

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Ректор Таджикского  
национального университета, профессор  
Насриддинзода Э.С.  
« 10 » 06 2024 г.



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА**  
**ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Диссертация Авази Мирзо на тему «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» выполнена в Научно-исследовательском институте Таджикского национального университета.

В период подготовки диссертации Авази Мирзо был соискателем Научно-исследовательского института Таджикского национального университета. В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры методики преподавания физики физического факультета ТНУ.

В 2012 г. окончил физический факультет Таджикского национального университета по специальности «Физика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по истории философии науки и иностранному языку было выдано Таджикским национальным университетом в 2024 г.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твёрдого тела Таджикского национального университета Рашидов Джалил.

**Соответствие содержания диссертаций избранной специальности.**

Содержание выполненной диссертационной работы «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» соответствует паспорту специальности 01.04.07– физика конденсированного состояния (кандидат физико-математических наук).

По итогам обсуждения диссертации на тему «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» принято следующее заключение:

### **Оценка актуальности диссертационной работы.**

Выполненная диссертационная работа является актуальной, направлена на решение фундаментальных и практических проблем, связанных с получением наноуглеродсодержащих полимерных систем, выполнена на высоком научном уровне.

Проведённый литературный анализ, в рамках настоящей работы, показали, что в последние десятилетия, эта тенденция стала ещё более актуальным в связи с появлением новых методов и технологией получения новых композиционных материалов с использованием различных микро - и нанодисперсных частиц. Таким образом, внедрение наноразмерных частиц, способствовало получению новых наноразмерных структур в матрицах исходного материала, то есть привело к созданию новых нанокompозитных материалов.

Нанокompозитные материалы на полимерной основе занимают особое место на современном этапе развития наноиндустрии в целом, так как они сочетают в себе превосходные свойства исходных полимеров и допируемых наночастиц, приобретая, таким образом, качественно новые отличительные особенности. Поэтому, благодаря своим улучшенным физико-химическим и эксплуатационно-технологическим свойствам они находят наиболее широкие применения в различные отраслей промышленности, машиностроение, гибкую электронику, медико-биологических и химических областей, в оптики, энергетике, авиакосмические, военно-промышленные и агропромышленные комплексы и многих других.

Таким образом, проводимый краткий анализ темы исследования подчёркивает актуальность проводимых исследований.

**Личное участие автора** состоит в анализе научной литературы по выбранной теме диссертационной работы, непосредственные проведения экспериментов, измерений и расчётов, анализе и интерпретация экспериментальных результатов, подготовке и написании научные публикация по темя исследования. Основные результаты диссертационной работы, их анализ и соответствующие заключения выполнены автором лично.

Основное содержание диссертационной работы докладывались и были апробированы на международных научных конференциях 2015-2022 гг. и в региональных научно-практических конференциях 2020-2023 гг.: XI – ая международная научно-практическая конференция студентов, магистрантов и молодых учёных «Ломоносов 2015» (Астана, 2015); X – ая Международная научная конференция «Наука и образование - 2015» (Астана, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, 2015); Международная научной конференции «Физика твёрдого

тела», посвященной 20-летию Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, 26-28 апреля, 2016; Материалы XIII Международной научной конференции «Физика твердого тела», посвященной 20 – летию Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, 26-28 апреля, 2016; Сборник материалов XII Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование -2017», 2017; Сборник материалов XII международной научной конференции студентов и молодых ученых «наука и образование -2017», 2017; Международный научно-исследовательский журнал «Инновации в науке» номер №3(64), Новосибирск, Изд. АНС «СибАК», 2017; Материалы V Всероссийской научной молодежной конференции «Актуальные проблемы микро- и нанoeлектроники», БашГУ, г. Уфе (РФ), 28 – 31 мая 2018; XIII Международная научная конференция «Наука и образование – 2018», г. Астана, Казахстан, 12 апреля 2018; Сборник материалов VI международной научно – практической конференции: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» г. Астана, Казахстан, 12 апреля 2018; Республиканской научно-практической конференции посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» на тему «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика» г. Душанбе, 19 февраля 2020; Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», Душанбе – 2021; Сборник статей первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений и аспекты их применения» Физика твердого тела, Материалы XV Международной научной конференции -10 декабря 2022;

