

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор ФГАОУ ВО
«Волгоградский государственный университет»

Д. филол. н., профессор

Д.Ю. Ильин

«4» _____ 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Волгоградский государственный университет»

Диссертация «Полимерные нанокомпозиты на основе полиметилметакрилата, полипропилена, поливинилового спирта и поливинилпирролидона, допированные углеродными нанотрубками: теоретические расчеты, получение и свойства» выполнена на кафедре судебной экспертизы и физического материаловедения физико-технического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель Элбакян Лусине Самвеловна (дата рождения – 16.05.1990) в период подготовки диссертации работала на кафедре судебной экспертизы и физического материаловедения физико-технического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет» в должности доцента.

В 2012 году Элбакян Лусине Самвеловна окончила Волгоградский государственный университет по специальности «Судебная экспертиза», обучалась в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет» с 2012 по 2015 г. В 2018 году закончила магистратуру ВолГУ по направлению «Наноинженерия». В 2022 году закончила магистратуру ВолГУ по направлению «Информационная безопасность».

Элбакян Лусине Самвеловна защитила кандидатскую диссертацию на тему «Полупроводящий тройной сополимер метилметакрилата, бутилметакрилата и метакриловой кислоты, модифицированный углеродными нанотрубками: строение и свойства» по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС» в 2017 году.

Научный консультант – Запорожкова Ирина Владимировна, профессор, д.ф.-м.н., почетный работник высшего образования РФ, почетный наставник РФ, профессор кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Элбакян Л.С. является законченной научно-квалифицированной работой, соответствующей п.9 «Положения о присуждении ученых степеней, в которой отражаются научно-обоснованные результаты исследования сорбционного взаимодействия фрагментов полиметилметакрилата, полипропилена, поливинилового спирта, поливинилпирролидона и однослойных или двуслойных углеродных нанотрубок; анализ особенностей электронно-энергетического строения комплексов «Полимер - УНТ» для установления влияния нанотрубок на проводящие свойства исследуемых полимеров в рамках теории функционала плотности с

обоснованным выбором функционалов и базисных наборов. В диссертации решена проблема получения образцов полимерных нанокомпозитов на основе полиметилметакрилата, полипропилена, поливинилового спирта, поливинилпирролидона из сырья различного вида (порошкообразного и гранулированного) с варьируемым содержанием УНТ. Решена проблема создания полимерных материалов, обладающих улучшенными прочностными свойствами, а также установлены обобщенные закономерности влияния нанодобавок на эксплуатационные характеристики этих материалов с учетом технологических параметров их получения. В работе разработана теоретическая модель, описывающая единый механизм формирования функциональных свойств нанокомпозитов в зависимости от концентрации наполнителя, вида сырья и условий формирования. Решена проблема создания единой методологии прогнозируемого управления структурой и комплексом функциональных свойств полимерных нанокомпозитов, допированных углеродными нанотрубками, базирующейся на синергии результатов теоретических квантово-химических расчетов и экспериментально установленных закономерностей.

Соискателем лично получены все основные результаты, выносимые на защиту:

