

ВУЗ: УРФУ

План проекта № 08 от 02.08.2016

## 01 Код предварительного предложения

Код предварительного предложения	SP-2016-1-UrFU-08
----------------------------------	-------------------

## 02 Инициаторы проекта

## 02.1 Наименование университета

Наименование университета	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
---------------------------	--

## 02.2 Стратегические академические единицы (далее САЕ) - инициаторы проекта

САЕ
Школа естественных наук и математики

## 03 Название, предметная область и тип проекта

## 03.1 Название проекта

Название проекта	Разработка новых функциональных материалов на основе низкоразмерных модификаций углерода
------------------	--

## 03.2 Ключевая идея (слоган) проекта

Ключевая идея (слоган) проекта	Создание уникальных низкоразмерных материалов для новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники
--------------------------------	--

## 03.3 Предметная область проекта

## 03.3.1 Предметная область проекта по классификации Scopus

Предметная область
2500.Materials Science(all)
2504.Electronic, Optical and Magnetic Materials
3104.Condensed Matter Physics

## 03.3.2 Предметная область проекта по предметным категориям Web of Science Core Collection

Предметная область
Materials Science, Coatings & Films
Nanoscience & Nanotechnology
Physics, Condensed Matter
Spectroscopy

## 03.4 Тип проекта

Приоритет	Тип проекта	Организация - партнер	Ссылка на код предварительного предложения партнера
01	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова, Дубна	
02	Научно-исследовательский с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с ведущими университетами Российской Федерации - участниками программы повышения конкурентоспособности вузов среди ведущих мировых научно-образовательных центров	Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Научно-исследовательский физико-технический институт	
01	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, г. Черноголовка	
03	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS	Гонконгский университет науки и технологии, Департамент физики	
03	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS	Киотский университет, Япония	
01	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	ООО "Углеродные технологии", Москва	
04	Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями	Университет Саскачевана, Канада	
04	Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями	Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН	
04	Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями	Университет Палермо, Италия	

04	Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями	Институт электрофизики УрО РАН	
01	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	АО "Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации", Москва	
01	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	Федеральный научно-производственный центр "НПО Геофизика-НВ"	
01	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	ООО "Хальдор Топсе"	
04	Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями	Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова	

## 03.5 Глобальная научно-технологическая задача (вызов) на решение которой ориентирован проект

Глобальная научно-технологическая задача (вызов) на решение которой ориентирован проект	Вызов: проект ориентирован на разработку и освоение технологий получения углеродных наноматериалов с заданным набором уникальных физико-химических и механических свойств. Получение и практическое применение данных материалов является глобальной научно-технологической задачей. Прорыв: разработка фундаментальных основ и создание элементной базы новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро-, оптоэлектроники.
---	---

## 03.6 Ключевые слова проекта

Ключевое слово
наноуглеродные материалы
карбин
графен
квантовые точки
линейно-цепочечный углерод
нанoeлектроника

## 03.7 Связь проекта с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в Российской Федерации

Приоритетные направления развития
Индустрия наносистем
Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика
Информационно-телекоммуникационные системы

## 03.8 Связь проекта с перечнем критических технологий Российской Федерации

Строка
Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов
Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств
Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств
Технологии наноустройств и микросистемной техники

## 04 Сроки реализации проекта

Предполагаемая дата начала проекта (квартал.гггг)	2.2017
Предполагаемая дата окончания проекта (квартал.гггг)	2.2022
Общий срок реализации проекта (мес.)	63

## 05 Общий объем финансирования за все время проекта

№	Финансовые средства	(млн. руб.)	(%)
1	Субсидия проекта повышения конкурентоспособности вузов (за все время проекта) (млн.руб)	500,000	62,50
2	Софинансирование проекта университетом (за все время проекта) (млн.руб)	50,000	6,25
3	Софинансирование проекта партнерами (за все время проекта) (млн.руб)	250,000	31,25
Итого:		800,000	100,00

## 06 Научный руководитель проекта

Фамилия	Курмаев
Имя	Эрнст
Отчество	Загидович
Год рождения	1937
ID Scopus	6603874026
Ученая степень	Доктор наук
Ученое звание	Профессор
Индекс Хирша	30
Трудовые отношения сотрудника с университетом	Совместительство
E-mail	ernst.kurmaev@gmail.com
Телефон	(343)3744183

## 07 Научное содержание проекта

## 07.1 Цель, задачи и ожидаемый результат проекта

--	--	--	--

№	Цель	Задача	Ожидаемый результат	Комментарий
1	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Теоретическое моделирование структуры и прогнозирование свойств модификаций двумерного и линейно-цепочечного углерода.</p>	<p>На основе ab initio-расчетов будет получена детальная информация об электронных, оптических и колебательных свойствах углеродных структур в зависимости от размерности, локальной атомной структуры и примесного состава.</p>	<p>Необходимый этап для формирования и развития новой отрасли - углеродной электроники.</p>
2	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Разработка и оптимизация режимов синтеза новых углеродных материалов.</p>	<p>Будет создана новая технология получения наноматериалов и нанокompозитов на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода . Методом CVD-напыления будут получены новые модификации графена и композитных наноуглеродных материалов с переходными и благородными металлами.</p>	
3	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Разработка и оптимизация режимов синтеза новых углеродных материалов.</p>	<p>Будут получены данные о влиянии типа и характеристик подложки на морфологию и свойства массивов углеродных цепочек. Будут определены оптимальные режимы конденсации углеродной плазмы и синтеза низкоразмерных углеродных покрытий с заданными характеристиками на подложках различного типа: металлы Cu, Ti, Al; гетероструктуры Me/ситалл, полупроводники n-Si, p-Si, SiO<sub>2</sub>, PVC и др.</p>	
4	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических,</p>	<p>Разработка способов ионно-лучевой модификации атомной структуры и электронно-оптических свойств низкоразмерных углеродных материалов.</p>	<p>Будет осуществлено легирование 0D, 1D и 2D углеродных структур атомами H, N, Se, Te, S, функциональными группами и молекулами типа C<sub>60</sub>, NH<sub>2</sub>, OH, CH<sub>3</sub>. Будут определены основные факторы и разработаны способы управления характеристиками легированных углеродных покрытий, цепочечных структур и наночастиц.</p>	
4	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Разработка и развитие методов экспресс-анализа и аттестации углеродных нанообъектов.</p>	<p>Экспресс-методы рентгеновской, оптической и КР-спектроскопии будут адаптированы к задачам аттестации аллотропных форм углерода. Оригинальная методика нестационарной УФ-фотоэлектронной эмиссии позволит контролировать зарядовые состояния и процессы ионизации линейных углеродных цепочек, наночастиц и фоточувствительных дефектов.</p>	

5	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Исследование энергетической структуры модификаций наноуглеродных материалов и динамики быстропротекающих электронных процессов.</p>	<p>С целью применения в микро- и нанoeлектронике, будет получена детальная информация об электронном энергетическом строении, фоновных состояниях, природе и динамике короткоживущих элементарных возбуждений, их радиационно-оптических и люминесцентных свойств.</p> <p>Будут установлены закономерности и механизмы электронного транспорта, процессов переноса энергии, и диссипативно-деградационных эффектов с участием локальных возбуждений различной природы.</p>	
6	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Поиск спектрально-частотных областей прозрачности и областей сильного затухания микроволнового и терагерцового электромагнитного излучения.</p>	<p>В частотном диапазоне от сантиметровых волн до терагерцового диапазона будут выполнены измерения электромагнитных свойств графеновых материалов, нанотрубок и алмазоподобных пленок, а также композитных материалов на их основе.</p> <p>Будут определены:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) области прозрачности или сильного затухания излучения и влияние условий получения материалов на частотные зависимости коэффициентов прохождения и отражения;</li> <li>2) значения и частотные зависимости комплексной диэлектрической проницаемости;</li> <li>3) условия, в которых показатель преломления принимает отрицательный знак;</li> <li>4) магнитные свойства структур типа «ферромагнитный металл/графен»;</li> </ol>	
7	<p>Разработка низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Исследования зависимости функциональных характеристик углеродных материалов от характера и степени атомного беспорядка.</p>	<p>«Ферромагнитный металл/тетракарбон» и условия распространения магнитных волн;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5) условия генерации спиновых токов и их детектирования с наноматериалами «металл/графен» и нанотрубками радиационно-индуцированного разупорядочения, типа и концентрации топологических дефектов на физические свойства низкоразмерных аллотропных форм углерода.</li> </ol> <p>На этой основе будут сформулированы технологические рекомендации по коррекции режимов ионно-лучевого синтеза для формирования заданных функциональных свойств материалов</p>	
9	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Изучение полярных состояний и вызванного ими пьезо- и пирозффектов в тонкопленочных структурах на основе двумерного материала графена и одномерного материала карбина.</p>	<p>Будут определены:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Условия влияния синтеза, легирования и механических напряжений на пьезоэлектрический и пирозлектрический отклики, которые ожидаются в этих структурах.</li> <li>2. Методы создания полярных структур на основе графена и карбина с максимальным пьезоэлектрическим и пирозффектом и коэффициентом электромеханической связи.</li> <li>3. Закономерности возникновения полярности в структурах на основе графена и карбина</li> <li>4. Зависимости величин пьезоэлектрических и пирозлектрических коэффициентов от условий синтеза, легирования и геометрических размеров.</li> <li>5. Механизм возникновения пьезоэффекта и пирозффекта в структурах на основе графена и карбина.</li> </ol>	
8			<p>Будет конкретно определено какие из исследуемых наноуглеродных материалов обладают практически полезными свойствами: как поглотители, волноводы, фильтры, поляризаторы излучений, невзаимные среды, прозрачные среды и т.д.</p> <p>Будут созданы и протестированы прототипы компонентов и устройств микро-, нанoeлектронной техники.</p> <p>Будет проведен анализ механизмов взаимодействия и эффективности влияния интенсивных внешних энергетических полей на физические характеристики материалов и функциональных устройств.</p>	

	<p>Разработка новых низкоразмерных углеродных материалов с заданными свойствами для формирования и развития новой отрасли науки и техники – углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.</p> <p>Основное внимание будет уделено одномерному углероду, методам синтеза протяженных линейных углеродных цепочек, изучению их физико-механических, электронных, оптических и магнитных свойств в зависимости от условий приготовления и допирования различными элементами.</p>	<p>Определение целевого функционального назначения новых углеродных материалов в электронике, оптических устройствах, системах передачи информации, защитных покрытиях и других перспективных областях применения.</p> <p>Разработка и создание прототипов и экспериментальных устройств элементной базы нано-, микроэлектроники и спинтроники на основе двумерных, линейно-цепочечных и нульмерных углеродных структур.</p>	
--	--	--	--

