устройств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные данные получены с использованием современного аналитического оборудования с последующей статистической обработкой полученных результатов и анализом их воспроизводимости;

выводы диссертации хорошо сформулированы, обоснованы и согласуются с современными научными представлениями о получении, физико-химических свойствах и возможностях применения нанолистов нитрида бора и графита и полимерных композиционных материалов на их основе.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и планировании исследования, постановке цели и задач (совместно с научным руководителем), выполнении экспериментов, анализе и интерпретации результатов, формулировании выводов и подготовке публикаций.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая направлена на разработку методов получения нанолистов нитрида бора и графита с заданными морфологией и выходом и исследование влияния их наличия на теплофизические свойства полимерных композиционных материалов для охлаждения электронных устройств.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы, в части п.1.1 «Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки, в том числе посредством формирования наноструктур на подложках, объёмного модифицирования расплавов, пластической деформации, консолидации нанопорошков, модифицирования поверхности материалов, облучения ускоренными частицами, термической и термомеханической обработки; разработка технологий и оборудования», п.1.2 «Исследование влияния параметров элементов структуры на свойства наноматериалов», п.1.3 «Исследование фазовых равновесий, фазовых переходов, поверхностных явлений в наноматериалах» и п.1.5 «Исследование взаимосвязи химического и фазового составов, структурного состояния с физическими, механическими, химическими, технологическими, эксплуатационными и другими свойствами наноматериалов».

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация Романова Никиты Сергеевича «Высокотеплопроводные полимерные композиционные наноматериалы на основе эксфолиированных нанолистов нитрида бора и графита»

соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 года № 103 ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.03 РХТУ «08» сентября 2026 года принято решение о присуждении Романову Никите Сергеевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Присутствовало на заседании – 13 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 5, из них в режиме видеоконференции 2.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» - 9

«против» - нет,

«воздержались» - нет.

Проголосовали 4 члена диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за» - 4,

«против» - нет,

«воздержались» - нет.

Итоги голосования:

«за» - 13

«против» - нет,

«воздержались» - нет.

Заместитель председателя диссертационного совета д.х.н., профессор Горбунова И.Ю.

Ученый секретарь диссертационного совета к.х.н., доцент Мурадова А.Г.

Дата «08» сентября 2026 г.