Сборник статей первой международной научно-практической конференции “перспективы развития исследований в Области химии координационных соединений и аспекты их применения”, посвященной памяти профессора Баситовой Саодат Мухаммедовны, 80-летию со дня рождения и 60-летию педагогической и научно-исследовательской деятельности доктора химических наук, профессора Азизкуловой Онаджон Азизкуловны, Душанбе, 2022.

### **Степень достоверности результатов проведенных исследований.**

Достоверность полученных данных обеспечена использованием современных научных приборов и методов исследования и статической обработки результатов.

**Новизна и практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:**

– Впервые методом АСМ изучены морфологические структуры поверхности исследуемых образцов ПММА и ПЭНП, которые довольно сложным образом меняются в зависимости, как от типа допируемых углеродных наночастиц, так и от их концентрации. Показано, что морфология поверхности образцов нанокompозитов ПММА+МУНТ более неравномерны, чем нанокompозиты на основе ПММА+С<sub>60</sub>. Выявлено, что наночастицы фуллерена С<sub>60</sub> оказывают существенное влияние на морфологию поверхности ПММА по сравнению с ПЭНП, выражающихся в увеличении шероховатости последнего;

– установлено, что значения бриллюэновский сдвиг частоты (пиков рассеяния), для нанокompозитов ПММА+МУНТ и ПЭНП+С<sub>60</sub>, ПЭНП+С<sub>70</sub> с увеличением концентраций НУМ смещаются в сторону более низких частот. Характер кривые зависимости смещения частотных пиков меняются при изменении, как самих полимерных матриц, так и концентрацией допируемых углеродных наночастиц;

– показано, что температуропроводность нанокompозитных полимеров на основе ПЭНП и ПММА при фиксированной концентрации С<sub>60</sub> линейно уменьшается как с ростом температуры, так и с ростом концентрации фуллерена С<sub>60</sub>, что связано рассеянием фононов на структурных неоднородностях матрицы и самих наночастиц.

– экспериментально исследованы спектры поглощения, отражения и светопропускания образцов нанокompозитов ПММА, ПЭНП и ПС в диапазоне длин волн 200 – 800 нм. Выявлено, что оптические спектры поглощения вышеупомянутых композитов меняются в зависимости от вида наночастиц и их концентрации, проявляющиеся в изменении интенсивности, появлении новых полос и сдвига края полосы;

– определена концентрационная зависимость энергии ширины запрещённой зоны E<sub>g</sub>, исследуемых композитных образцов ПММА и ПС (методом Тауса). Выявлена общая тенденция уменьшения E<sub>g</sub> с ростом концентрации углеродных наночастиц для всех типов образцов;

– экспериментально исследованы спектров люминесценции образцов ПММА+МУНТ (С=0,1-1%) в спектральном диапазоне от 220 до 820 нм. Показано, что максимум интенсивность свечения образцов, в основном,

находятся в видимом диапазоне длин волн (от 300 до 700 нм). Увеличение концентрации МУНТ в пределах от 0,1 до 1 %, приводят к увеличению люминесцентных пиков свечения в 1,5 до 3 раза, соответственно.

– методом лазерной фотоакустики (ЛФА) с микрофонной схемой регистрации, исследованы особенности определения ряд фундаментальных физических (оптических, теплофизических, акустических) свойств исследуемых образцов УНКПМ. Получены, соотношения между основными ФА параметрами (длиной тепловой диффузии  $\mu_g$ , толщиной оптического поглощения  $\mu_\beta$  и толщиной образца  $l_s$ ) для каждого исследуемого образца. Выявлено, что соотношения между ФА параметрами имеют сложный характер и согласно теоретическим расчётам, переходят от случаи «оптически прозрачным» (для чистых образцов) до «оптически непрозрачным» (для нанокуглеродсодержащих образцов);

– разработана компьютерная моделирующая программы для проведения численных ФА экспериментов, позволяющая провести анализ зависимости параметров (амплитуды, частоты и фазы) ФА сигнала от ряда теплофизических и оптических свойств исследуемых образцов УНКПМ.