## 07.2 Описание проекта

Описание проекта	<p>1. Технологии синтеза Будут разработаны новые технологии синтеза углеродных 2D-, 1D- и 0D-структур. Запланировано развитие различных способов осаждения углеродных конденсатов с целью получения двумерных пленочных структур с широким диапазоном варьирования физических свойств (ИФМ УрО РАН), разработка и практическая реализация ион-плазменных методов синтеза высокопрочных и термоустойчивых кремний-углеродных двумерных покрытий (ИЭФ УрО РАН). Ведется разработка технологий получения квантовых точек углерода в твердотельных и жидких матрицах и методов функционализации полученных частиц (НИФТИ ННГУ, Ун-т Палермо).</p> <p>Будут модифицированы практические наработки по синтезу линейно-цепочечного углерода - карбина, предложенные соисполнителями из МГУ (школой профессора М.Б. Гусевой) и защищенные российскими и международными патентами, реализуемые в настоящее время УрФУ и Чувашским гос. университетом.</p> <p>Будет осуществляться легирование углеродных материалов атомами, функциональными группами и молекулами с целью направленного и управляемого изменения зонного энергетического строения и электрофизических свойств.</p> <p>2. Методы аттестации Экспресс-методы оптической и КР-спектроскопии будут использованы для аттестации форм углерода. Адаптированная методика нестационарной фотоэлектронной эмиссии позволит контролировать зарядовое состояние и процессы ионизации углеродных цепочек и фоточувствительных точечных дефектов.</p> <p>3. Моделирование и экспериментальное исследование электронной структуры Будут усовершенствованы модели квазиодномерных углеродных цепочек для расчетов колебательных и тепловых характеристик методом Монте-Карло, проведены <i>Ab initio</i>-расчеты электронных и колебательных свойств низкоразмерных углеродных структур в зависимости от размеров и типа упорядочения.</p> <p>Методы высокоэнергетической спектроскопии рентгеновского диапазона (фотоэлектронные, абсорбционные, эмиссионные) будут использованы для исследования энергетической структуры. Эти методы (XPS, XES и др.) позволят осуществить детальный анализ электронного строения наноразмерных фазовых образований.</p> <p>4. Исследование физических свойств Исследование природы элементарных возбуждений углеродных материалов, их радиационно-оптических и люминесцентных свойств, механизмов электронного и энергетического транспорта, диссипативно-деградационных эффектов. Будет подробно исследовано явление сверхпроводимости в цепочечных углеродных структурах (Гонконг). В результате анализа будут выделены основные факторы и выработаны методы управления характеристиками легированных углеродных материалов, в частности, их электронными и люминесцентно-оптическими свойствами (УрФУ, ИФМ УрО РАН, Киото, Саскачеван).</p> <p>5. Поиск применений и создание прототипов Будет определено, какие из исследуемых наноматериалов обладают практически полезными свойствами, такими как поглотители, фильтры, поляризаторы, невзаимные среды, прозрачные среды и т.д. с целью практического применения изучаемых материалов во многих отраслях, таких как электроника, системы передачи информации, оптические устройства и др.</p>
------------------	--

## 07.3 Подходы к реализации проекта

Подходы к реализации проекта	<p>Методический подход, который будет реализован в работе, состоит в системном применении комплекса современных физических методов, адаптированных к задачам исследования новых наноструктурных и низкоразмерных углеродных материалов. Работы будут осуществляться в рамках единого замкнутого цикла с обратной связью: «синтез – исследование свойств – создание прототипов устройств» на основе анализа фундаментальных механизмов формирования микроструктуры и природы функциональных свойств материалов. Методы высокоэнергетической и ультрамягкой спектроскопии рентгеновского диапазона (фотоэлектронные, абсорбционные, эмиссионные) будут использованы для исследования энергетического строения 0D, 1D и 2D объектов. Эти методы (XPS, XES и др.) позволят осуществить детальный анализ локальной атомной и электронной структуры материалов, установить особенности пространственного распределения внедренных атомов и функциональных групп, интерпретировать их структурно-чувствительные свойства. С другой стороны, методы оптической спектроскопии (оптическое поглощение и фотолюминесценция с пико- и наносекундным временным разрешением) обеспечат эффективность исследований локальных возбужденных состояний и фоточувствительных дефектов. Локальные пьезоэлектрические измерения будут производиться с помощью различных мод сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Кроме того, будут использованы практические наработки партнеров из МГУ (школа профессора М.Б. Гусевой) по синтезу и исследованиям линейно-цепочечного углерода (карбина и тетракарбона), которые уже защищены международными патентами. В Уральском Федеральном Университете и соисполнителями из Чувашского государственного Университета запущены и действуют экспериментальные установки по получению и радиационной модификации линейно-цепочечного углерода. Важнейшей частью проекта является развитие CVD-технологий получения модификаций низкоразмерного углерода и наноконпозитов на их основе. Для этой цели будет использована установка CVD-напыления ET3000 (FirstNano, США). Установка позволяет выполнить комплекс работ по получению различных видов углеродных наноматериалов на подложках размером до 150 мм. Запланировано получение графена, одно- и многослойных углеродных нанотрубок, композитных материалов с частицами Fe, Ni, Cu, нанопроволоки SiGe, Ge, ZnO, GaN, тонкие пленки Si, SiO<sub>2</sub> и Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Аппаратурное обеспечение позволяет в одном вакуумном цикле осуществлять: очистку и травление поверхности напыляемых подложек и изделий низкоэнергетичными ионами газов (аргона, кислорода, азота), напыление металлических покрытий методом электродугового распыления с сепарацией плазменного потока и нанесение углеродных покрытий (ta-C пленки) методом импульсного дугowego распыления графитовой мишени. Сочетание технологических возможностей нонно-лучевого синтеза вместе с методами CVD-напыления и радиационно-стимулированной конденсации, а также технологии напыления двумерных углеродных пленок с оборудованием для высокочастотных исследований, определяют техническую возможность достижения поставленных целей.</p>
------------------------------	--

## 07.4 Обоснование необходимости привлечения партнеров и кооперации с ними

--	--

<p>Обоснование необходимости привлечения партнеров и кооперации с ними</p>	<p>Для выполнения научно-исследовательской части проекта головной организацией (УрФУ) будут привлекаться следующие соисполнители:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Объединенный институт ядерных исследований - ОИЯИ, г. Дубна: обладает парком ускорительной техники, обеспечивающей возможность синтеза и исследования радиационной стойкости модификаций низкоразмерного углерода.</li> <li>- Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, Черноголовка: осуществляет разработку основ материаловедения и технологии элементной базы микросистемной техники, включая наноэлектронику, наноионику и нанооптику, а также технологии получения и анализа материалов электронной техники.</li> <li>- Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород: обладает необходимым оборудованием и опытом создания и исследования функциональных элементов наноэлектроники.</li> <li>- ООО «Углеродные технологии», Москва: обладает необходимым потенциалом для промышленного производства наноуглеродных материалов, развития технологической базы и внедрения результатов научно-исследовательских разработок.</li> <li>- Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург располагает арсеналом оборудования для изготовления двумерных углеродных наногетероструктур для микроволновых применений, а также для выполнения комплексных исследований структурно-энергетических состояний объектов.</li> <li>- Чувашский государственный университет, Чебоксары: имеет техническую базу и опыт для нанесения покрытий линейно-цепочечного углерода и обеспечения высокой адгезии на металлические, полупроводниковые и диэлектрические покрытия.</li> <li>- Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург: обладает необходимым оборудованием для ионно-лучевого синтеза и модификации свойств материалов, имеет большой опыт в исследовании быстропротекающих электрофизических процессов.</li> </ul> <p>К настоящему времени позитивно высказались о готовности к совместному внедрению результатов исследований свойств линейно-цепочечного углерода:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Центр перспективных исследований – в части создания новейших объектов специальной техники;</li> <li>- НПО «Геофизика-НВ», НПО «Автоматика» РКА, Концерн «РТИ-системы», ПО «УОМЗ», компания «Самсунг» - в части создания электронных компонентов;</li> <li>- Представительство компании «Хальдор Топсе» в России – в части создания катализаторов и адсорбентов с удельной поверхностью, превышающей существующие в несколько раз;</li> <li>- АО «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации» (ГК «Росатом») – в части разработки термоэлектрических преобразователей с повышенным коэффициентом преобразования;</li> <li>- Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева – в части создания биосовместимых имплантатов и шовных материалов.</li> </ul> <p>Наряду с указанными организациями к работе по проекту планируется привлечь представителей ведущих мировых университетов – Гонконгский университет науки и технологий (Китай), Университета Киото (Япония).</p>
--	---

#### 07.5 Имеющийся у университета опыт, научно-исследовательские и технологические наработки (заделы)

<p>Имеющийся у университета опыт, научно-исследовательские и технологические наработки (заделы)</p>	<p>Коллектив исполнителей имеет большой опыт в разработке физических основ получения тонкопленочных наногетероструктур, включая изучение механизмов формирования состава и структуры поверхности и межслойных границ раздела, включая исследование оптических, магнитных и других физических свойств под влиянием внешних воздействий и изучение особенностей спин-зависящих физических явлений в тонкопленочных наногетероструктурах.</p> <p>Имеется научный задел по тематике, связанной с углеродными материалами:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) Моделирование структуры и колебательного спектра двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода (тетракарбона).</li> <li>б) Исследования механических свойств, термического расширения и фазовых переходов в карбине.</li> <li>в) Изучение электрон-фононного взаимодействия и проводимости линейно-цепочечного углерода.</li> <li>г) Исследования спектров неупругого рассеяния рентгеновских лучей, электронной структуры оксида графена, роли кислород-содержащих функциональных групп, влияния упаковки атомов и химической модификации на формирование энергетической щели в оксиде графена.</li> <li>д) Изучение структурных дефектов и электронной структуры графена, допированного азотом.</li> <li>е) Исследование локальной атомной и электронной структуры наночастиц кобальта, осажденных на поверхности графена.</li> <li>ж) Исследования электронной структуры и магнитных свойств Co/графен композитов.</li> <li>з) Исследования электронной структуры аналога графена – силицена (влияния числа слоев и взаимодействия с Ag-подложкой).</li> </ol> <p>Список публикаций в ведущих журналах за последние годы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. G.C. Rodrigues, P. Zelenovskiy, K. Romanyuk, S. Luchkin, Ya. Kopelevich, and A. Kholkin, Nature Communications, 2015, V.6, 7572. Impact factor 11.470</li> <li>2. A. Hunt, E.Z. Kurmaev, and A. Moewes, Advanced Materials, 26 (2014) 4870-4874. Impact factor 15.409.</li> <li>3. Hu, S., Lozada-Hidalgo, M., Wang, F.C., Mishchenko, A., Schedin, F., Nair, R.R., Hill, E.W., Boukhvalov, D.W., Katsnelson, M.I., Dryfe, R.A.W., Grigorieva, I.V., Wu, H.A., Geim, A.K. (2014) Nature, 516 (7530), pp. 227-230. Impact factor 38.138.</li> <li>4. Adrian Hunt, Dmitriy A. Dikin, Ernst Z. Kurmaev et al., Advanced Functional Materials 22 (2012) 3950–3957. Impact factor 11.805.</li> <li>5. Neil W. Johnson, Patrick Vogt, Andrea Resta, Paola De Padova, Israel Perez, David Muir, Ernst Z. Kurmaev et al. Adv. Funct. Mater. 24 (2014) 5253–5259. Impact factor 15.409.</li> </ol> <p>К настоящему времени разработаны и реализованы уникальные технологии получения линейно-цепочечного углерода в виде регулярных покрытий, исследован ряд их уникальных свойств. Технологии запатентованы в США, которые лидирует по числу публикаций в области наноуглеродных материалов. Отработаны технологии осаждения двумерных углеродных пленок толщиной от 20 нм до 2 мкм на различные подложки (Cu, Ti, W, Fe, PTE, Si и др.) с хорошей адгезией. Методы осаждения: импульсно-дуговое распыление графитовой мишени (а-С пленки) и деструкция углеводородов (а-С:Н пленки), а также их сочетание в одном вакуумном цикле. У научного коллектива из ИФМ УрО РАН есть хороший задел в исследовании транспортных явлений в двумерных структурах.</p>
---	---