1. В рамках теории функционала плотности (DFT) с использованием функционала B3LYP и базисного набора 3-21G построены модели фрагментов полимеров (ПММА, ПП, ПВС, ПВП) и одно-/двуслойных УНТ различных типов и диаметров. Установлено, что механизм формирования стабильных комплексов «полимер–УНТ» определяется сорбционным взаимодействием мономерных звеньев и фрагментов полимеров с поверхностью нанотрубок; наиболее эффективными реакционными центрами во всех случаях являются атомы кислорода, а дополнительная стабилизация достигается за счёт кулоновского взаимодействия, возникающего вследствие перераспределения электронной плотности с образованием положительного заряда на атомах углерода нанотрубки и отрицательного — на атомах кислорода полимера.
2. Экспериментально подтверждено, что введение УНТ в диэлектрические полимерные матрицы приводит к уменьшению ширины запрещённой зоны (ΔE_g) и появлению дополнительных энергетических уровней в ней, что соответствует переходу от состояния широкозонного диэлектрика к узкозонному полупроводнику. Для системы «ПММА–УНТ» ширина запрещённой зоны, определённая экспериментально (0,406 эВ), хорошо согласуется с расчётным значением (0,421 эВ), что подтверждает адекватность квантово-химического моделирования и возможность прогнозирования электрофизических свойств нанокомпозитов на основе расчётных данных.
3. Разработан и апробирован способ получения композиционных материалов на основе ПММА, ПП, ПВС и ПВП с использованием многослойных УНТ диаметром 6–10 нм, адаптированный к виду сырья и технологическим условиям. Обеспечено равномерное диспергирование наночастиц в объёме полимерной матрицы, что является необходимым условием стабильности и воспроизводимости свойств полученных композитов.
4. Экспериментально установлено, что модификация полимерных матриц сверхмалыми концентрациями УНТ (0,01–0,2 мас.%) приводит к значительному улучшению физико-механических характеристик:
 - а) ПММА и ПВС модифицированные углеродными нанотрубками в количестве 0,05 мас.% и ПП, модифицированный углеродными нанотрубками в количестве 0,2 мас.%, существенно превосходят полимеры без добавления УНТ по исследуемым характеристикам, а именно при модифицировании ПММА максимально допустимая нагрузка увеличилась на 9,3 кН, разрушающее напряжение при сжатии — на 0,005 МПа, твердость — почти в 2 раза; при модифицировании ПП максимально допустимая нагрузка увеличилась на 0,5 кН, коэффициент пластической деформации — на 7 % и предел прочности при растяжении — на 0,003 кН/мм² при модифицировании ПВС предел прочности при растяжении увеличился более чем в два раза, модуль Юнга — с 18,04 до 39,37 МПа, а относительное удлинение уменьшается незначительно (~1%);
 - б) разработанный адгезивный состав на основе ПВП с добавлением 0,12 мас.% УНТ обеспечивает надёжную фиксацию нейлоновых филаментов при 3D-печати на оборудовании без термостатирования камеры при температуре стола 70 °С, что существенно расширяет область применения клеевых композитов в аддитивных технологиях для труднофиксируемых термопластов.
5. Способ получения композитов для каждого полимера был подобран в зависимости от его вида (порошкообразный или гранулированный) и условий полимеризации (при комнатной температуре с помощью суспензионной жидкости, при высоких температурах с использованием экструдера или термостатированием). Так для обеспечения максимально равномерного смешивания

порошкообразного ПММА и УНТ использовалась ультразвуковая ванна, в которой сохранялась комнатная температура, для гранулированного ПП – двухшнековый экструдер с дробилкой-гранулятором с последующим получением образцов с помощью термопластавтомата, для порошкообразного ПВС и ПВП – ультразвуковая ванна с последующим смешиванием с помощью магнитной мешалки при температуре 90 – 95°C и выдержкой при комнатной температуре, соответственно. С помощью разработанного метода были получены опытные образцы нанокомпозитов на основе полиметилметакрилата, полипропилена, поливинилового спирта и поливинилпирролидона с введенными углеродными нанотрубками, взятыми в различных количествах в интервале от 0,01 до 0,2% в зависимости от вида полимера.

6. Создана и апробирована комплексная методология прогнозируемого управления структурой и функциональными свойствами полимерных нанокомпозитов с УНТ, объединяющая теоретические расчёты (DFT) и экспериментальные исследования. Полученные композиты перспективны для применения в гибкой электронике, биомедицине (биосенсоры, тканевая инженерия) и аддитивных технологиях.