**Теоретическая ценность.** С научной точки зрения, полученные результаты, несомненно, внесут вклад в структурную механику, физику прочности и пластичности полимерных композиционных материалов и материаловедения.

**Практическая ценность** исследования - несомненно, важна для прогнозирования свойств и работоспособности нанокуглеродсодержащих полимеров в сложных условиях испытаний. Практическую значимость также имеют результаты по изучению теплофизических (температуропроводность, коэффициент теплового расширения/ сжатия) и оптических свойств нанокompозитов и влиянию наноразмерных частиц на их эксплуатационные характеристики. Кроме того, результаты работы могут быть использованы при чтении курсов «Физика полимеров», «Нанотехнологии и наноматериалы» и др.

**Цель исследования:** Основная цель диссертационной работы является: экспериментальные исследования некоторых фундаментальных оптических, теплофизических и структурных свойств углеродсодержащих нанокompозитных полимерных материалов на основе полиэтилен низкой плотности, полиметилметакрилата и полистирола, с различной концентрацией углеродных наночастиц фуллеренов  $C_{60}$ ,  $C_{70}$  и углеродные нанотрубки.

По материалам диссертационной работы опубликовано 23 научные работы, из них 1 статья в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, и 7 статей в рецензируемых

журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 15 тезисов и докладов в материалах международных и республиканских научных конференций.

*Статьи, опубликованные соискателем в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:*

[1-А]. Авази, М. Особенности фотоакустических методов исследования теплофизических свойств нанокompозитных полимерных материалов / Шарифов Д.М., А. Мирзо, Темиркулова Н.И, Оспанова Ж.Т. Туйчиев Ш., Бекешев А.З. // Журнал Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, 2016, №6 (115), I – часть, -С.258 -265.

[2-А]. Авази, М. Разработка компьютерная программа для определение теплофизические свойства материалов методом лазерной фотоакустики / А.Мирзо, Д.М.Шарифов //, Журнал «Политехнический Вестник», Серия: Инженерные исследования», Душанбе, 2018 года, -С.4-8.

[3-А]. Avazi M. Laser photoacoustics method for determination of the coefficients of thermal conductivity and thermal diffusivity of materials / А.Мизо, G.T.Merzadinova, Sakipov K.E., D.M.Sharifov, A.Mirzo, A.Z.Bekeshev //, Eurasian physical technical journal, Karaganda State University, Kazakhstan 2019, page.83-88.

[4-А]. Авази, М. Результаты бриллюэновской спектроскопии полимерных нанокompозитных плёнок на основе ПММА и ПЭНП / Ш.Туйчиев, А.Мирзо, Рашидов, Д.М.Шарифов, С.Х. Табаров // Журнал Вестник Таджикского Д.национального университета, серия естественных наук Душанбе 2021 года, №2, -С.67-69.

[5-А]. Авази, М. Температуропроводности фуллеренсодержащего полиэтилена / А.Мирзо, Дж.Рашидов, Д.М.Шарифов, Т.Х. Салихов, С.Табаров, Ф.Х. Содиков // Журнал доклады Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе 2021 том 64, №5-6, -С. 303-307.

[6-А]. Авази, М. Влияние фуллерена C<sub>60</sub> на температуропроводность полиметилметакрилата / А.Мирзо, Дж.Рашидов, Д.М.Шарифов, Т.Х. Салихов, С.Табаров, Ф.Х. Содиков // Журнал доклады Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе 2022 том 65, №1-2, -С.63-68

[7-А] Авази, М. Исследование спектров поглощения углеродсодержащих нанокompозитных полимерных плёнок на основе полиметилметакрилата, / Авази М. // Журнал Вестник Дангаринского государственного университет, Дангара, 2024 года, №2(28), -С.66-78

[8-А] Avazi, M. «The Study of Composite Materials Properties Based on Polymers and Nano-Additives from Industrial Wastes from Kazakhstan /

D.Sharifov, R.Niyazbekova, A.Mirzo, L.Shansharova, M.Serekpayeva, S.Aldabergenova, A.Ibzhanova, R.Machnik, M.Bembenek. // Materials 2024, 17, 2959. <https://doi.org/10.3390/ma17122959>. -P.26.