#### 07.6 Достижение глобального лидерства (превосходства), как один из результатов реализации проекта

--	--

<p>Достижение глобального лидерства (превосходства), как один из результатов реализации проекта</p>	<p>По своему масштабу поставленная задача сопоставима с проблемой создания новых двумерных 2D-материалов (графена, силицена, германена, фосфорена). Поставленные в данном проекте цели и задачи соответствуют самому современному мировому уровню, а по некоторым направлениям опережают его. Проект предусматривает решение сложной научно-технической проблемы создания материаловедческих основ элементной базы новой отрасли – углеродной нано-, микро-, оптоэлектроники, что имеет реальное практическое значение.</p> <p>Достижение глобального лидерства в данной области возможно за счет:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Интеллектуального потенциала, компетенций и профессионализма сотрудников и зарубежных партнеров</li> <li>2. Организационной структуры. В рамках одного проекта будут объединены исследовательские группы, включающие теоретиков и экспериментаторов из УрФУ, МГУ, ИФМ УрО РАН, ИЭФ УрО РАН, научно-производственные кластеры в Уральском Федеральном и Чувашском Университете и опытное производство (ООО Углеродные технологии, Москва). Весь цикл от расчетов, приготовления опытных образцов, их аттестации и изготовления конечной продукции будет сконцентрирован в рамках единого проекта.</li> <li>3. Комплекса уникальных методов и технологий. Комплекс включает эксклюзивное технологическое оборудование ООО Углеродные технологии (переданное и запущенное в УрФУ), оборудование ННГУ, ИЭФ УрО РАН и других организаций-партнеров, а также комплекс современной аппаратуры для аттестации новых материалов в УрФУ и ИФМ УрО РАН. В совокупности это позволяет осуществлять направленный синтез и прецизионное допирование линейно-цепочечных углеродных материалов.</li> <li>4. Сложившихся тесных международных связей. Использование уникального оборудования, отсутствующего в России. Осуществляется многолетнее успешное сотрудничество коллектива исполнителей и выход на специализированные источники синхротронного излучения в США (Advanced Light Source) и Канаде (Canadian Light Source). Кадровый потенциал, техническая база и научный задел коллектива дают все основания рассчитывать на успешное его выполнение.</li> </ol>
---	---

## 08 Актуальность и новизна проекта.

## 08.1 Значимость, востребованность и научная новизна проекта

<p>Значимость, востребованность и научная новизна проекта</p>	<p>Исследования уникальных физических свойств новых углеродных наноматериалов составляет одну из наиболее актуальных “горячих” тем физики твердого тела, нанофизики и физического материаловедения. В настоящее время сложилась парадоксальная ситуация: наиболее изученным из новых аллотропных форм углерода является графен, хотя сообщения о получении третьей аллотропной формы углерода – карбина появились значительно раньше (1980-е годы). Согласно Web of Science к 2010 г. насчитывалось более 10,5 тысяч публикаций, связанных с графеном. Наибольшее количество подобных статей принадлежит исследовательским коллективам США, Китая, Японии, Германии. Россия в этом списке находится на десятом месте – с 2004 по 2011г. Российские ученые за указанный период опубликовали лишь 363 статьи по графену. В области одномерных модификаций углерода – карбина и тетракарбона – отставание отечественных исследователей еще более существенно. И это несмотря на то, что приоритет открытия новой формы линейно-цепочечного углерода (тетракарбона) принадлежит отечественным специалистам.</p> <p>Открытие и последующее исследование свойств графена (2004 год, Новоселов-Гейм) продемонстрировало не только принципиальную возможность получения стабильного углеродного 2D-материала, но также показало, что моноатомные слои подобного типа могут проявлять уникальные физические свойства: химическую стабильность, высокую подвижность носителей заряда, превышающую таковую в кремнии, ультратеплопроводность, высокие значения оптических констант (коэффициент пропускания 97.7%) и модуля Юнга в сочетании с высокой удельной поверхностью (2630 м<sup>2</sup>/г). Наряду с этим одномерные углеродные 1D-материалы, такие как карбин и тетракарбон (массив углеродных цепей с гексагональной структурой), согласно прогнозам и имеющимся на данный момент экспериментальным данным, проявляют еще более выдающиеся характеристики: механическую прочность, многократно превышающую таковую для алмаза, низкую работу выхода электрона, отличную биосовместимость и др., что в целом обеспечивает возможности их широчайшего применения – от миниатюрных устройств микро-, нано-, оптоэлектроники, холодных катодов до функциональных покрытий микросистемной техники и специальных медицинских инструментов.</p> <p>Анализ деятельности ведущих мировых лабораторий и динамика публикаций в рассматриваемой области показывают, что выбранное в проекте направление исследований соответствует общемировой тенденции развития исследований транспортных, спин-зависящих и волновых квантовых явлений в углеродных наноматериалах. Интеллектуальный потенциал и научная квалификация участников исследовательского коллектива в сочетании с имеющимися аппаратурно-технологическими возможностями позволяют считать, что все поставленные задачи будут решены в полной мере.</p>
---	---

## 08.2 Значимость и востребованность проекта в технологиях.

<p>Значимость и востребованность проекта в технологиях.</p>	<p>Практически все отрасли отечественной промышленности смогут повысить свою конкурентоспособность за счет использования достижений отрасли углеродных наноматериалов. Одной из основных областей применения низкоразмерных модификаций углерода является создание новых уникальных приборов электронной техники. В частности, на основе линейно-цепочечного углерода могут быть созданы новые типы дисплеев и источников света, рентгеновские трубки, приборы ночного видения, термоэлектрические преобразователи с повышенной эффективностью и ядерные батареи. Применение современных углеродных материалов позволяет значительно повысить функциональные характеристики приборов, одновременно уменьшив их себестоимость. В этой связи потребителями разрабатываемых материалов могут стать предприятия российского и зарубежного электронного приборостроения, такие как НИИТФА «Росатом», НПО «Геофизика-НВ», НПО «Автоматики, Концерн «РТИ-системы», ПО «УОМЗ» и др.</p> <p>Чрезвычайно перспективным приложением низкоразмерных модификаций углерода является также разработка сверхминиатюрных компонентов для нанoeлектроники: конденсаторов, диодов Шоттки, полевых транзисторов, элементов памяти. В частности, низкая работа выхода электрона и возможность управления шириной запрещенной зоны, характерные для одномерного карбина, делает его чрезвычайно привлекательным для использования в электронике. Использование линейно-цепочечных структур может заинтересовать международных производителей микроэлектронных элементов. Наличие магнитных свойств наночастиц, нанесенных на графен или помещенных в нанотрубки, даст возможность создавать материалы, свойствами которых можно эффективно управлять. Это могут быть радиопоглощающие материалы, либо наоборот, материалы, прозрачные в определенном диапазоне частот. Существует возможность создания алмазоподобного покрытия с частицами переходных металлов, поглощение электромагнитных волн в котором будет значительно изменяться при достижении условий ферромагнитного резонанса в частицах. Эти результаты работы будут востребованы в ОКБ “Новатор”, г.Екатеринбург, а также в ГРЦ им. Макеева, г.Миасс, ПО “Октябрь”, г.Каменск-Уральский.</p> <p>К другим возможным применениям можно отнести функциональные и специальные защитные покрытия, предохраняющие металлические поверхности от окисления. Это обусловлено тем, что графен химически инертен и устойчив в атмосфере воздуха вплоть до 400 С. Графеновое покрытие увеличивает теплопроводность меди на 24%, что обеспечивает повышение эффективности медных радиаторов охлаждения в устройствах микро- и нанoeлектроники. Ожидается, что карбин обладает исключительно высоким сопротивлением разрыву, которое превышает в 2 раза аналогичное значение у графена и углеродных нанотрубок. В то же самое время он обладает большой гибкостью, что делает карбин суперматериалом и чрезвычайно привлекательным для самых различных применений.</p>
---	--

## 09 Ближайшие аналоги проекта (до 2-х проектов)

## 09.1 Ближайший аналогичный проект (конкурент) №1

## 09.1.1 Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 1

--	--

<p>Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурсанта) № 1</p>	<p>Проект Университета Вены (Австрия, реализуемый в сотрудничестве с университетом Цукубы (Япония), университетом Страны Басков (Испания), институтом Макса Планка (Германия) и Швейцарской высшей технической школой Цюриха посвящен методам синтеза и исследованию свойств низкоразмерных углеродных материалов, в частности карбина, графена и нанотрубок. Финансирование осуществляется за счет грантов европейского совета (ERC-2010-AdG-267374), Австрийского научного фонда (проект № I 943-N19), Швейцарского научного фонда (CR2212-152944) и др. Общий объем финансирования неизвестен, но оценивается в 5-10 млн. евро в год.</p> <p>Авторами развита методика синтеза одномерных углеродных цепочек внутри углеродных нанотрубок, достигнуты успехи в области измерения их механических и электронно-оптических свойств. Однако в области 1D-углерода (карбина) авторам не удалось совершить переход от синтеза отдельных цепочек к производству макроскопических объемов материала.</p> <p>Проект УрФУ направлен на развитие запатентованной технологии синтеза линейно-цепочечного углерода в промышленных масштабах, что позволит перейти от лабораторных образцов к прототипам устройств на основе нанотрубок.</p>
---	--

## 09.1.2 Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурсанта) № 1

<p>Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурсанта) № 1</p>	<p>Проект возглавляет профессор Томас Пихлер (h-index 48, Scopus ID 56180447800). Под его руководством в Венском университете работает команда научных сотрудников (Jannic Meyer, h-index 34, Scopus ID 10143943600, Herwig Peterlik, h-index 29, Scopus ID 7003521170 и Jani Kotakoski, h-index 23, Scopus ID 9746380500) и постдоков (Lei Shi, Philip Rohringer, Paola Ayala). Исследования ведутся в сотрудничестве с зарубежными специалистами (Kazu Suenaga, Yoshiko Niimi, Marius Wanko, Seymour Cahangirov, Angel Rubio, Zachary Lapin, Lukas Novotny). Команда поддерживается за счет грантов международных фондов.</p>
---	---