Достоверность полученных результатов работы и обоснованность выносимых на защиту положений и выводов гарантируется воспроизводимостью данных экспериментов, использованием современного аналитического оборудования и стандартизированных методов анализа материалов, а также выбором адекватных физических моделей, соблюдением пределов применимости используемых подходов и приближений, применением современных и апробированных методов компьютерного моделирования, непротиворечивостью выводов исследования основным физическим закономерностям. Обоснованность и достоверность научных результатов подтверждается рядом публикаций основных результатов в рецензируемых научных изданиях и участием автора в международных профильных научных конференциях

Научная новизна диссертационной работы заключается в развитии научного направления в области нанотехнологий, связанного с разработкой единой комплексной методологии получения, исследования и прогнозирования свойств полимерных нанокомпозитов, с применением квантово-химического расчетного метода теории функционала плотности и современных аналитических методов с целью прогнозирования возможности получения новых комплексов с улучшенными электрофизическими и механическими характеристиками путем модификации полимеров малыми количествами углеродных наночастиц:

1. Впервые построены согласованные расчётные модели фрагментов полимеров полиметилметакрилата (ПММА), полипропилена (ПП), поливинилового спирта (ПВС), поливинилпирролидона (ПВП) и одно-/двуслойных углеродных нанотрубок (УНТ); в рамках теории функционала плотности обоснованно подобраны оптимальные функционалы и базисные наборы, обеспечивающие наилучшее соответствие расчётных геометрических и энергетических параметров экспериментальным данным (включая опубликованные отечественные и зарубежные результаты), что позволило впервые провести систематическое сравнительное исследование межфазных взаимодействий для полимерных матриц различной химической природы.

2. Определен механизм формирования нанокомпозитных полимерных материалов на основе ПММА, ПП, ПВС, ПВП, допированных УНТ, заключающийся в сорбционном взаимодействии мономерных единиц и фрагментов полимеров с поверхностью нанотрубок; выявлены изменения электронно-энергетического состояния систем при образовании комплексов «полимер–УНТ», позволившие установить влияние нанотрубок на проводимость полимерных композитов и обосновать возможность управления их электрофизическими свойствами.

3. Разработан единый технологический способ получения композиционных полимерных материалов на основе полиметилметакрилата, полипропилена, поливинилового спирта, поливинилпирролидона допированием многослойными нанотрубками с внешним диаметром 6 – 10 нм. Впервые установлены количественные закономерности влияния концентрации нанонаполнителя одновременно для механических характеристик (системы «ПММА–УНТ», «ПП–УНТ», «ПВС–УНТ»), электрофизических параметров («ПММА–УНТ») и адгезионной прочности клеевых составов («ПВП–УНТ»). Определены технологические особенности введения УНТ, обеспечивающие однородное распределение наполнителя и стабильность свойств во всех исследованных полимерных матрицах.

4. Экспериментально подтверждено, что предложенная модификация полимерных материалов многослойными углеродными нанотрубками с внешним диаметром 6 – 10 нм приводит к улучшению физико-механических свойств полимеров даже при малых концентрациях углеродных нанотрубок (в пределах 0,01 - 0,2 мас.%). Впервые систематически выявлены и количественно обоснованы оптимальные концентрационные интервалы для каждой из исследованных полимерных систем: для ПММА и ПВС содержание УНТ составляет 0,05 мас. %, для ПП - 0,2 мас. %, для ПВП – 0,12 мас.%.

5. Впервые проведена комплексная экспериментальная верификация результатов квантово-химического моделирования, подтверждена адекватность расчетных энергий связывания и ширины запрещенной зоны для прогнозирования свойств нанокомпозитов; доказано, что модифицирование полиметилметакрилата многослойными углеродными нанотрубками приводит к созданию нового композиционного материала с шириной запрещенной зоны 0,406 эВ, относящегося к классу узкозонных полупроводников. Полученные количественные зависимости позволяют целенаправленно назначать состав материала под заданные эксплуатационные требования.

