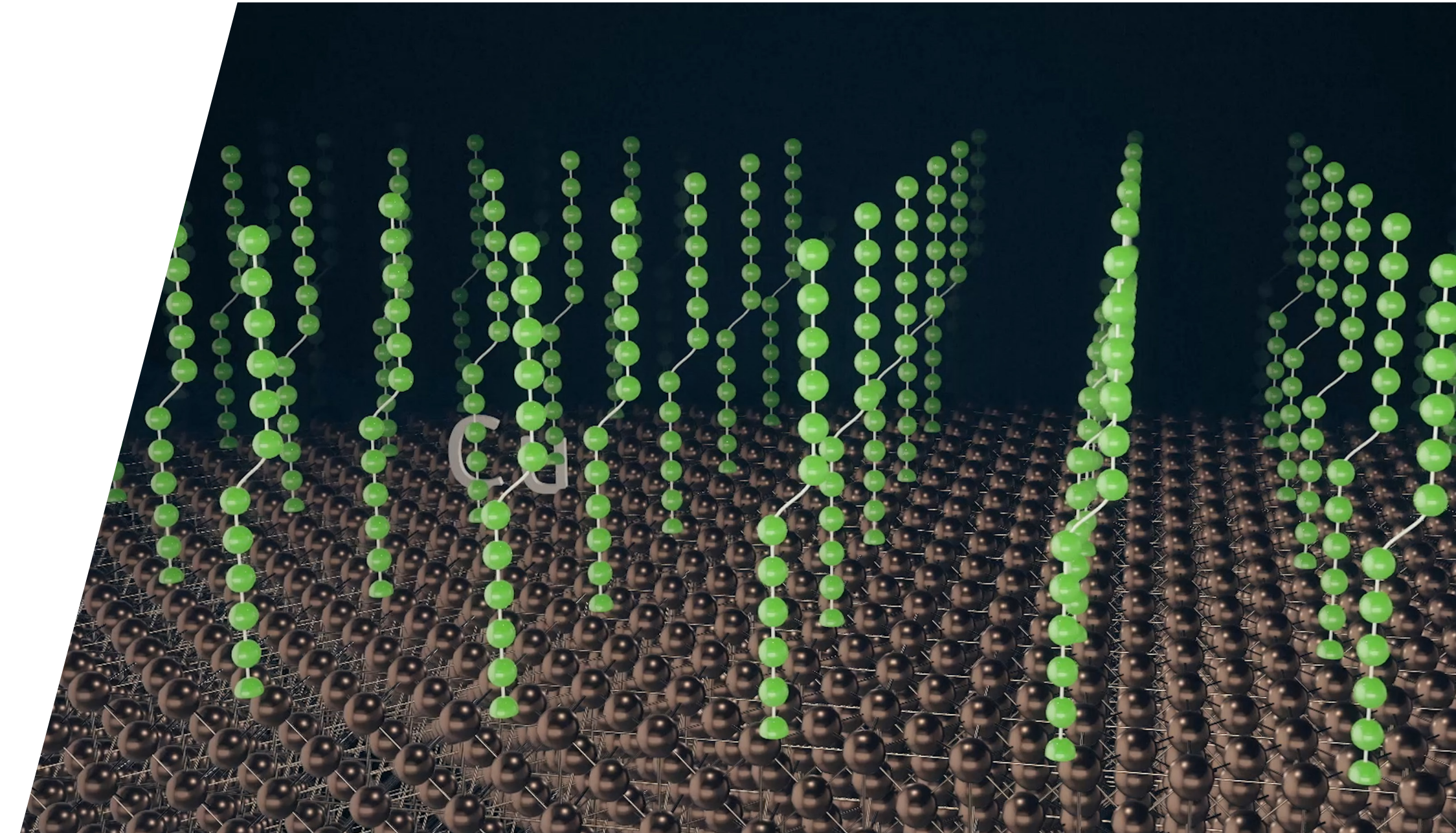




Разработка новых функциональных материалов на основе низкоразмерных модификаций углерода



Стратегическая академическая единица

Школа естественных наук и математики

Научное направление

Естественнонаучная проблематика в части разработки и исследования функциональных материалов



Глобальная задача

Разработка фундаментальных основ и освоение технологий получения углеродных наноматериалов с заданным набором уникальных электронных и оптических свойств.

Ключевая идея

Создание уникальных низкоразмерных материалов для новой отрасли науки и техники — углеродной нано-, микро- и оптоэлектроники.



Научный руководитель проекта

Курмаев Эрнст Загидович

Научный руководитель отдела Института физики металлов УрО РАН, профессор, д. ф.-м. н., лауреат Государственной премии, h-index: 30

Научная деятельность: известный в мире специалист в области рентгеновской и фотоэлектронной спектроскопии. Имеет большой задел по изучению низкоразмерных модификаций углерода, включая графен и оксид графена, публикации в высокорейтинговых зарубежных журналах.