## 09.2 Ближайший аналогичный проект (конкурсант) №2

## 09.2.1 Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурсанта) № 2

<p>Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурсанта) № 2</p>	<p>Проект Университета Страсбурга (Франция) в сотрудничестве с университетом Гренобля, Лувенским католическим университетом (Бельгия) и Университетом Пенсильвании (США), посвящен первопринципным расчетам линейно-цепочечного углерода, а также исследованию свойств других низкоразмерных углеродных материалов. Финансирование осуществляется за счет грантов Национального исследовательского агентства Франции (NANOCONTACTS NT09 507527 и NANOCELLS ANR12 BS1000401), научного агентства Бельгии (F.R.S.-FNRS), проектов европейских фондов "ARC on Graphene Nano-electromechanics"(N 11/16-037) и "Graphene-based revolutions in ICT and beyond". Общий объем финансирования неизвестен, но оценивается в 7-8 млн. евро в год.</p> <p>Основная команда ученых из Страсбурга проводит успешные теоретические исследования углеродных наноструктур (ab initio расчеты с привлечением суперкомпьютеров). Экспериментальное подтверждение результатов выполняется совместно с коллегами из других университетов и лабораторий, которые имеют оборудование и обладают навыками синтеза низкоразмерных материалов. Сочетание теории и эксперимента обеспечивает успехи в исследованиях и публикации в ведущих мировых журналах. Проект имеет большое научное значение, но в настоящий момент не вышел на этап прототипирования и производства.</p> <p>В проекте УрФУ в рамках единого цикла будут реализованы работы по математическому моделированию, синтезу, экспериментальному исследованию свойств и развитию технологий производства новых углеродных материалов.</p>
---	---

## 09.2.2 Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурсанта) № 2

<p>Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурсанта) № 2</p>	<p>Проект возглавляет профессор Флориан Банхарт (h-index 47, Scopus ID 7004765158). Команда из университета Страсбурга включает пять научных сотрудников:</p> <p>Coung Pham-Huu (h-index 46, Scopus ID 7005176807) Sylvie Begin-Colin (h-index 27, Scopus ID 7005176807) Ovidiu Ersen (h-index 23, Scopus ID 55391955600) Dominique Begin (h-index 21, Scopus ID 7004356964) Charles A. Hirlimann (h-index 18, Scopus ID 7003278810) Laurence Magaud (h-index 21, Scopus ID 6603370315)</p> <p>Исследования проводятся при поддержке постдоков: Xianghao Liu, Simona Maria Moldovan, Georgian Melinte, Ali Hallal и др.</p> <p>Международные партнеры: Andres Rafael Botello-Mendez (Бельгия) Julio A. Rodriguez-Manzo (США) Gong Chen (США)</p>
---	--

## 10 Связь проекта с САЕ

## 10.1 Связь проекта с научной деятельностью САЕ

№	САЕ	Комментарий
1	Школа естественных наук и математики	<p>Проект связан с одним из основных направлений деятельности САЕ Институт Естественных Наук и Математики (ИЕНиМ): «Исследование и разработка новых продвинутых функциональных материалов, а именно: магнитных материалов; материалов для энергетики; наноструктурированных материалов; полупроводниковых материалов для оптоэлектроники; материалов для биологии и медицины».</p> <p>Проект сыграл в существенную роль в достижении основной цели САЕ ИЕНиМ – создание исследовательского и образовательного центра мирового уровня, обеспечивающего значительное повышение академической и научной репутации УрФУ в международном сообществе, за счет достижения мирового уровня выпускников-исследователей и научно-исследовательской деятельности УрФУ по ключевым направлениям в областях материаловедения.</p> <p>Проект выделяется масштабом проведения исследований и широкой интеграцией с ведущими Российскими и зарубежными научными и образовательными организациями.</p>

## 10.2 Связь проекта с образовательной деятельностью САЕ.

САЕ	Комментарий
Школа естественных наук и математики	<p>Широкое привлечение к реализации проекта магистрантов и аспирантов САЕ ШЕНиМ будет способствовать интеграции учебного процесса с исследованиями, а также реализации междисциплинарных учебных и исследовательских проектов при подготовке магистрантов и аспирантов, а также росту доли магистрантов и аспирантов в составе обучающихся в САЕ ИЕНиМ и формированию сквозных междисциплинарных (бакалавриат-магистратура- аспирантура) направлений подготовки в области перспективных функциональных материалов. Выполнение проекта обеспечит высокую вовлеченность студентов всех уровней образования в исследовательский процесс.</p> <p>Результаты проекта будут использованы в образовательной программе бакалавриата по направлению 210600.62 «Нанотехнология» и в программе магистратуры Материалы микро- и наносистемной техники по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».</p>



## II Показатели результативности проекта. Связь задач, результатов и показателей

## II.1 Показатели результативности проекта

## II.1.1 Позиция в отраслевых (предметных) рейтингах (ARWU, THE, QS), достижению которых способствует проект.

№	Рейтинг	2017 план	2018 план	2019 план	2020 план	2021 план
1	Times Higher Education	400	350	300	250	200
2	QS University Rankings	200	200	150	100	90

## II.1.2 Показатели результативности проекта (кроме рейтингов)

№	Показатель	2017 план	2018 план	2019 план	2020 план	2021 план	ИТОГО
1	Число публикаций в журналах 1-го квартиля (в предметной области(ях), по данным Journal Citation Reports), Web of Science Core Collection	4,	8,	15,00	20,00	30,00	77,000
2	Число публикаций в TOP-10 % журналов (по величине SNIP), индексируемых в базе данных Scopus, в соответствующей предметной области	5,	9,	18,00	22,00	35,00	89,000
3	Число патентов, зарегистрированных за рубежом	0,	0,00	1,00	2,00	3,	6,000
4	Число патентов, зарегистрированных в России	0,	1,00	5,	8,	10,	24,000

## II.1.3 Показатели результативности проекта (финансовые)

№	Показатель	2017 план, (%)	2018 план, (%)	2019 план, (%)	2020 план, (%)	ИТОГО, (%)
1	Отношение объема софинансирования (университета и партнеров) к объему средств субсидии, выделяемой на реализацию проекта	25,00	33,00	50,00	200,00	60,00

## II.2 Состав и определения ключевых показателей эффективности проекта (KPI) (справочная информация)

Код	Формулировка	Описание
IFARTICLE	Число публикаций в международных журналах с импакт-фактором	Число публикаций в международных журналах с импакт-фактором - 15 и более
MONOGRAPH	Число опубликованных монографий	Две и более монографии опубликованы международными издательствами
PATENT	Число направленных заявок на изобретения, ноу-хау	За время проекта - 2 международных и 5 российских заявок на изобретения и ноу-хау
TECHNOLOGY	Технологии изготовления пленок линейно-цепочечного углерода	Акты испытания технологии получения пленок линейно-цепочечного углерода - два и более
ELECTRON	Микро-, нано-, оптоэлектронные компоненты устройств на основе низкоразмерного углерода.	Акты стендовых испытаний двух и более прототипов микро-, нано-, оптоэлектронных компонентов на основе графена, карбина и углеродных квантовых точек.
PIEZO	Микромеханические и сенсорные устройства на основе графена и карбина.	Акты стендовых испытаний двух и более прототипов микромеханических и сенсорных устройств на основе графена и карбина.
CATHODE	Новые пленки ЛЦУ для фотоприемных модулей	Акты стендовых испытаний двух и более типов новых наноструктурных пленок линейно-цепочечного углерода для использования их в качестве прострельных умножительных слоев в фотокатодах сверхвысоковакуумных фотоприемных модулях электронно-оптических преобразователей нового поколения
RADIATION	Пленки линейно-цепочечного углерода, устойчивые в импульсных радиационных полях	Акты испытания радиационно-стойких материалов - два и более

## II.3 Сводная таблица собственных задач, результатов и показателей реализации проекта

№	Задача	Ожидаемый результат	Показатель реализации (KPI)
1	Теоретическое моделирование структуры и прогнозирование свойств модификаций двумерного и линейно-цепочечного углерода.	На основе ab initio-расчетов будет получена детальная информация об электронных, оптических и колебательных свойствах углеродных структур в зависимости от размерности, локальной атомной структуры и примесного состава, что является необходимым этапом для формирования и развития новой отрасли - углеродной электроники.	IFARTICLE
2	Разработка и оптимизация режимов синтеза новых углеродных материалов.	Будут получены данные о влиянии типа и характеристик подложки на морфологию и свойства массивов углеродных цепочек. Будут определены оптимальные режимы конденсации углеродной плазмы и синтеза низкоразмерных углеродных покрытий с заданными характеристиками на подложках различного типа: металлы Cu, Ti, Al; гетероструктуры Me/сигналл, полупроводники n-Si, p-Si, SiO <sub>2</sub> , PVC и др.	TECHNOLOGY
3	Разработка и оптимизация режимов синтеза новых углеродных материалов.	Будет создана новая технология получения наноматериалов и нанокомпозитов на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода. Методом CVD-напыления будут получены новые модификации графена и композитных наноуглеродных материалов с переходными и благородными металлами.	PATENT

