

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.086.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ БАСКАКОВОЙ КСЕНИИ ИВАНОВНЫ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 15 февраля 2023 года № 2

О присуждении Баскаковой Ксении Ивановне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Пассивные оптические элементы на основе полимеров и углеродных наноструктур для микроволнового и терагерцового диапазонов частот» в виде рукописи по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 19.10.2022 г. (протокол заседания № 18) диссертационным советом 24.1.086.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН), Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, д. 3, действующего на основании приказа Минобрнауки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Баскакова Ксения Ивановна, 23 февраля 1992 года рождения, в 2017 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению подготовки магистратуры 03.04.02 «Физика». В период подготовки диссертации с августа 2017 г. по июль 2022 г. Баскакова Ксения Ивановна обучалась в очной аспирантуре ИНХ СО РАН. С ноября 2017 года работает в должности младшего научного сотрудника в Лаборатории физикохимии наноматериалов ИНХ СО РАН, Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена в Лаборатории физикохимии наноматериалов ИНХ СО РАН, Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Седельникова Ольга Викторовна, старший научный сотрудник Лаборатории физикохимии наноматериалов ИНХ СО РАН.

Официальные оппоненты:

**Кибис Олег Васильевич**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), главный научный сотрудник Кафедры теоретической и прикладной физики;

**Красников Дмитрий Викторович**, кандидат химических наук, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», старший научный сотрудник Лаборатории наноматериалов;  
дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск в своем положительном отзыве, подписанном чл.-к. РАН Бабиным Сергеем, доктором физико-математических наук, директором ИАиЭ СО РАН, составленным кандидатом технических наук Николаевым Назаром Александровичем, указала, что диссертационная работа К.И. Баскаковой на тему «Пассивные оптические элементы на

основе полимеров и углеродных наноструктур для микроволнового и терагерцового диапазонов частот», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, является актуальной, логически завершенной научной работой, содержащей принципиально новые, важные для науки и практики результаты. По объему выполненных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям, изложенным в п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 20.03.2021 г.), а ее автор, Баскакова Ксения Ивановна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия. Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на объединенном научном семинаре Тематической группы терагерцовой фотоники и Лаборатории спектроскопии конденсированных сред ИАиЭ СО РАН (протокол № 1 от 17 января 2023 г.).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований, и индексируемых базами данных Web of Science и Scopus. Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составляет 51 стр. (6,4 печ. л.), личный вклад автора – 1,3 печ. л. Недостоверные сведения о работах, опубликованных автором диссертации, отсутствуют.

*Наиболее значимые работы по теме диссертации:*

1. Sedelnikova O.V., Baskakova K.I., Gusel'nikov A.V., Plyusnin P.E., Bulusheva L.G., Okotrub A.V. Percolative composites with carbon nanohorns: low-frequency and ultra-high frequency response // *Materials*. – 2019. – Vol. 12. – №. 11. – 1848.

2. Baskakova K. I., Sedelnikova O.V., Lobiak E.V., Plyusnin P.E., Bulusheva L.G., Okotrub A.V. Modification of structure and conductivity of nanohorns by toluene addition in carbon arc // *Fullerenes, nanotubes and carbon nanostructures*. – 2020. – Vol. 28. – №. 4. – P. 342-347.

3. Baskakova K.I., Sedelnikova O.V., Maksimovskiy E.A., Asanov I.P., Arymbaeva A.T., Bulusheva L.G., Okotrub A.V. Effect of toluene addition in an electric arc on morphology, surface modification, and oxidation behavior of carbon nanohorns and their sedimentation in water // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11. – №. 4. – 992.

На диссертацию и автореферат диссертации поступило **четыре** отзыва. Все отзывы положительные, три – с вопросами и замечаниями. Отзывы поступили от: **к.ф.-м.н. Арутюнян Натальи Рафаэлевны**, старшего научного сотрудника лаборатории наноуглеродных материалов ФГБОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»; **к.х.н., доцента Кузнецова Владимира Львовича**, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией наноструктурированных углеродных материалов ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН; **к.ф.-м.н., доцента Суслева Валентина Ивановича**, доцента кафедры радиоэлектроники, радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; **д.ф.-м.н., профессора Максименко Сергея Афанасьевича**, директора НИУ «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета. *Замечания к автореферату* носят уточняющий и рекомендательный характер и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов и выводов. В замечаниях указано на отсутствие заключительного сравнительного анализа электромагнитных характеристик различных композиционных материалов, зависимости этих свойств от электронного строения наноструктур. Отмечена

недостаточная подробность описания пикнометрического метода измерения плотности углеродных наноструктур и метода расчета диэлектрической проницаемости в терагерцовом диапазоне. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Баскаковой Ксении Ивановны **полностью соответствует** требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

*Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью данных экспертов в области физикохимии углеродных наноструктур, а также в области электрофизических исследований, что подтверждается наличием у оппонентов и сотрудников ведущей организации публикаций по данной тематике в профильных журналах.*

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**впервые получены и охарактеризованы** углеродные нанохорны, поверхность которых функционализована  $\text{CN}_x$ -группами; суспензии углеродных нанохорнов в воде без добавления поверхностно активных веществ, стабильные в течение 8 месяцев; частотные фильтры для терагерцового диапазона частот на основе акрилового фотополимера с однослойными углеродными нанотрубками и терморасширенным графитом методом 3D-печати по технологии цифровой светодиодной проекции;