*Работы, опубликованные в материалах Международных и  
Республиканских конференций:*

[9-А]. Авази, М. Исследование оптических и теплофизических углеродных нанокompозитных полимерных материалов/ Шарифов Д.М., Туйчиев Ш., А. Мирзо, Сагындыкова Г.Э//. Международная научно-практическая конференция: «Аузовские чтения-13», «Нурлы Жол», стратегический шаг на пути индустриально-инновационного и социально-экономического развития страны» г. Шымкент, ЮКГУ им. М. Ауезова, 2015, -С.246 -249.

[10-А]. Авази, М. Фотоакустические исследование оптических и теплофизических свойств полимерных нанокompозитных материалов/ Шарифов Д.М., А. Мирзо, Салихов Т.Х., Мадвалиев У. // Материалы XIII Международной научной конференции «Физика твердого тела», посвященной 20 –летию Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, 26-28 апреля, 2016 год, -С.58-59.

[11-А]. Авази, М. Исследование люминесцентных свойств нанокompозитных полимерных пленок на основе ПЭНП+МУНТ/ Сагындыкова Г.Е., А.Мирзо, Туйчиев Ш., Бекешев А.З., Шарифов Д.М. // Материалы XIII Международной научной конференции «Физика твердого тела», посвященной 20 – летию Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, 26-28 апреля, 2016 год, -С.84-85.

[12-А]. Авази, М. Численные моделирования лазерных фотоакустических экспериментов/ Авази М., Оралбеков Н.Б., Калмуратов А.А.. // сборник материалов XI Международной научной конференции студентов и молодых ученых «НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ -2017», 2017, -С.437 – 440.

[13-А]. Авази, М. Экспериментальная установка для исследования теплофизических свойств углеродных нанокompозитных полимерных материалов методов фотоакустической спектроскопии /Шарифов Д.М., Темиркулова Н.И., А. Мирзо, Сагындыкова Г. Е., Саттинова З.К., Оспанова Ж.Т., Капан Р. // «Инновации в науке», Научный журнал, номер №3(64), Новосибирск, Изд. АНС «СибАК», 2017, -С.47-51.

[14-А]. Авази, М. Экспериментальная установка для исследования теплофизических свойств углеродных нанокompозитных полимерных материалов методом фотоакустической спектроскопии/. Оспанова Ж.Т., Авази М. // СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII Международной научной

конференции студентов и молодых ученых «НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2017», 2017, -С.494 – 498.

[15-А]. Авази, М. Фотометрические исследования нанокompозитных полимерных материалов на основе полистирол +фуллерен  $C_{60}$ / Тулебаева Н.Б., Авази М. // сборник материалов XII Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование -2017», 2017, -С.508-512.

[16-А]. Авази, М. Определение коэффициент температуропроводности прозрачных и полупрозрачных материалов методом лазерной фотоакустики /Мирзо А., Темиркулова Н.И., Шарифов Д.М. Оспанова Ж.// VI Международной научно-практической конференции: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» г. Астана, Казахстан, 12 апреля 2018 года, -С.734-738.

[17-А]. Авази, М. Исследование влияние концентрации углеродных наночастиц на физические свойства полимерных нанокompозитных пленок/ Ержанова Б.Е., Мырзабекова Ж.Т., А. Мирзо // XIII Международная научная конференция «Наука и образование - 2018», г. Астана, Казахстан, 12 апреля 2018 года, -С.612-614.