4	Разработка и развитие методов экспресс-анализа и аттестации углеродных нанобъектов.	Экспресс-методы рентгеновской, оптической и КР-спектроскопии будут адаптированы к задачам аттестации аллотропных форм углерода. Оригинальная методика нестационарной УФ-фотоэлектронной эмиссии позволит контролировать зарядовые состояния и процессы ионизации линейных углеродных цепочек, наночастиц и фоточувствительных дефектов.	PATENT
5	Исследование энергетической структуры модификаций наноуглеродных материалов и динамики быстропротекающих электронных процессов.	С целью применения в микро- и нанoeлектронике, будет получена детальная информация об электронном энергетическом строении, фоновых состояниях, природе и динамике короткоживущих элементарных возбуждений, их радиационно-оптических и люминесцентных свойств. Будут установлены закономерности и механизмы электронного транспорта, процессов переноса энергии, и диссипативно-деградационных эффектов с участием локальных возбуждений различной природы.	IFARTICLE
6	Исследования зависимости функциональных характеристик углеродных материалов от характера и степени атомного беспорядка.	Будут получены данные о влиянии радиационно-индуцированного разупорядочения, типа и концентрации топологических дефектов на физические свойства низкоразмерных аллотропных форм углерода. На этой основе будут сформулированы технологические рекомендации по коррекции режимов ионно-лучевого синтеза для формирования заданных функциональных свойств материалов	IFARTICLE
7	Изучение полярных состояний и вызванного ими пьезо- и пирозффектов в тонкопленочных структурах на основе двумерного материала графена и одномерного материала карбина.	Будут определены: 1. Условия влияния синтеза, легирования и механических напряжений на пьезоэлектрический и пирозффективный отклики, которые ожидаются в этих структурах. 2. Методы создания полярных структур на основе графена и карбина с максимальным пьезоэлектрическим и пирозффектом и коэффициентом электромеханической связи. 3. Закономерности возникновения полярности в структурах на основе графена и карбина 4. Зависимости величин пьезоэлектрических и пирозффективных коэффициентов от условий синтеза, легирования и геометрических размеров. 5. Механизм возникновения пьезоэффекта и пирозффекта в структурах на основе графена и карбина.	PIEZO
8	Разработка способов ионно-лучевой модификации атомной структуры и электронно-оптических свойств низкоразмерных углеродных материалов.	Будет осуществлено легирование 0D, 1D и 2D углеродных структур атомами H, N, Se, Te, S, функциональными группами и молекулами типа C60, NH2, OH, CH3. Будут определены основные факторы и разработаны способы управления характеристиками легированных углеродных покрытий, цепочечных структур и наночастиц.	MONOGRAPH
9	Поиск спектрально-частотных областей прозрачности и областей сильного затухания микроволнового и терагерцового электромагнитного излучения.	В частотном диапазоне от сантиметровых волн до терагерцового диапазона будут выполнены измерения электромагнитных свойств графеновых материалов, нанотрубок и алмазоподобных пленок, а также композитных материалов на их основе. Будут определены: 1) области прозрачности или сильного затухания излучения и влияние условий получения материалов на частотные зависимости коэффициентов прохождения и отражения; 2) значения и частотные зависимости комплексной диэлектрической проницаемости; 3) условия, в которых показатель преломления принимает отрицательный знак; 4) магнитные свойства структур типа «ферромагнитный металл/графен», «ферромагнитный металл/тетракарбон» и условия распространения магнитных волн; 5) условия генерации спиновых токов и их детектирования с наноматериалами «металл/графен» и «металл/нанотрубка».	IFARTICLE
10	Определение целевого функционального назначения новых углеродных материалов в электронике, оптических устройствах, системах передачи информации, защитных покрытиях и других перспективных областях применения. Разработка и создание прототипов и экспериментальных устройств элементной базы нано-, микроэлектроники и спинтроники на основе двумерных, линейно-цепочечных и нульмерных углеродных структур.	Будет конкретно определено какие из исследуемых наноуглеродных материалов обладают практически полезными свойствами: как поглотители, волноводы, фильтры, поляризаторы излучений, невзаимные среды, прозрачные среды и т.д. Будут созданы и протестированы прототипы компонентов и устройств микро-, наноэлектронной техники. Будет проведен анализ механизмов взаимодействия и эффективности влияния интенсивных внешних энергетических полей на физические характеристики материалов и функциональных устройств.	ELECTRON
11		Будет конкретно определено какие из исследуемых наноуглеродных материалов обладают практически полезными свойствами: как поглотители, волноводы, фильтры, поляризаторы излучений, невзаимные среды, прозрачные среды и т.д. Будут созданы и протестированы прототипы компонентов и устройств микро-, наноэлектронной техники. Будет проведен анализ механизмов взаимодействия и эффективности влияния интенсивных внешних энергетических полей на физические характеристики материалов и функциональных устройств.	CATHODE

<p>Определение целевого функционального назначения новых углеродных материалов в электронике, оптических устройствах, системах передачи информации, защитных покрытиях и других перспективных областях применения.</p> <p>Разработка и создание прототипов и экспериментальных устройств элементной базы нано-, микроэлектроники и спинтроники на основе двумерных, линейно-цепочечных и нульмерных углеродных структур.</p>		
--	--	--

## 12 Партнеры проекта (информация по всем партнерам)

## 12.1 Общая информация по всем партнерам

№	Официальное наименование партнера	Официальный сайт Партнера	Профиль Партнера	Описание Партнера	Вкл. проек. тако. : реал.
1	<p>Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова, Дубна</p>	<p><a href="http://flerovlab.jinr.ru/flnr/index_rus.html">http://flerovlab.jinr.ru/flnr/index_rus.html</a></p>	<p>научное учреждение</p>	<p>Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ) — международная межправительственная научно-исследовательская организация в наукограде Дубна Московской области. Учредителями являются 18 государств-членов ОИЯИ. Основные направления теоретических и экспериментальных исследований в ОИЯИ — ядерная физика, физика элементарных частиц и исследования конденсированного состояния вещества.</p> <p>Объединённый институт поддерживает связи почти с 700 научными центрами и университетами в 60 странах мира. Только в России, крупнейшем партнёре ОИЯИ, сотрудничество осуществляется со 150 исследовательскими центрами, университетами, промышленными предприятиями и фирмами из 40 российских городов. Ярким примером является сотрудничество Объединённого института с Европейской организацией ядерных исследований (ЦЕРН), что способствует решению многих теоретических и экспериментальных задач физики высоких энергий. ОИЯИ участвует в осуществлении проекта «Большой адронный коллайдер (LHC)» — разработке и создании отдельных систем детекторов ATLAS, CMS, ALICE и самой машины LHC. На базе своего суперкомпьютерного центра Институт принимает участие в создании Российского регионального центра обработки экспериментальных данных с LHC, который, как планируется, будет составной частью проекта Европейского союза «HEP EU-GRID».</p> <p>В выполнении научной программы Института участвуют более 200 научных центров, университетов и предприятий из 10 государств СНГ.</p>	<p>Иссле, радиа стиму. явлени низког углерс матери ускори цикло компл Лабор реакци также исследе новых полим треког нанесс углерс покры</p>

2	<p>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Научно-исследовательский физико-технический институт</p>	<p><a href="http://www.nifti.unn.ru/">http://www.nifti.unn.ru/</a></p>	<p>образовательное учреждение</p>	<p>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ – Университет Лобачевского относится к числу лучших классических университетов России. В данный момент Университет Лобачевского входит в число десяти самых крупных университетов России (с численностью студентов более 20 тыс. чел.) и является одним из победителей первой волны Национального конкурса по участию в Федеральной целевой программе повышения конкурентоспособности российских университетов. ННГУ участвует в ведущих рейтингах лучших высших учебных заведений мирового значения THE и QS (позиция 701+), а также в таких глобальных и региональных рейтингах вузов, как: U-Multirank 2015/2016 (ТОП-20 в предметных областях «Биология», «Математика», «Химия»), Round University Ranking (позиция 146 по качеству преподавания), Times Higher Education BRICS &amp; Emerging Economies Rankings 2016 (позиция 193), QS University Rankings: BRICS 2016 (позиция 76), QS University Rankings: Emerging Europe and Central Asia 2016 (позиция 57) и др. Университет стал местом зарождения многих новых направлений научных исследований и подготовки кадров. Ключевую роль в этом сыграл Научно-исследовательский (Горьковский исследовательский) физико-технический институт (НИФТИ). Именно НИФТИ, занимающий лидирующие позиции в стране по ряду направлений в области твердотельной электроники, физического материаловедения и информационных технологий, будет задействован при выполнении заявляемого проекта. Ключевую роль в решении задачи ионно-лучевой модификации структуры и электронно-оптических свойств низкоразмерных углеродных материалов в рамках проекта сыграет ведущий научно-педагогический коллектив НИФТИ ННГУ в области физики и техники ионной имплантации. Нижегородская школа ионной имплантации известна во всем мире благодаря пионерским работам по дефектообразованию при ионном облучении, аморфизации и легированию полупроводников.</p>	<p>Универс к прое  совме исслед включ лучеву модиф образ электр характ рамка: сотруд которы заклю 2016 г работ будут коллек исслед физик инсти руковс профе Тетелл</p>

3	Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, г. Черноголовка	<a href="http://www.ipmt-hpm.ac.ru/index.ru.html">http://www.ipmt-hpm.ac.ru/index.ru.html</a>	научно-исследовательский консорциум	<p>Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской Академии наук формировался в 1982 — 1983 г.г. в составе Института физики твердого тела АН СССР и получил самостоятельность 1 января 1984 года.</p> <p>Перед институтом ставилась задача проведения фундаментальных исследований в области физических основ микроэлектроники и свойств микро- и нанообъектов, создание методов контроля и диагностики микроструктур, разработка новых технологических процессов микроструктурирования, поиск и получение новых материалов для микроэлектроники. Предусматривалась и организация производства опытных партий особо-чистых материалов и технологического оборудования. Ученые ИПТМ РАН явились инициаторами развития двух оригинальных научных направлений, нашедших мировое признание: металлическая наноэлектроника (лаб. доктора физико-математических наук В. Т. Петрашева) и Брегг-Френелевская рентгеновская оптика (отдел член-корр. РАН В. В. Аристова). Сотрудники ИПТМ РАН выполнили оригинальные разработки в области электронно-лучевой и ионной литографии, плазменно-химического травления, осаждения пленок методами CVD, стимулированного ЭЦР, электронно-лучевого, магнетронного и лазерного напыления. Эти разработки сегодня лежат в основе создаваемых институтом приборов, установок и новых технологий. Успешно развивалась и традиционная для ИПТМ, возникшая еще в ИФТТ АН СССР, тематика получения и анализа чистых веществ.</p>	Научн област низко матери опто- наноэ разраб тестир прото электр компо покол
4	Гонконгский университет науки и технологии, Департамент физики	<a href="http://physics.ust.hk">http://physics.ust.hk</a>	образовательное учреждение	<p>Гонконгский университет науки и технологии (HKUST) — общественный исследовательский университет, расположенный в Гонконге, в районе Клир-Уотер-Бей (округ Сайкун). Основан в 1991 году, состоит из четырёх школ, которые предоставляют степень бакалавра в области бизнеса, инжиниринга, социальных и гуманитарных наук. Согласно различным рейтингам, входит в тройку ведущих университетов города, а также в число лучших университетов Китая и Азии. Университет специализируется на исследованиях в области биологии, физики, химии, математики, защиты окружающей среды и материаловедения. Университет занимает высокие позиции в международных рейтингах: №59 THE, №28 QS.</p> <p>Лаборатория термодинамики, транспорта и высоких давлений ведет исследования мирового уровня по следующим направлениям:      Поверхностное сверхпроводимость      Квази-1D сверхпроводимость      Углеродных нанотрубок и массивов ультратонких нанопроводов      Взаимодействие параметров порядка в искусственных мультиферроиках      Материалы с сильными электронными корреляциями      Квантовый магнетизм, скирмион фазы и др.</p>	Реали: исслед высок сверх углерс