**установлено**, что добавление толуола в реактор приводит к формированию углеродных нанохорнов с меньшей плотностью и большей электропроводностью;

**показана** возможность понижения порога перколяции полистирольных композиционных материалов с углеродными нанохорнами с 28 до 17 масс. % за счет изменения структурной организации и электростатической связности нанохорнов в ассоциатах;

**установлено**, что экструдирование полимерных композиционных материалов улучшает дисперсию нанотрубок; порог электрической перколяции в композиционных материалах, напечатанных методом послойного наплавления, снижается до 0,1 масс. % относительно значения для экструдированного материала (0,5 масс. %);

**установлено**, что порог перколяции для композиционных материалов на основе акрилового фотополимера, полученных методом светодиодной проекции, составляет 0,02 масс. % однослойных углеродных нанотрубок и более 0,04 масс. % терморасширенного графита;

**продемонстрирована** возможность варьирования положения полос пропускания терагерцового излучения при изменении геометрических параметров композиционного периодического каркаса и концентрации углеродного наполнителя.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

**изучены** электромагнитные свойства полимерных композиционных материалов и композиционных периодических каркасов с углеродными наноструктурами различной морфологии в широком диапазоне частот;

**определены** значения электропроводности и диэлектрической проницаемости полимерных композиционных материалов;

**получена информация** о взаимосвязи между электромагнитными свойствами полимерных композиционных материалов и их составом, геометрией и способом изготовления.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**предложены** методики электродугового синтеза, позволяющие повысить электропроводность углеродных нанохорнов; методика получения полистирольных прутков

с однослойными углеродными нанотрубками; методика 3D-печати по технологии цифровой светодиодной проекции композиционных полимерных каркасов на основе акрилового фотополимера с однослойными углеродными нанотрубками и терморасширенным графитом; *усовершенствована* растворная методика создания полимерных композиционных материалов, позволяющая получать диэлектрически однородные материалы, содержащие до 32 масс. % нанохорнов;

*продемонстрирована* возможность использования углеродных наноструктур для создания пассивных элементов высокочастотной оптики;

*установлено*, что полученные полимерные композиты с углеродными нанохорнами могут быть использованы в качестве экранирующих покрытий в диапазоне частот 1–4 ГГц, а полимерные композиционные каркасы на основе акрилового фотополимера с однослойными углеродными нанотрубками и терморасширенным графитом – в качестве частотных фильтров в диапазоне частот 110–520 ГГц.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила** высокий экспериментальный и теоретический уровень работы. Достоверность представленных результатов исследований и выводов диссертационной работы определяется согласованностью экспериментальных данных, полученных разными методами. О признании информативности и значимости основных результатов работы говорят их опубликование в рецензируемых журналах и апробация результатов работы на российских и международных конференциях.

**Личный вклад соискателя:** синтез всех материалов, обработка данных СЭМ, ПЭМ, ИК- и КРС-спектроскопии и РФЭС, измерение электромагнитных свойств материалов, а также моделирование импеданса и электромагнитного отклика выполнены диссертантом. Планирование экспериментов, постановка задач, решаемых в диссертационной работе, обобщение полученных результатов осуществлялись совместно с научным руководителем. Подготовка научных статей проводилась совместно с соавторами.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: утверждение о высокой чистоте углеродных нанохорнов и отсутствие других форм углерода, в продуктах электродугового испарения графита, требует дополнительного доказательства; необходимо исследовать тепловой эффект перколяционного перехода в полимерных композиционных материалах с углеродными наноструктурами.

Соискатель Баскакова К.И. ответила на задаваемые в ходе заседания вопросы и пояснила, что продукты электродугового испарения графита были исследованы несколькими физико-химическими методами. В результате комплексного анализа методами электронной микроскопии и термогравиметрии, показано, что изучаемые образцы содержат менее 3 масс. % аморфного углерода, другие формы углерода не были выявлены. Вследствие снижения стабильности горения электрической дуги при добавлении слишком высокого количества модификатора (8 мл толуола или 4 г меламина), в продукте синтеза присутствовала небольшая доля графитовых частиц. Графитовые частицы обнаруживаются методом термогравиметрического анализа и на микроскопических изображениях просвечивающей электронной спектроскопии. Изучение теплового эффекта перколяционного перехода в полимерных композитах не проводилось, так как этот переход относится к переходам второго рода.

На заседании 15 февраля 2023 г., протокол № 2, диссертационный совет принял решение за проведенное систематическое исследование, посвященное полимерным композиционным материалам на основе углеродных наноструктур, которое является важной научной задачей, существенно расширяет знания о влиянии морфологии углеродных

наноструктур наполнителя на электрофизические свойства полимерных композитов, результаты которого могут быть использованы для направленного получения новых материалов с заданными электрофизическими свойствами и высокочастотных оптических элементов на их основе, присудить Баскаковой Ксении Ивановне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 (двадцати пяти) человек, из них 6 (шесть) докторов наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, участвовавших в заседании, из 32 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 25 (двадцать пять), против – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель диссертационного совета  
д.х.н., чл.-корр. РАН

Федин Владимир Петрович

Ученый секретарь диссертационного совета  
д.х.н., доцент

Потапов Андрей Сергеевич

15 февраля 2023 г.

ПОДПИСЬ

ЗАВЕРЯЮ

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИИХ СО РАН

15

ФЕДИНА В. П.

ПОТАПОВА А. С.

О. А. ГЕРАСЬКО

2023