Роль: определяет направление исследований в целом, формирует идеологию и корректирует научную деятельность исполнителей и партнеров проекта.

Наряду с этим, Э.З. Курмаев будет руководить циклом синхротронных исследований энергетической структуры низкоразмерных углеродных материалов методами рентгеновской эмиссионной, абсорбционной и фотоэлектронной спектроскопии.





Директор проекта

Рычков Владимир Николаевич

Директор ФТИ УрФУ, д. х. н., профессор, ветеран атомной энергетики и промышленности.

Научная деятельность: Директор Физико-технологического института УрФУ с опытом руководства большими научно-исследовательскими программами.

«Разработка промышленной технологии попутного извлечения РЗМ и скандия из технологических растворов при добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания с целью повышения эффективности переработки промпродуктов урановых руд, и обеспечения растущего спроса и импортозамещения потребления РЗМ и скандия в радиоэлектронике, приборостроении, атомной технике, машиностроении, химической промышленности, металлургии», 2014-2016 гг., 360 млн руб.

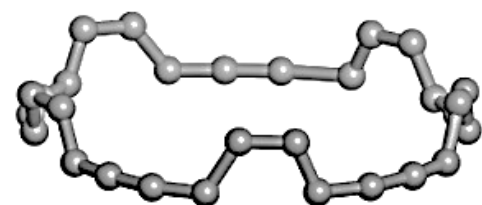
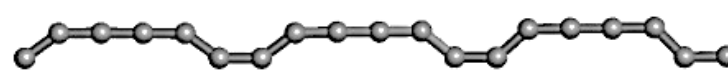
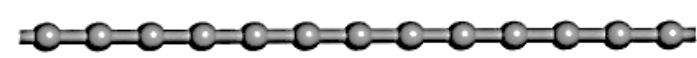
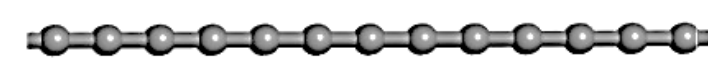
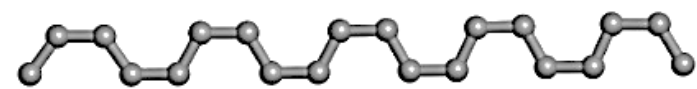
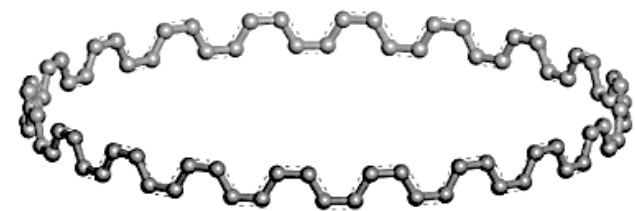
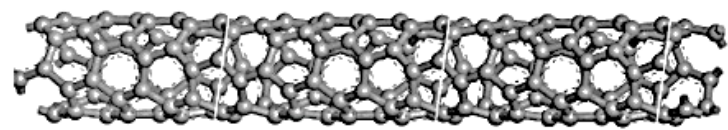
Роль: в рамках настоящего проекта координирует работы исполнителей и партнеров проекта, контролирует выполнение ключевых показателей эффективности, регулирует финансовую модель проекта.





Научный задел до 2016 года

В УрФУ созданы и функционируют межкафедральная лаборатория ФТИ УрФУ «Перспективные углеродные материалы» (рук. А. Ф. Зацепин) и «Уральский центр современных нанотехнологий» (рук. В. Я. Шур).



По наноуглеродной тематике получены результаты:

- Созданы оригинальные математические модели и алгоритмы – инструменты для прогнозирования уникальных свойств 2D и 1D углеродных структур;
- Разработаны новые эффективные методы контроля и идентификации новых наноуглеродных метаматериалов;
- Апробированы уникальные технологии получения линейно-цепочечного углерода в виде регулярных покрытий, исследован ряд их уникальных свойств;
- Технологии запатентованы в США;
- Выполнен большой цикл научно-технологических исследований низкоразмерных модификаций углерода;
- Результаты опубликованы в ведущих мировых журналах: Nature Communications. Impact factor 11.470; Advanced Materials. Impact factor 15.409; Nature. Impact factor 38.138.