5	Киотский университет, Япония	<a href="http://www.process.mtl.kyoto-u.ac.jp/">http://www.process.mtl.kyoto-u.ac.jp/</a>	образовательное учреждение	<p>Киотский университет — один из важнейших национальных университетов Японии, второй старейший университет страны, после токийского. В Киотском университете обучается около 22 тыс. студентов. Среди его преподавателей и выпускников десять лауреатов Нобелевской премии и два лауреата медали Филдса. Университет также известен в качестве отправной точки для философского движения школы Киото.</p> <p>Университет занимает высокие позиции в международных рейтингах: №88 THE, №38 QS, №26 ARWU. Лаборатория информатики материалов занимается разработкой новых методов анализа для использования в процессе производства новых материалов и обнаружения утечки токсичных веществ в окружающую среду с помощью рентгеновской физики, спектроскопии, физической химии. Еще одной задачей лаборатории является разработка процессов экологически чистого производства.</p>	Прово экспе иссле электр структ наном углерс испол синхр излуче
6	ООО "Углеродные технологии", Москва	<a href="http://www.rusprofile.ru/id/7008625">http://www.rusprofile.ru/id/7008625</a>	инновационное предприятие	<p>ООО "Углеродные технологии" - инновационное предприятие, целью которого является продвижение на рынок нового уникального углеродного материала - линейно-цепочечного углерода (карбина, тетракарбона). Компания владеет международными патентами на способы производства тетракарбона, а также оборудованием, реализующим описанные патенты. Работы проводятся при научной поддержке Физического факультета МГУ.</p>	Межд УрФУ "Угле техно заклю долгос согла сотруд Компа участ в стат окаже ключе техно обору интел собст денеж средст Также реали станул прове совме иссле и обра углерс наном осуше проце закре интел собст разраб постат произ проду основ форм сектор высок наноу проду

7	Университет Саскачевана, Канада	<a href="https://www.usask.ca">https://www.usask.ca</a>	образовательное учреждение	<p>Университет Саскачевана является крупнейшим учебным заведением в канадской провинции Саскачеван. Это также единственный канадский университет, который имеет соглашение о сотрудничестве с Оксфордским университетом. Университет Саскачевана является одним из ведущих исследовательских университетов Канады (на основе количества Канады исследовательских кафедр) и является членом группы U15 канадских исследовательских университетов (15 самых наукоемких университетов в Канаде).</p>	Обеспечение возможности проведения измерений неупрощенного рентгена на Кап источник синхротронного излучения Light Source Saskatchewan
8	Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН	<a href="http://www.imp.uran.ru/">http://www.imp.uran.ru/</a>	научное учреждение	<p>Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН (ИФМ УрО РАН) - крупнейший академический институт в Уральском федеральном округе и ведущий в России в области исследования физики магнитоупорядоченных материалов, металлических наноструктур, физического металловедения, углеродных наноматериалов, теории сильнокоррелированных электронных систем, радиационной физики твердого тела. Институт является одним из учредителей журналов «Физика металлов и металловедение» и «Дефектоскопия». В Институте совместно с Уральским федеральным университетом им. Б.Н. Ельцина (УрФУ) создан и работает Научно-образовательный комплекс «Высшая академическая школа физики металлов УрФУ - ИФМ УрО РАН». Имеющееся в институте оборудование позволяет изготавливать объекты исследования, осуществлять экстремальные воздействия на материалы и изделия и исследовать их физико-механические свойства. С целью эффективного использования уникального оборудования создан Центр коллективного пользования «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов».</p>	

					В про участ лабор углерс наном рентге спектр УрО Р деятел проект разраб технол получ исслед электр магни механ свойс углерс низко наном Выпол исслед локал электр струк содерж соедин нано фулле Кроме инсти синте струк исслед химич свойс нано основ капсул углерс (Me@ Ni, Co инсти устан газоф для пс химич стабил биоло инерт нано металл
9	Университет Палермо, Италия	<a href="http://www.unipa.it">http://www.unipa.it</a>	образовательное учреждение	Палермский университет (итал. Universita degli Studi di Palermo) расположен в городе Палермо, в нём обучается порядка 50000 студентов. Университет Палермо (UNIPA) представляет собой сводный культурный, научный и образовательный центр в центрально- западной Сицилии. Его 5 школ и 20 департаментов охватывают наиболее важные области современных научно- технических знаний.	Ведет синте спектр исслед электр оптич матери частно нульм образ углерс кванто твердо жидки
10	Институт электрофизики УрО РАН	<a href="http://www.iep.uran.ru">http://www.iep.uran.ru</a>	научное учреждение		



				<p>Институт электрофизики УрО РАН – ведущая исследовательская организация в области физических процессов в газовых разрядах низкого давления с холодным катодом, используемых в эффективных источниках плазмы, электронных и ионных пучков, разработке источников заряженных частиц и генераторов плазмы для технологических применений и изучению влияния воздействия ускоренных ионов и плазмы на свойства материалов. В проекте будет участвовать лаборатория пучков частиц ИЭФ УрО РАН. Проведенные в лаборатории исследования разряда с плазменным катодом с сеточной стабилизацией позволили существенно повысить надежность и эффективность созданного на его основе генератора плазмы и разработать новые методы нанесения углеводородных алмазоподобных покрытий. Имеющееся оборудование позволяет проводить направленную модификацию объектов исследования, осуществлять экстремальные воздействия на материалы и изделия и исследовать свойства.</p>	<p>Научн деятел проект разраб технол импул лучевы исследе электр оптич новых матер низкод карби, покры</p>
11	<p>АО "Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации", Москва</p>	<p><a href="http://www.niitfa.ru">http://www.niitfa.ru</a></p>	<p>промышленное предприятие / корпорация</p>	<p>АО «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации» (с 1960 по 1989 год — Всесоюзный научно-исследовательский институт радиационной техники (ВНИИРТ) — предприятие Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», входит в электрофизический блок под управлением АО «Наука и инновации». АО «НИИТФА» разрабатывает и производит:</p> <p>аппаратуру для контроля параметров технологических процессов, методы и аппаратуру для анализа элементного состава вещества, средства неразрушающего контроля материалов и изделий, методы и оборудование для осуществления радиационно-технологических процессов, радионуклидные энергетические установки (генераторы), газоразрядные детекторы ионизирующих излучений и аппаратуру с их использованием; средства лучевой диагностики и терапии заболеваний человека.</p>	<p>Иссле, радиа стиму. проце углерс матери и тест прото: радиа техни покол</p>
12		<p><a href="http://www.i-mash.ru/predpr/1378">http://www.i-mash.ru/predpr/1378</a></p>			

	Федеральный научно-производственный центр "НПО Геофизика-НВ"		промышленное предприятие / корпорация	Федеральный научно-производственный центр ОАО "НПО Геофизика-НВ" - одно из ведущих предприятий в мире по созданию уникальных приборов ночного видения и ключевой элементной базы, на основе которой созданы данные приборы. ОАО «НПО Геофизика-НВ» серийно изготавливает фотоприемные модули (ФПМ) на основе сверхвысоковакуумных высокочувствительных электронно-оптических преобразователей (ЭОП) III и III+ поколений, состыкованных с ПЗС - матрицами, которые широко используются для оптико-электронных систем и приборных комплексов. Одним из перспективных направлений дальнейшего совершенствования разработанных ФПМ является применение нанопленок для усиления потока электронов в сверхвысоковакуумных структурах ЭОП III+ и последующих поколений.	ОАО «Геофи» подде выпол исслед проек новых функц матери основн низко модиф углерс прикл исслед в рамк научн сотруд участи дальн соверг ФПМ приме нанотс изготс принц новых для ус потоки структ которг широк для наноб. эколог монит медиц транс средст приме гражд отрасл промь
13	ООО "Хальдор Топсе"	<a href="http://www.topsoe.ru">http://www.topsoe.ru</a>	промышленное предприятие / корпорация	Хальдор Топсе (представитель в России ООО "Хальдор Топсе") – мировой лидер в катализе и изучении физико-химических свойств поверхности. Работая исключительно и всецело в интересах заказчиков, мы предлагаем оптимальные решения стоящих перед ними задач. Наши партнеры получают наибольшую отдачу от технологических процессов и выпуска продукции при наименьших затратах энергии и ресурсов с минимальным воздействием на окружающую среду. Оптимальные и надежные решения Топсе используются во всем мире, способствуя улучшению качества жизни и окружающей среды.	Специ компа Топсе персп испол низко модиф углерс частнс тетрав произв видов адсорб для пр аккумуля. Особь дальн исслед предст следун адсорб активн селек различ сравнс активн углем, масшт произв тетрав сравнс пленок аллотг модиф углерс электр механ свойс



9	Университет Палермо, Италия	Каннас	Марко		8630234700	Doctor of Philosophy	Профессор	20	marc
10	Институт электрофизики УрО РАН	Гаврилов	Николай	Васильевич	7102833615	Доктор наук	Профессор	12	gavri
11	АО "Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации", Москва	Крошкин	Евгений	Николаевич		Кандидат наук	Без звания		krosl
12	Федеральный научно-производственный центр "НПО Геофизика-НВ"	Грузевич	Юрий	Константинович	56433664700	Доктор наук	Профессор		yukg
13	ООО "Хальдор Топсе"	Перрегорд	Йенс			Doctor of Philosophy	Без звания		info@
14	Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова	Кочаков	Валерий	Данилович	56145150300	Кандидат наук	Доцент		offic

## 13 Коллектив проекта

## 13.1 Общее количество сотрудников проекта

№	Сотрудники проекта	Кол-во (чел)
1	Аспиранты	10
2	АУП	3
3	НПР	20
4	Ординаторы	0
5	Прочие	2
6	Студенты	20
Итого:		55

## 13.2 Общее описание состава участников проекта и их ролей при его реализации

Общее описание состава участников проекта и их ролей при его реализации	<p>Основные исполнители проекта являются штатными сотрудниками Уральского федерального университета (В.Н. Рычков, Э.З. Курмаев, А.Ф. Зацепин, Д.В. Бухвалов, В.Я. Шур, А.Л. Холкин, Е.А. Бунтов, В.Я. Арбузов, В.Ю. Иванов, В.А. Пустоваров и др.) или совместителями из числа ученых Уральского отделения РАН (А.Б. Ринкевич, Н.В. Гаврилов, Д.А. Зацепин и др.). К работе будут привлечены два постдока (Л. Спаллино, Италия, Ч.Х. Вонг, Гонконг), 5 аспирантов и 10-12 магистрантов.</p> <p>Авторский коллектив имеет многолетний опыт работы в области физики конденсированного состояния, спектроскопии и микроскопии широкого спектра объектов, включая неупорядоченные и низкоразмерные системы (кристаллы, стекла, пленки, нанокерамики). Опубликовано сотни статей в ведущих зарубежных и отечественных физических журналах и 5 монографий. Исследования проводятся при взаимодействии и сотрудничестве с зарубежными коллегами из Германии, Франции, Италии, Канады, Японии, Китая.</p> <p>Акцент исследований сконцентрирован на изучении функциональных свойств твердотельных материалов, физической природы и энергетики возбужденных состояний электронно-колебательной подсистем, динамики и механизмов быстропотекающих процессов с использованием импульсных пучков электронов, ионов и синхротронного излучения ВУФ- и рентгеновского диапазонов в сочетании с методами время-разрешенной спектроскопии.</p> <p>Участниками коллектива разработаны оригинальные методики анализа и контроля люминесцентных, волноводных, электронных, оптических и других функциональных свойств материалов и структур. В последние годы коллективом проводятся фундаментальные и прикладные исследования энергетической структуры, дефектности, радиационно-оптических, эмиссионных и акустических свойств аморфных, дисперсных и пористых материалов, тонкопленочных гетероструктур и нанокompозитов, содержащих кластеры и дефекты, созданные при корпускулярно-фотонном воздействии.</p> <p>Недостатки приборной базы коллектива компенсируются широким спектром Российских и международных партнеров.</p>
---	--