6. Создана и апробирована методология прогнозируемого управления структурой и комплексом функциональных свойств полимерных нанокомпозитов с УНТ, базирующаяся на совокупности результатов теоретических квантово-химических расчетов и экспериментально установленных закономерностей. Новизна методологии заключается в том, что она впервые охватывает полный цикл «расчёт – технология – свойство» и включает алгоритм обоснованного выбора полимерной матрицы, типа и концентрации нанонаполнителя, а также технологического маршрута (способ смешения, режимы термообработки, условия формования) для достижения заданных эксплуатационных параметров. Эффективность методологии подтверждена получением опытных образцов для всех исследованных систем (ПММА, ПП, ПВС, ПВП) с воспроизводимыми улучшенными свойствами, что ранее не было реализовано в рамках единого подхода.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии фундаментальных представлений о физико-химических механизмах формирования структуры и функциональных свойств полимерных нанокомпозитов на основе полимерных матриц, допированных углеродными нанотрубками, путем анализа результатов квантово-химических расчетов и экспериментально верифицированных обобщенных закономерностей влияния малых добавок наночастиц (от 0,05% до 0,2%) на электрофизические и механические характеристики полимеров (ПММА, ПП, ПВС, ПВП) с учетом технологических параметров их получения, а также в создании теоретической модели и методологии прогнозируемого управления эксплуатационными свойствами нанокомпозитов на стадии проектирования их состава и технологической схемы получения.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработаны и апробированы методики получения полимерных нанокомпозитов на основе ПММА, ПП, ПВС и ПВП, модифицированных малыми добавками одно- и многослойных углеродных нанотрубок (0,01–0,2 мас.%), с использованием трех технологических маршрутов (суспензионная полимеризация при комнатной температуре, экструзионное смешение в расплаве, термостатирование), адаптированных для порошкообразного и гранулированного полимерного сырья, что позволяет получать композиты с равномерным распределением наночастиц и воспроизводимыми свойствами.

2. Экспериментально подтверждена возможность направленного повышения механических характеристик полимерных материалов при введении одно- и многослойных УНТ: для ПММА (0,05 мас.% УНТ) максимальная нагрузка увеличена на 9,3 кН, твердость — почти в 2 раза; для ПП (0,2 мас.% УНТ) предел прочности при растяжении повышен на 0,003 кН/мм², коэффициент пластической деформации — на 7%; для ПВС (0,05 мас.% УНТ) предел прочности при растяжении увеличен более чем в 2 раза, модуль Юнга — с 18,04 до 39,37 МПа.

3. Разработан и апробирован клеевой состав на основе ПВП–УНТ для 3D-печати, обеспечивающий надежную фиксацию нейлоновых филаментов при температуре стола 70°C на оборудовании без термостатирования камеры, что существенно расширяет область применения аддитивных технологий для труднофиксируемых термопластов на 3D-принтерах.

4. Созданы полимерные нанокомпозиты с управляемыми полупроводниковыми свойствами: экспериментально подтверждено, что модификация ПММА одно- и многослойными углеродными нанотрубками приводит к формированию узкозонного полупроводника с шириной запрещенной

зоны ~0,406 эВ, что позволяет использовать такие материалы в качестве функциональных компонентов гибкой электроники и сенсорных систем.

5. Разработана и апробирована комплексная методология прогнозируемого управления структурой и свойствами полимерных нанокомпозитов с УНТ, включающая теоретические (квантово-химическое моделирование) и экспериментальные подходы к выбору полимерной матрицы, концентрации наполнителя, вида сырья и технологического маршрута для достижения заданных эксплуатационных параметров; методология может быть рекомендована в качестве универсального инструмента для оптимизации составов и прогнозирования свойств других полимерных нанокомпозитных систем.

6. Обоснованы перспективные области применения разработанных нанокомпозитов: биосовместимые материалы на основе ПВС–УНТ и ПВП–УНТ для биосенсоров регенеративной медицины и тканевой инженерии; проводящие полимеры для создания гибких и биосовместимых электронных устройств; высокопрочные функциональные материалы на основе ПММА–УНТ и ПП–УНТ для конструкционных элементов оптических устройств, антистатических покрытий и упаковочных материалов с улучшенными прочностными характеристиками.