Результаты за II полугодие 2016 года

Конференции:

- «European Material Research Society - Spring Meeting» 2016, г. Лилль, Франция
- International Conference «Diamond and Carbon Materials» 2016, г. Монпелье, Франция
- «American Advanced Materials Congress» 2016, Майами, США

Награды:

- Медаль Американского Конгресса (США) «Перспективные материалы — ААМС 2016»



Статьи:

- Carbon, IF = 6.78. Simulation of chemical bond distributions and phase transformation in carbon chains .114 (2017) pp. 106-110.
- RSC Advances, IF = 3.84. Tuning the electronic structure of grapheme through nitrogen doping: experiment and theory. 6 (2016) 56721–56727.
- Nature Materials. IF = 38.8. A theoretical quest for high temperature superconductivity on the example of low-dimensional carbon structures, (2017) в печати.
- Nanoscale. IF = 7.76. Influence of dopants on the impermeability of grapheme, (2017) в печати.
- Carbon. IF = 6.78. 2D-ordered Kinked Carbyne Chains: DFT modeling and Raman characterization (2017), в печати.
- Carbon. IF = 6.78. Atomic and electronic structure of graphene oxide/ Cu interface (2017), в печати.
- Advanced Materials Letters. IF = 1.46. Effect of symmetry on electronic DOS, Peierls transition and elastic modulus of carbon nanowires characterization, (2017) в печати.



Научная новизна

Исследования уникальных физических свойств новых углеродных наноматериалов составляет одну из наиболее актуальных “горячих” тем физики твердого тела, нанофизики и современного материаловедения.

Анализ деятельности ведущих мировых научных групп и динамика публикаций в рассматриваемой области показывают, что направление исследований соответствует общемировой тенденции развития исследований транспортных, спин-зависящих и волновых квантовых явлений в углеродных наноматериалах.

Одномерные углеродные 1D-материалы, такие как карбин и ЛЦУ (массив углеродных цепей с гексагональной структурой), согласно прогнозам и экспериментальным данным, обладают выдающимися характеристиками: суперпрочностью, многократно превышающей таковую для алмаза, низкой работой выхода электрона, отличной биосовместимостью и др., что в целом обеспечивает широчайшие возможности их применения — от миниатюрных устройств микро-, нано-, оптоэлектроники, холодных нанокатодов до функциональных покрытий микросистемной техники и специальных медицинских инструментов.

Кадровый 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.



Ведущие зарубежные партнеры



Гонконгский университет науки и технологий (Гонконг) Top 100 THE, Top 200 ARWU
Программа исследований высокотемпературной сверхпроводимости углеродных структур (проф. Рольф Лорц)



Университет Киото (Япония) Top 100 THE, Top 100 ARWU
Экспериментальные исследования электронной структуры наномодификаций углерода с использованием синхротронного излучения (проф. Джун Каваи)



Университет Hanyang (Южная Корея) Top 200 QS
Работы по математическому моделированию электронной структуры низкоразмерных углеродных материалов (проф. С. С. Ким, проф. Д. В. Бухвалов)



Университеты Палермо + Катаньи (Италия) Top 500 QS
Работы по исследованию фотофизических процессов в углеродных материалах и композитах с квантовыми точками (проф. Марко Каннас, проф. Луиза Д'Урсо)



Университет Саскачеван (Канада) Top 500 THE
Исследование углеродных материалов методом неупругого рассеяния рентгеновских лучей на Синхротроне Беркли, США и Канадском синхротронном источнике (проф. Алекс Мувес)

Университет Zhejiang (Китай) Top 500 THE
Разработка интеллектуальных ферро- и пьезоэлектрических систем на основе графена.

В исследованиях также участвуют университеты США (Клемсон), Германии (Берлин, Росток), Болгарии (София), Польши (Варшава) и др.



Академические партнеры проекта



ОИЯИ, Лаборатория ядерных реакций, Дубна

Синтез и исследования радиационной стойкости модификаций низкоразмерного углерода (проф. С. Н. Дмитриев)



ИПТМ РАН, Черноголовка

Элементная база микросистемной техники, включая наноэлектронику и нанооптику, получение и анализ новых материалов (проф. А. Ф. Вяткин)

Нижегородский госуниверситет

Проектирование, прототипирование и исследование функциональных элементов нано-, оптоэлектроники (проф. Д.И. Тетельбаум)



Институт электрофизики УрО РАН

Ионно-лучевой синтез и модификация свойств материалов, исследования быстропротекающих электрофизических процессов (чл.-корр. Н.В. Гаврилов)



Институт физики металлов УрО РАН

Изготовление металлосодержащих алмазоподобных наногетероструктур для микроволновых применений, комплексные исследования структурно-энергетических состояний объектов (чл.-корр. А. Б. Ринкевич)

МГУ, Физический факультет

Приоритетные знания и экспертный анализ в области методов синтеза и свойств линейно-цепочечного углерода (проф. М. Б. Гусева)



ИИТФА Технической физики и автоматизации

Создание специальных объектов радиационной техники нового поколения (директор С. А. Колосков)

Чувашский госуниверситет

Технология покрытий линейно-цепочечного углерода на металлические, полупроводниковые и диэлектрические подложки (проф. В. Д. Кочаков)



Практическая значимость решаемых задач

**Создание фундаментальных основ новой
отрасли науки и техники — углеродной
нано-, микро- и оптоэлектроники.**

Разработка фундаментальных основ и создание элементной базы новой отрасли науки и техники радикальным образом изменит подходы к производству приборов практически в любой сфере деятельности человека.