## 13.3 Научный коллектив проекта - ключевые сотрудники (3-5 ключевых сотрудников)

№	Фамилия	Имя	Отчество	Год рождения	ID Scopus	Роль сотрудника в проекте	Ученая степень	Ученое звание	Индекс Хирша	пуб (и ц)

1	Курмаев	Эрнст	Загидович	1937	6603874026	Научный руководитель	Доктор наук	Профессор	30	1. A elect of gr oxid Nanc стан 2. A of H Grot Elec Struc Grap Adv: Mate (201 3. Ep Spec Func Dist Grap Pape Mate Adv: Func Mate 3950
2	Гусева	Мальвина	Борисовна	1936	7102351582	Ведущий исследователь	Доктор наук	Профессор	13	1. A allot carbi reali (200 Inter Journ Refr and l 24 (1 2. C mod the f struc Vacu 75-7 3. O layer Carb 213-

3	Шур	Владимир	Яковлевич	1945	55665336800	Ведущий исследователь	Доктор наук	Профессор	26	1. Ba Polir Niob fidel Patte Effic Ligh Appl 1999 pp.1' 2. Ki Ferro Don: Appl Gene to Li LiTa "Fro Ferro Spec Journ Matc Ed. t H.L. Sprin pp.1' 3. In Qua; and C Scan Micr indu Ferro Don: Natu 2014 66.
4	Холкин	Андрей	Леонидович	1967	55405942300	Ведущий исследователь	Кандидат наук	Доцент	41	1. St piezo singl grap on S subs Com 2015 2. Sy char: redu oxid nano nano appli Matc 1151 3. Li grap Kelv Micr appr Sour (201
5	Зацепин	Анатолий	Федорович	1947	7004260977	Ведущий исследователь	Кандидат наук	Доцент	11	

											1. Sr a Sn- SiO <sub>2</sub> after anne coml and l Appl Scie 2. Phot of Si emb Exci map Stat 2015 3. El gap inter lumi and l impl Joun Phys
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

## 13.4 Административный коллектив проекта - ключевые сотрудники (2-3 ключевых сотрудника)

№	Фамилия	Имя	Отчество	Год рождения	ID Scopus	Роль сотрудника в проекте	Ученая степень	Ученое звание	Индекс Хирша	Н з публ бс (н изд пуб

1	Рычков	Владимир	Николаевич	1952	6603896943	Директор	Доктор наук	Профессор	2	<p>1. Sele modif additiv impro steam metha afterb pallad / Masl M.A., Khudd A.K., Porsin Prosvi Rychk Bukht Cataly Indust V. 3, 1. 357</p> <p>2. Ura sorptic sulfat with polyar Rychk Radio 2003. P. 56-6</p> <p>3. Pur situ le solutic uraniu remov from s Pastuk Rychk Smirn Skripc Popon Miner Engin 2014. P. 1-4.</p>



2	Зацепин	Анатолий	Федорович	1947	7004260977	Ведущий исследователь	Кандидат наук	Доцент	11	1. Sn- a Sn- SiO <sub>2</sub> I after th anneal combi and D Applic Scienc 2. Photol of Si r embec Excita mappi Status 2015 3. Ele gap re intens lumin and M implat Journ Physic
---	---------	----------	-----------	------	------------	--------------------------	------------------	--------	----	--

## 13.5 Ведущий администратор проекта

Фамилия	Бунтов
Имя	Евгений
Отчество	Александрович
Год рождения	1985
Id Scopus	25626083300
Роль сотрудника в проекте	Администратор
Ученая степень	Кандидат наук
Индекс Хирша	4
Трудовые отношения	Основное место работы
Основные реализованные проекты	Проект РФФИ №14-02-31270 Процессы сенсibilизации фотолуминесценции квантовых точек Si, C, SiC, Sn, 2014-2015, 0.8 млн. руб.
E-mail	e.a.buntov@urfu.ru
Телефон	+79086312122

## 13.6 Ответственный проректор университета

Фамилия	Кружаев
Имя	Владимир
Отчество	Венедиктович
Год рождения	1951
E-mail	v.v.kruzhaev@urfu.ru
Телефон	(343) 375-48-90

## 13.7 Руководитель(и) САЕ

Фамилия	Имя	Отчество	Год рождения	Id Scopus	Роль сотрудника в проекте	САЕ	Ученая степень	Индекс Хирша	Трудовые отношения

Германенко	Александр	Викторович	1961	7004209644	Другие участники ...	Школа естественных наук и математики	Доктор наук	12	Основное место работы
------------	-----------	------------	------	------------	----------------------	--------------------------------------	-------------	----	-----------------------

#### 14 Инфраструктура, материально-технические и информационные ресурсы проекта (структура затрат)

##### 14.1 Общее описание основных привлекаемых ресурсов и их использование, в т.ч. условий их использования.

Общее описание основных привлекаемых ресурсов и их использование, в т.ч. условий их использования.	<p>УрФУ располагает уникальными установками по аттестации углеродных материалов: оптическим спектрометрическим комплексом McPherson VuVAS 1000, рентгеновским фотоэлектронным спектрометром PHI VersaProbe, Рамановским спектрометром Bruker, спектрометром ЭПР фирмы Bruker, электронным микроскопом FEI Titan3 G2, сканирующим электронным микроскопом Carl Zeiss Auriga, сквид-магнетометром Quantum Design MPMS XL7 и др.</p> <p>Соисполнителями из Института физики металлов УрО РАН приобретена уникальная установка для CVD нанесения низкоразмерных модификаций углерода фирмы First Nano. В настоящее время установка вводится в эксплуатацию. Успешно функционирует установка УВНИИПА-1-001 для нанесения металлических, нитридных, карбидных и алмазоподобных покрытий. Установка позволяет в одном вакуумном цикле осуществлять очистку и травление поверхности подложек, напыление металлических покрытий методом электродугового распыления и нанесение углеродных покрытий (ta-C пленки) методом импульсного дугового распыления графитовой мишени. Для численных расчетов электронной структуры имеется весь необходимый пакет программ ab initio моделирования и уникальный вычислительный кластер УрФУ.</p> <p>В кооперации с зарубежными партнерами из Саскачеванского Университета (Канада) имеется возможность проведения измерений спектров неупругого рассеяния рентгеновских лучей на Канадском источнике синхротронного излучения (Canadian Light Source, Saskatoon). У участников проекта имеется большой опыт исследования углеродных материалов на основе графена и их аналогов (силицена), и уже начаты работы по моделированию и изучению спектральных свойств одномерного углерода на образцах полученных в УрФУ, МГУ и Чувашском Университете. Эти исследования проводятся в тесном взаимодействии с ООО «Углеродные технологии», проявляющим прямой интерес к полученным результатам, что определяет прикладную направленность и обеспечит востребованность результатов запланированных работ промышленностью и бизнес-сообществом.</p>
--	--

##### 14.2 Основные задействованные помещения (здания, сооружения, лаборатории и т.п.)

№	Помещения	Адрес	Владелец	Форма использования (договор)	Площадь (кв.м.)	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)
1	Научно-исследовательская лаборатория фотоники и ВУФ-спектроскопии	г. Екатеринбург, ул. Мира, 21, Ф-258	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное помещение университета	25,	2,000
2	Лаборатория экзоэмиссионных методов исследования и контроля	г. Екатеринбург, ул. Мира, 21, Ф-353	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное помещение университета	40,	2,000
3	Лаборатория РФЭС-спектроскопии	г. Екатеринбург, ул. Мира, 21, Ф-314	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное помещение университета	25,	2,000
4	Лаборатория высокотемпературного синтеза материалов	г. Екатеринбург, ул. Мира, 21, Ф-366	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное помещение университета	20,	2,000
5	Лаборатория ионно-стимулированного осаждения углеродных покрытий	г. Екатеринбург, ул. Мира, 21, Ф-166	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное помещение университета	60,	2,000
6	Помещения ЦКП «Современные нанотехнологии»	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 48	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное помещение университета	550,	2,000
7	Лаборатория углеродных наноматериалов ИФМ УрО РАН	г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18	ИФМ УрО РАН	Договор	250,	2,000

8	Лаборатория пучков частиц ИЭФ УрО РАН	Екатеринбург, ул. Амундсена, 106	ИЭФ УрО РАН	Договор	150,	2,000
9	Лаборатория физики и технологии тонких пленок	603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, корп.3	НИФТИ ННГУ	Договор	200,	2,000
Итого:					1320,	18,000

## 14.3 Основное задействованное оборудование (установки, комплексы, сети, суперкомпьютеры и т.п.)

№	Оборудование	Адрес установки	Владелец	Форма использования (договор)	Предназначение	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)
1	Экспериментальная установка по получению линейно- цепочечного углерода	г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 21	ООО "Углеродные технологии"	Передача в собственность УрФУ в качестве софинансирования проекта	Ионно-стимулированное осаждение пленок линейно- цепочечного углерода	4,000
2	Спектроскопический комплекс McPherson VuVAS 1000 PL	г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 21	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное оборудование университета	Исследование оптического поглощения, отражения и люминесценции в широком спектральном и температурном диапазонах	4,000
3	Спектроскопический комплекс РФЭС, УФС PHI VersaProbe 5000	г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 21	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное оборудование университета	Исследование элементного состава, типов химической связи в низкоразмерных материалах	4,000
4	Вакуумная установка для электронно-лучевого испарения и магнетронного распыления Auto 500 Edwards	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 48	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное оборудование университета	Синтез нанодисперсных и нанопористых модификаций углеродных материалов	4,000
5	Установка реактивно-ионного травления Plasmalab 80 plus RIE	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 48	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное оборудование университета	Очистка и обработка поверхности нанокристаллических материалов	4,000
6	РФЭС-спектрометр K-alpha	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 48	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное оборудование университета	Изучение энергетической структуры остовных уровней углеродных материалов	4,000
7	Сканирующий электронный и ионный микроскоп Carl Zeiss Auriga Cross Beam	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 48	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственное оборудование университета	Исследование микроструктуры углеродных материалов	4,000
8	Просвечивающий электронный микроскоп JEM- 200CX («JEOL Ltd», Япония)	г. Екатеринбург, ул. С.Ковалевской, 18	ИФМ УрО РАН	Договор	Предназначен для исследования атомно- кристаллической и аморфной структуры неорганических, органических, металлических, керамических и биологических объектов с высоким разрешением	4,000
9	Магнитометрическая установка MPMS- XL-5 (Quantum Design, США)	г. Екатеринбург, ул. С.Ковалевской, 18	ИФМ УрО РАН	Договор	Прибор предназначен для измерения магнитных характеристик (намагниченности и магнитной восприимчивости) образцов с малыми величинами магнитного момента (слабомагнитных веществ или образцов с малым объемом). Прибор имеет возможность измерения магнитного момента всех типов материалов, а именно монокристаллов, поликристаллических образцов, тонких пленок, порошков.	4,000