[18-А]. Авази, М. Исследование теплофизических свойств некоторых композитных полимерных материалов / Оспанова Ж.Т., А. Мирзо // XIII Международная научная конференция «Наука и образование - 2018», г. Астана, Казахстан, 12 апреля 2018 года, -С.535-538.

[19-А]. Авази, М. Бриллюэновская спектроскопия полимерных нанокompозитных плёнок на основе ПММА и ПЭНП. «Влияние фуллерена  $C_{60}$  на температуропроводность полиметилметакрилата» / Мирзо А., Рашидов Дж. Жубанова К., Шарифов Д.М. // Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» на теме «Современные проблемы физики конденсированное состояние и ядерная физика», Душанбе, 19 февраля 2020 г. -С.67-69

[20-А]. Авази, М. Исследование спектрофотометрических и люминесцентных свойств образцов углеродных нанокompозитных полимерных материалов / Сатаева Г.Е., А.А. Баратова, А. Мирзо, Р.К. Ниязбекова, Д. М. Шарифов, Ж. А. Бегайдарова, А. А. Абдигапар, Ж. Сыздыкова // Физика твердого тела Материалы XV Международной научной конференции 8-10 декабря 2022, г. Астана, Казахстан 2022; -С.129-132.

[21-А]. Авази, М. Исследование температуропроводности фуллеренсодержащего полиэтилена / Рашидов Д., Авази Мирзо, Шарифов Д.М, Салихов Т.Х., Кодиров Р. // Материалы Республиканской научно-теоретической



конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», Душанбе – 2021; -С.142-144.

[22-А]. Авази, М. Температуропроводность фуллеренсодержащего полиметилметакрилата / А. Мирзо, Рашидов Дж., Т.Х. Салехов, Табаров С., Ф.Х. Содиков, Дустов А.И., Акназарова Ш. // Сборник статей первой международной научно-практической конференции “Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений и аспекты их применения”, посвященной памяти профессора Баситовой Саодат Сухаммедовны, 80-летию со дня рождения и 60-летию педагогической и научно-исследовательской деятельности доктора химических наук, профессора Азизкуловой Онаджон Азизкуловны, 30-31 марта, Душанбе, 2022; -С.279-281.

[23-А]. Рашидов, Дж. Исследование оптических свойств углеродсодержащих нанокompозитных полимерных плёнок на основе полистирола / Дж.Рашидов, А.Мирзо, Р.К.Ниязбекова, Д.М.Шарифов, Г.Е.Сатаева, Г.М.Мухамбетом, М.А.Серекпаева, А.А.Ибжанова, А.А.Баротова // Материалы Республиканской научной-практической конференции “Разивитие и достижения физической науки в годы независимости”, посвященной 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан. ФТИ им.С.У.Умарова НАНТ, 2023, С.57-62.

Диссертационная работа Авази Мирзо на тему: «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» рекомендуется для защиты на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по соответствующей специальности 01.04.07– «Физика конденсированного состояния».

При голосовании по данному вопросу в общей численности на заседании присутствовало 42 человека. Результаты голосования «За» - 42 чел., «Против» - нет, «Воздержавшихся» - нет.

Заключение принято на расширенном заседании научно-исследовательского института Таджикского национального университета от 06.06.2024 года, протокол № 06. Диссертационная работа рекомендуется к следующему этапу экспертизы.

На основании вышеизложенного:

## ПОСТАНОВИЛИ:

1. Считать, что представленная диссертационная работа Авази Мирзо на тему: «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» обобщает самостоятельные исследования автора и является завершённым научным трудом, предъявляемым ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Рекомендовать к защите диссертационную работу Авази Мирзо на тему: «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по соответствующей специальности 01.04.07–«Физика конденсированного состояния».

Председатель  
д.х.н., профессор

Раджабзода С.И.

Секретарь, к.ф.-м.н.

Акназарова Ш.И.

Подписи Раджабзода С.И., Акназаровой Ш.И.  
подтверждаю:

Начальник УК и СЧ ТНУ

Тавкиев Эмомали