Ценность научных работ заключается в том, что в результате выполненных исследований:

- разработана база данных «Моделирование процесса взаимодействия углеродных нанотрубок различного типа, диаметра и слойности с полимером полиметилметакрилат», которая успешно внедрена и апробирована в производственном процессе работы ООО «ПК «НИТ» и ООО «РИЦ «ТелеНово» при разработке новых полимерных композиционных материалов;
- разработан способ получения композитных полимерных материалов на основе полипропилена, допированных углеродными нанотрубками; проведены экспериментальные исследования прочностных характеристик новых композиционных материалов на основе полипропилена, модифицированных углеродными нанотрубками, которые имеют высокую практическую значимость, доведены до уровня конкретных технологических решений и успешно используются в производственной деятельности ООО «ПК «НИТ»;
- разработан адгезивный состав для экструзионной трёхмерной печати на основе поливинилпирролидона с углеродными нанотрубками, который успешно внедрен и апробирован в производственном процессе работы ООО «РИЦ «ТелеНово», подана заявка на патент «Адгезивный состав для экструзионной трёхмерной печати на основе поливинилпирролидона с углеродными нанотрубками» (RU 2026125172 от 08.07.2026);
- получен композитный полимерный материал на основе полиметилметакрилата допированием углеродными нанотрубками, обладающий полупроводниковыми свойствами;
- предложен способ получения композитных полимерных пленок на основе поливинилового спирта допированием УНТ, обладающих улучшенными эксплуатационными свойствами.

Результаты исследований используются в учебном процессе в Волгоградском государственном университете при чтении специальных курсов по направлениям подготовки бакалавров 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» и магистров 28.04.02 «Наноинженерия», а также по научной специальности аспирантуры 2.6.6 «Нанотехнологии и наноматериалы». Полученные композиты и результаты исследования их свойств обсуждались в следующих организациях: ООО «ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «НИТ», ООО «РИЦ «ТелеНово». Получены 6 актов о внедрении результатов диссертационной работы от ООО «ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «НИТ», ООО «РИЦ «ТелеНово» и ФГАОУ ВО ВолГУ. Автором получены два ноу-хау: «Способ определения процентного содержания углеродных нанотрубок в полимерных нанокомпозитах». Победитель Всероссийского конкурса У.М.Н.И.К. 2013-2014 гг., победитель конкурса для студентов, магистрантов и аспирантов 2013-2014 учебного года фонда целевого капитала «Образование и наука ЮФО», а также получил пакет социальной поддержки молодых ученых ВолГУ (2016). Проекты и гранты: Государственное задание "Компьютерное моделирование структуры и исследование динамических свойств 0-размерных

наноструктур" 2010-2014; ФЦП «Исследование строения, физико-химических и динамических свойств композитных углеродо- и боросодержащих наноматериалов, в том числе биосовместимых полимерных материалов для медицинских нужд» 2012-2013; РФФИ региональный "Разработка научных основ перспективных технологий на основе введения углеродных нанотрубок, улучшающих эксплуатационные характеристики созданных новых материалов: улучшение характеристик горюче-смазочного материала путем введения углеродных нанотрубок" 2015-2016; РФФИ региональный "Радиопоглощающие композиционные материалы на основе полимерных матриц с введенными ферромагнитными наночастицами и углеродными нанотрубками" 2019; Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ "Исследование физических свойств композитных наноматериалов, в том числе их взаимодействие с электромагнитным излучением, для обеспечения защиты информации" (FZUU-2023-001,2023-2025).

Обоснование выбранной специальности и отрасли науки диссертации

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы» (отрасль науки – технические, химические), при этом работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

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. 1.6. Исследование процессов нанесения функциональных наноструктурных покрытий на различные материалы и конструкции, разработка технологий и оборудования.

П. 1.8. Разработка новых и совершенствования существующих методов анализа структуры и свойств наноматериалов.

П. 1.9. Разработка и компьютерная реализация математических моделей при производстве, обработке, и переработке наноматериалов. Компьютерный анализ и оптимизация процессов.

П. 3.4. Моделирование структуры, свойств наноматериалов.

П. 3.5. Исследование процессов наноструктурированных материалов на различные наполнители.