10	Установка CVD-напыления ET3000 (FirstNano, США)	г. Екатеринбург, ул. С.Ковалевской, 18	ИФМ УрО РАН	Договор	Установка способна выполнить комплекс работ по приготовлению как нескольких видов углеродных и других наноматериалов на подложках размером до 150 мм. Могут быть выращены графен, одно- и многозаходные углеродные нанотрубки, композитные материалы с частицами Fe, Ni, Cu, нанопроволоки SiGe, Ge, ZnO, GaN, тонкие пленки Si, SiO <sub>2</sub> и Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> .	4,000
11	Ионно-лучевая установка ИЛУ-200	603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, корп.3	НИФТИ ННГУ	Договор	Назначение: модификация приповерхностных свойств твердых тел и тонких пленок, легирование полупроводников, ионно-лучевой синтез захороненных сплошных слоев и наноструктур, инженерия дефектов, а также формирование структур микро-, нано- и оптоэлектроники.	4,000
12	Оборудование синхротронного центра, Канада	44 Innovation Boulevard Saskatoon, S7N 2V3 SK, Canada.	Университет Саскачеван	Оплата командировок исполнителей проекта, машинное время предоставляется бесплатно.	Спектроскопические исследования низкоразмерных электронных материалов при возбуждении синхротронным излучением широкого спектра и высокой интенсивности.	4,000
Итого:						48,000

## 14.4 Основные задействованные информационные ресурсы (ПО, базы данных, библиотеки и т.п.)

№	Информационные ресурсы	Владелец	Форма использования (договор)	Предназначение	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)	
1	Зональная научная библиотека УрФУ, ее электронная подписка на ресурсы ведущих мировых издательств	ФГАОУ ВПО УрФУ	Собственная библиотека университета	Анализ литературных данных, патентный поиск по тематике проекта	,000	
2	Научная библиотека ИФМ УрО РАН	ИФМ УрО РАН	Договор	Анализ литературных данных, патентный поиск по тематике проекта	1,000	
3	Программные пакеты для ab-initio моделирования свойств углеродных материалов	ФГАОУ ВПО УрФУ	Закупка лицензий на программные продукты	Программные пакеты для ab-initio моделирования свойств углеродных материалов	10,000	
Итого:						11,000

## 14.5 Прочие ресурсы

№	Прочие ресурсы	Владелец	Форма использования (договор)	Предназначение	Затраты на использование всего по проекту (млн.руб.)	
1	Расходные материалы, включая жидкий азот и гелий, хим. реактивы, инструменты	ФГАОУ ВПО УрФУ	Закупка	Синтез материалов, проведение экспериментов	10,000	
Итого:						10,000

## 15 Финансовая модель проекта

## 15.1 Доходы проекта

№	Доходы проекта	2017	2018	2019	2020	2021	ИТОГО
1	Софинансирование партнеров (млн. руб)	25,000	100,000	50,000	50,000	25,000	250,000
2	Софинансирование университета (млн. руб)	,000	10,000	20,000	10,000	10,000	50,000
3	Средства субсидии (млн. руб)	100,000	200,000	150,000	50,000	,000	500,000
Итого:		125,000	310,000	220,000	110,000	35,000	800,000

## 15.2 Расходы проекта

№	Расходы проекта	2017	2018	2019	2020	2021	ИТОГО
1	Оборудование (млн. руб)	25,000	100,000	75,000	,000	,000	200,000

2	Текущие затраты (млн. руб)	100,000	210,000	145,000	110,000	35,000	600,000
Итого:		125,000	310,000	220,000	110,000	35,000	800,000

## 16 Календарный план реализации проекта

## 16.1 Календарный план реализации проекта - результаты

№	Задача	Ожидаемый результат	Комментарий	2017 1-е полугодие	2017 2-е полугодие	2018	2019	2020	2021
1	Теоретическое моделирование структуры и прогнозирование свойств модификаций двумерного и линейно-цепочечного углерода.	На основе ab initio-расчетов будет получена детальная информация об электронных, оптических и колебательных свойствах углеродных структур в зависимости от размерности, локальной атомной структуры и примесного состава, что является необходимым этапом для формирования и развития новой отрасли - углеродной электроники.			III квартал				
2	Разработка и оптимизация режимов синтеза новых углеродных материалов.	Будет создана новая технология получения наноматериалов и нанокompозитов на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода. Методом CVD-напыления будут получены новые модификации графена и композитных наноуглеродных материалов с переходными и благородными металлами.			III квартал				
3	Разработка и развитие методов экспресс-анализа и аттестации углеродных нанообъектов.	Экспресс-методы рентгеновской, оптической и КР-спектроскопии будут адаптированы к задачам аттестации аллотропных форм углерода. Оригинальная методика нестационарной УФ-фотоэлектронной эмиссии позволит контролировать зарядовые состояния и процессы ионизации линейных углеродных цепочек, наночастиц и фоточувствительных дефектов.			IV квартал				
4	Разработка способов ионно-лучевой модификации атомной структуры и электронно-оптических свойств низкоразмерных углеродных материалов.					I квартал			

		Будет осуществлено легирование 0D, 1D и 2D углеродных структур атомами H, N, Se, Te, S, функциональными группами и молекулами типа C60, NH2, OH, CH3. Будут определены основные факторы и разработаны способы управления характеристиками легированных углеродных покрытий, цепочечных структур и наночастиц.							
5	Исследование энергетической структуры модификаций наноуглеродных материалов и динамики быстропротекающих электронных процессов.	С целью применения в микро- и нанoeлектронике, будет получена детальная информация об электронном энергетическом строении, фононных состояниях, природе и динамике короткоживущих элементарных возбудений, их радиационно-оптических и люминесцентных свойств. Будут установлены закономерности и механизмы электронного транспорта, процессов переноса энергии, и диссипативно-деградационных эффектов с участием локальных возбудений различной природы.				II квартал			
6	Исследования зависимости функциональных характеристик углеродных материалов от характера и степени атомного беспорядка.	Будут получены данные о влиянии радиационно-индуцированного разупорядочения, типа и концентрации топологических дефектов на физические свойства низкоразмерных аллотропных форм углерода. На этой основе будут сформулированы технологические рекомендации по коррекции режимов ионно-лучевого синтеза для формирования заданных функциональных свойств материалов				IV квартал			

7	Изучение полярных состояний и вызванного ими пьезо- и пироэффектов в тонкопленочных структурах на основе двумерного материала графена и одномерного материала карбина.	Будут определены: 1. Условия влияния синтеза, легирования и механических напряжений на пьезоэлектрический и пироэлектрический отклики, которые ожидаются в этих структурах. 2. Методы создания полярных структур на основе графена и карбина с максимальным пьезоэлектрическим и пироэффектом и коэффициентом электромеханической связи. 3. Закономерности возникновения полярности в структурах на основе графена и карбина 4. Зависимости величин пьезоэлектрических и пироэлектрических коэффициентов от условий синтеза, легирования и геометрических размеров. 5. Механизм возникновения пьезоэффекта и пироэффекта в структурах на основе графена и карбина.					I квартал		
8	Поиск спектрально-частотных областей прозрачности и областей сильного затухания микроволнового и терагерцового электромагнитного излучения.						II квартал		

		<p>В частотном диапазоне от сантиметровых волн до терагерцового диапазона будут выполнены измерения электромагнитных свойств графеновых материалов, нанотрубок и алмазоподобных пленок, а также композитных материалов на их основе.</p> <p>Будут определены:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) области прозрачности или сильного затухания излучения и влияние условий получения материалов на частотные зависимости коэффициентов прохождения и отражения;</li> <li>2) значения и частотные зависимости комплексной диэлектрической проницаемости;</li> <li>3) условия, в которых показатель преломления принимает отрицательный знак;</li> <li>4) магнитные свойства структур типа «ферромагнитный металл/графен», «ферромагнитный металл/тетракарбон» и условия распространения магнитных волн;</li> <li>5) условия генерации спиновых токов и их детектирования с наноматериалами «металл/графен» и «металл/нанотрубка».</li> </ol>									
9										IV квартал	IV кварт:



<p>Определение целевого функционального назначения новых углеродных материалов в электронике, оптических устройствах, системах передачи информации, защитных покрытиях и других перспективных областях применения. Разработка и создание прототипов и экспериментальных устройств элементной базы nano-, микроэлектроники и спинтроники на основе двумерных, линейно-цепочечных и нульмерных углеродных структур.</p>	<p>Будет конкретно определено какие из исследуемых наноматериалов обладают практически полезными свойствами: как поглотители, волноводы, фильтры, поляризаторы излучений, невзаимные среды, прозрачные среды и т.д. Будут созданы и протестированы прототипы компонентов и устройств микро-, наномикроэлектронной техники. Будет проведен анализ механизмов взаимодействия и эффективности влияния интенсивных внешних энергетических полей на физические характеристики материалов и функциональных устройств.</p>						
---	---	--	--	--	--	--	--

## 16.2 Календарный план реализации проекта - KPI

№	Задача	KPI	Комментарий	2017 1-ое полугодие	2017 2-е полугодие	2018	2019	2020	2021
1	Теоретическое моделирование структуры и прогнозирование свойств модификаций двумерного и линейно-цепочечного углерода.	IFARTICLE							
2	Разработка и оптимизация режимов синтеза новых углеродных материалов.	TECHNOLOGY							
3	Разработка и развитие методов экспресс-анализа и аттестации углеродных нанобъектов.	PATENT							
4	Разработка способов ионно-лучевой модификации атомной структуры и электронно-оптических свойств низкоразмерных углеродных материалов.	TECHNOLOGY							
5	Исследование энергетической структуры модификаций наноматериалов и динамики быстропротекающих электронных процессов.	MONOGRAPH							
6	Исследования зависимости функциональных характеристик углеродных материалов от характера и степени атомного беспорядка.	IFARTICLE							
7	Изучение полярных состояний и вызванного ими пьезо- и пироэффектов в тонкопленочных структурах на основе двумерного материала графена и одномерного материала карбина.	PIEZO							
8	Поиск спектрально-частотных областей прозрачности и областей сильного затухания микроволнового и терагерцового электромагнитного излучения.	IFARTICLE							

9	<p>Определение целевого функционального назначения новых углеродных материалов в электронике, оптических устройствах, системах передачи информации, защитных покрытиях и других перспективных областях применения.</p> <p>Разработка и создание прототипов и экспериментальных устройств элементной базы нано-, микроэлектроники и спинтроники на основе двумерных, линейно-цепочечных и нульмерных углеродных структур.</p>	ELECTRON							
10	<p>Определение целевого функционального назначения новых углеродных материалов в электронике, оптических устройствах, системах передачи информации, защитных покрытиях и других перспективных областях применения.</p> <p>Разработка и создание прототипов и экспериментальных устройств элементной базы нано-, микроэлектроники и спинтроники на основе двумерных, линейно-цепочечных и нульмерных углеродных структур.</p>	CATHODE							