Основное внимание будет уделено одномерному углероду, разработке методов синтеза протяженных линейных углеродных цепочек с варьируемым числом атомов, изучению их свойств.



Электроника

Плоские экраны

Источники света

Рентгеновские трубки

Приборы ночного
видения

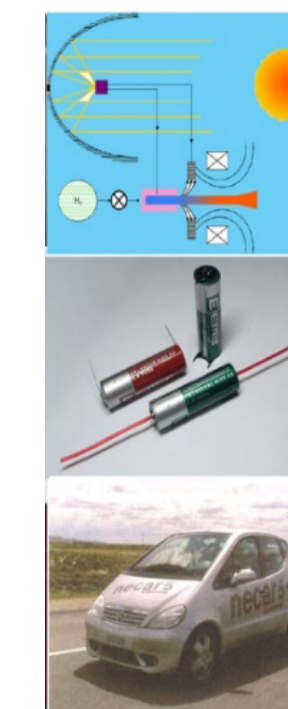
Применение нанокластера

Энергетика

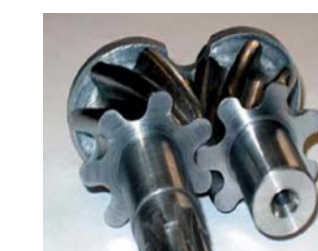
Теплоэлектрические
преобразователи

Li источники тока

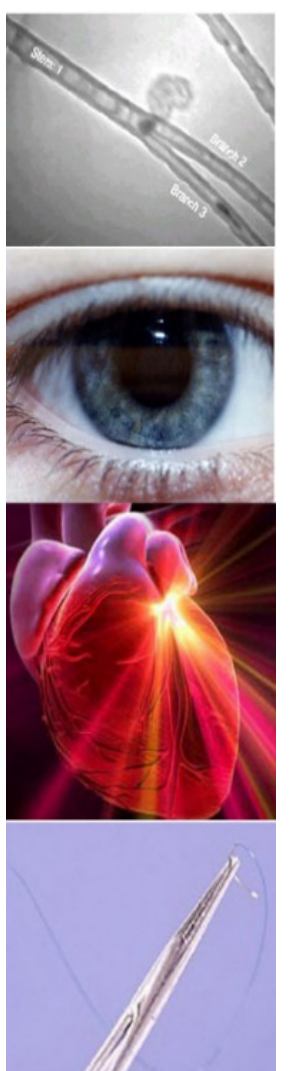
Водородные двигатели



Функциональные покрытия



Медицина





Индустриальные партнеры — потребители разработок проекта

К настоящему времени готовы к совместному внедрению результатов исследований свойств низкоразмерного углерода:

- ООО «Углеродные технологии» (Москва) — в широком спектре применений ЛЦУ;
- НПО «Геофизика-НВ», НПО Автоматика, концерн «РТИ-системы», компания «Самсунг» — электронные компоненты и микросистемная техника;
- Компания «Хальдор Топсе» в России (Москва) — катализаторы и адсорбенты с удельной поверхностью, превышающие существующие в несколько раз;
- ГК «Росатом» — термоэлектрические преобразователи, молекулярно-атомные мембраны, ядерные батареи и супераккумуляторы энергии;
- Научный центр сердечно-сосудистой хирургии — биосовместимые имплантаты и шовные материалы;
- Центр перспективных исследований (Москва) — новейшие объекты специальной техники;
- Оборонно-промышленный комплекс РФ — микро- и оптоэлектронные компоненты систем специального назначения.





Софинансирование проекта

Доходы проекта	2017	2018	2019	2020	2021	ИТОГО
Софинансирование партнеров (млн руб.)	25	100	50	50	25	250
Софинансирование университета (млн руб.)	0	10	20	10	10	50
Средства субсидии (млн руб.)	100	200	150	50	0	500
ВСЕГО:	125	310	220	110	35	800

ООО «Углеродные технологии», Москва: передача оборудования, интеллектуальной собственности
УрФУ (госзадание), гранты РФФИ, РНФ
На финальном этапе проекта — потребители продукции.



Ведущие участники проекта



В. Н. Рычков, ФТИ УрФУ

М. Б. Гусева, МГУ

В. Я. Шур, ИЕНиМ УрФУ

Э. З. Курмаев, ИФМ УрО РАН

А. Ф. Зацепин, ФТИ УрФУ

А. Мувес, Канада

Р. Лорц, Гонконг

С. Н. Дмитриев, ОИЯИ

А. Л. Холкин, ИЕНиМ УрФУ