Отрасль науки – технические науки, так как приведенные в диссертации результаты исследований вносят существенный вклад в решение научно-технической проблемы создания теоретически обоснованной и экспериментально верифицированной методологии прогнозируемого управления структурой и комплексом функциональных свойств полимерных нанокомпозитов, допированных углеродными нанотрубками, на основе установленных закономерностей влияния сверхмалых концентраций наночастиц на электрофизические и механические характеристики полимерных систем.

Полнота изложения материалов диссертации

Основные результаты диссертации изложены в диссертационном исследовании результаты были **достаточно полно представлены** в научных журналах и представлены на всероссийских и международных конференциях, где были достоверно, четко и полностью отражены. Результаты исследований по теме диссертационной работы представлены соискателем в 53 научных публикациях, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и в журналах, индексируемых в международных базах SCOPUS и Web of Science. Также получено 2 ноу-хау, 1 база данных, опубликованы учебные и учебно-методические пособия, монография. Полученные результаты подтверждены актами о внедрении крупными предприятиями области. Результаты диссертационной работы апробированы в кругу профильных специалистов путем представления ведущих российских конференциях (Москва, Санкт-Петербург, Волгоград, Саратов, Сочи, Тамбов и т.д.) и международных конференциях (Марсель, Пиза, Прага, Ереван, Рим, Барселона и т.д.).

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Elbakyan L.S. Modified carbon nanotubes in polymethylmethacrylate and polypropylene matrices: DFT modeling of electronic energy structure, creation technologies and application prospects (review) // Journal of Advanced Materials and Technologies. - 2026. - Vol.11. - №2. (BAK, K1, 2.6.6)
2. Элбакян Л.С. О возможности создания полимерных композитных материалов на основе поливинилового спирта и поливинилпирролидона, допированных углеродными нанотрубками // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. - 2026. Т. 16. - №2. - С. 132-142 <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2026-16-2-132-142> (BAK, 2.6.6).
3. Elbakyan L.S., Zaporotskova I.V. Experimental and DFT study of the conductive properties of PMMA composite material by doping with carbon nanotubes // Nano-Structures & Nano-Objects. - Vol.44. - 2025 - DOI: 10.1016/j.nanoso.2025.101568 (Scopus, Q2, K1).
4. Запороцкова И. В., Борознина Е. В., Элбакян Л.С. и др. Научная школа профессора И. В. Запороцковой «Исследование и разработка новых перспективных наноматериалов и технологий наноуровня». Нанотехнологии и наноматериалы в Волгоградском государственном университете: монография / авт. коллектив: [под общ. ред. И. В. Запороцковой]. - (Юбил. сер. «Достижения научных школ Волгоградского государственного университета»; [т. 10]). - К 45-летию ВолГУ Волгогр. гос. ун-т. - Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2026. - 320 с.
5. Elbakyan L.S., Zaporotskova I.V. Polypropylene modified with carbon nanomaterials: structure, properties and application possibilities (a review) // Polymers 2025. - Vol. 17(4). - 2025. - 517. <https://doi.org/10.3390/polym17040517> (Scopus Q1, K1)
6. Elbakyan L.S., Hayrapetyan D.B., Mantashyan P.A. DFT study of GaAs quantum dot and 5CB liquid crystal molecule interaction // Journal of Molecular Graphics and Modelling. - Vol. 136. - 2025. - P.108953. <https://doi.org/10.1016/j.jmgm.2025.108953> (Scopus Q2, K1)
7. Elbakyan L.S., Zaporotskova I.V. Composite Nanomaterials Based on Polymethylmethacrylate Doped with Carbon Nanotubes and Nanoparticles: A Review // Polymers. - Vol. 16(9). - 2024. - P. 1242 <https://doi.org/10.3390/polym16091242> (Scopus Q1, K1)
8. Elbakyan L.S., Zaporotskova I.V., Hayrapetyan D.B. Nanocomposite Material Based on Polyvinyl Alcohol Modified with Carbon Nanotubes: Mechanism of Formation and Electronic Energy Structure // Journal of Composites Science 2024. - Vol. 8(2). - 54. DOI:10.3390/jcs8020054 (Scopus Q2, K1)
9. Elbakyan L.S., Zaporotskova I.V. Investigation of the conductive properties of composite polymer materials based on polyvinyl alcohol doped with single- and double-walled carbon nanotubes // Modern Electronic materials. - Iss.11. - №3. - 2025 (Scopus Q3).
10. Элбакян Л.С., Запороцкова И.В. Исследование проводящих свойств композитных полимерных материалов на основе поливинилпирролидона, допированных одно- и двухслойными нанотрубками // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. - 2025. - Т. 25. - №4. - С. 495-504. doi: 10.18500/1817-3020-2025-25-4-495-504 (Scopus, Q4).
11. Элбакян Л.С., Запороцкова И.В. Исследование влияния борных примесей замещения в углеродных нанотрубках на процесс взаимодействия полиметилметакрилата с бороуглеродными нанотрубками // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. - 2025. - Вып. 17. - С. 906-915. DOI: 10.26456/pcasenn/2025.17.906. (BAK, WoS)
12. Элбакян Л.С., Запороцкова И.В. Механизм создания композита на основе полипропилена, модифицированного углеродными нанотрубками разной слойности // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. - № 1. - 2025. <https://doi.org/10.17073/1609-3577j.met202501.646> (BAK, K2)
13. Chesheva M.F., Zaporotskova I.V., Elbakyan L.S. The mechanism of interaction of components of a new drug coating for medical stents based on polyvinylpyrrolidone with introduced carbon nanotubes and drugs // Journal of Advanced Materials and Technologies. - 2024. - Vol.9 - №4. - P.276-285 (BAK K1, RSCI)
14. Элбакян Л.С. Моделирование наносистем и процессов нанотехнологий с применением программного пакета GAUSSIAN и графического редактора GAUSSVIEW. - Влг.: Изд-во ВолГУ. - 2024. - С.64 УДК 519.876.5(075.8) ББК 32.972я73 ISBN 978-5-9669-2387-7
15. Elbakyan L.S., Zaporotskova I.V., Vilkeeva D.E. The mechanism of getting new composite polymer materials with improved hardness properties // Key engineering materials. - Vol. 887 KEM. - Trans Tech Publications Ltd. - 2021. - P. 85-90 DOI: 10.4028/www.scientific.net/ KEM.887.85(Scopus Q4)

16. Vilkeeva D.E., Zaporotskova I.V., **Elbakyan L.S.** Investigation of surface-functionalized CNT-based array for detection of acetone vapors // Key engineering materials. – Vol. 887 KEM. – Trans Tech Publications Ltd. – 2021. – P. 581-585 DOI:10.4028/www.scientific.net/ KEM.887.581(**Scopus Q4**)
17. **Elbakyan L.S.**, Zaporotskova I.V., Vilkeeva D.E. Strengthening of polymer ropes based on polypropylene with carbon nanotubes // Journal of Physics: Conference Series 2021. – Ser. 1967. – 012047. DOI: 10.1088/1742-6596/1967/1/012047(**Scopus Q4**)
18. Vilkeeva D.E., Zaporotskova I.V., **Elbakyan L.S.** Sensor activity of titanium dioxide nanotubes in relation to acetone molecules // Journal of Physics: Conference Series 2021. – Ser. 1967. – 012048 DOI: 10.1088/1742-6596/1967/1/012048 (**Scopus Q4**)
19. **Элбакян Л.С.** Квантово-химические расчеты с применением программного пакета GAUSSIAN и графического редактора GAUSSVIEW. – Влг.: Изд-во ВолГУ. – 2022. – С.79 УДК 539:216.2:004.4(075.8) ББК 22.371.26я73 ISBN 978-5-9669-2189-7
20. Zaporotskova I.V., **Elbakyan L.S.**, Bakhacheva Yu.S. Research of strength and conducting properties of composite material modified by carbon nanotubes // Journal of Physics: Conference Series. – Vol. 1260. – Issue 6. – 2019 DOI:10.1088/1742-6596/1260/6/062027 (**Scopus Q4**)
21. **Elbakyan L.S.** Obtaining New Dental Materials Reinforced with Carbon Nanotubes / L.S. Elbakyan, I.V. Zaporotskova // Journal of nano- and electronic physics. – Vol. 6. - № 3. - 2014. - pp. 03008-1 – 03008-3 (**WoS, Scopus**).
22. **Элбакян Л.С.**, Запороцкова И.В. Новые композитные полимеры для стоматологии: получение и свойства // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии - № 1 (14). – 2015 - с. 96-107 (**БАК, 2.6.6**).
23. **Элбакян Л.С.** Запороцкова И.В., Белоненко М.Б. Нанокompозиты на основе полиметилметакрилата, допированного углеродными нанотрубками: некоторые исследования // Перспективные материалы - № 4 – 2017 г. (**БАК, 2.6.6**).
24. **Elbakyan L.S.**, Zaporotskova I.V. The Mechanism of Interaction of Esters of Methacrylic Acid with Carbon Nanotubes to Create a New Polymer Composite Material // Journal of nano- and electronic physics. - 2016, Vol. 8, № 3, pp. 03047-1 - 03047-3 (**WoS, Scopus**)
25. Запороцкова И.В., **Элбакян Л.С.** Получение новых композиционных полимерных материалов на основе полипропилена допированием углеродными нанотрубками // Сборник научных статей: Физико-математические и естественные науки // Армения, г. Ереван (7-8 декабря, 2020г.). – 2020. – С. 111-117.
26. **Элбакян Л.С.**, Запороцкова И.В. Механизм взаимодействия сложных эфиров метакриловой кислоты с углеродными нанотрубками для создания нового полимерного композитного материала // Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов: тр. XIII Междунар. конф. Ч. 1.– Курск, ЮЗГУ, 20 16. – 2016. - с. 243-247
27. **Элбакян Л.С.**, Запороцкова И.В. О возможности создания полимерных нанокompозитов на основе метакриловой кислоты путем их армирования углеродными нанотрубками // Евразийский Союз ученых. – X. – 2014. - с. 39 – 42
28. **Элбакян Л.С.**, Запороцкова И.В. Новые стоматологические углеродными нанотрубками: технология получения и исследование свойств // Вестник Волгоградского государственного университета. - Серия 10: Инновационная деятельность. – 2014. – №6(15)
29. **Элбакян Л.С.** Способ определения процентного содержания углеродных нанотрубок в полимерных нанокompозитах // И.В. Запороцкова, Е.В. Якушко // ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский институт «МИСиС» Зарегистрировано в Депозитарии ноу-хау «НИТУ «МИСиС» № 32-219-2017 ОСИ от 19.12.2017) (**ноу-хау**)
30. **Элбакян Л.С.** Тройной сополимер, обладающий полупроводниковыми свойствами // И.В. Запороцкова, Е.В. Якушко // ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский институт «МИСиС» Зарегистрировано в Депозитарии ноу-хау «НИТУ «МИСиС» № 31-219-2017 ОСИ от 19.12.2017 (**ноу-хау**)
31. **Элбакян Л.С.**, Запороцкова И.В., Чешева М.Ф. Моделирование процесса взаимодействия углеродных нанотрубок различного типа, диаметра и слойности с полимером полиметилметакрилат // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025622914 Российская Федерация: заявл. 09.06.2025; опубл. 09.07.2025

Диссертация «Полимерные нанокомпозиты на основе полиметилметакрилата, полипропилена, поливинилового спирта и поливинилпирролидона, допированные углеродными нанотрубками: теоретические расчеты, получение и свойства» Элбакян Лусине Самвеловны рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы».

Заключение принято на заседании кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения физико-технического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет».

Присутствовало на заседании 15 человек, в том числе 5 докторов наук. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел..

Протокол № 7 от 03 сентября 2026 г.

Заведующий кафедрой СЭФМ

С.В. Борознин

доктор физико-математических наук, профессор
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»,
Адрес: 400062, Волгоградская область, г. Волгоград,
просп. Университетский, д.100
тел.: +7(960)869-30-75
e-mail: boroznin@volsu.ru