

## Антарктида: сбор микрометеоритов



В ОПР ведутся работы по изучению Антарктиды. В. А. Соловей (зав. ОПЯФ), А. А. Захаров (с. н. с. ЛЭПО) занимаются, в частности, разработкой и созданием оборудования для проведения исследований окружающей среды в Антарктиде и подледного озера Восток. Созданы и испытаны: пробоотборник внутрискважинной жидкости и проб воды озера; видеокамера для контроля скважины и фиксации выхода скважины в озеро; модуль измерения растворенного кислорода в воде озера; сбор микрометеоритов магнитным способом и с применением фильтровентиляционной установки. Выполняются работы по обеспечению электроэнергией автономных приборов для изучения окружающей среды в районе станции «Восток» и ведется радиоконтроль за их функционированием.



**В. Ф. Ежов**  
зав. ОПР (2013–2017),  
профессор

Отделение перспективных разработок (ОПР) – самое молодое подразделение Института. Оно было организовано в 2013 году с целью более эффективной работы отделов и лабораторий, вошедших в его состав. Отделение возглавил В. Ф. Ежов, с 2017 года по настоящее время руководитель ОПР – А. В. Титов.



**А. В. Титов**  
зав. ОПР (2017– н. в.),  
д. ф.-м. н.

Приборная база ОПР представлена двумя базовыми ускорительными установками Института. Это единственный в РФ синхротрициклон (СЦ) на энергию 1 000 МэВ. На нем проводится широкий круг научных и прикладных исследований от ядерной физики до медицины. Недавно на СЦ были созданы три новых испытательных стенда, где для переменных энергий ~ 50, 100, 200... 1 000 МэВ выполняются различные эксперименты, включая испытания радиоэлектронных изделий.

Другой ускоритель – изохронный циклотрон Ц-80 с переменной энергией 40–80 МэВ и током выведенного пучка 100 мкА, что позволяет производить на нем практически все радионуклиды, необходимые для ядерной медицины. В дальнейшем планируется развить на Ц-80 как протонную терапию злокачественных опухолей органов зрения и поверхностных форм рака, так и реализовать ряд других специфических исследований.

## ОТДЕЛ ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Отдел прикладной ядерной физики (ОПЯФ) создан в 2017 году и состоит из Лаборатории электронного и программного обеспечения (ЛЭПО), Лаборатории радиационной физики (ЛРФ) и технологическо-производственной группы. Основными задачами отдела являются:

- исследование воздействия радиации на материалы, электронные компоненты и приборы; разработка методов детектирования и формирования пучков протонов и нейтронов различных энергий;
- проведение исследований взаимодействия нейтронов с атомными ядрами в диапазоне энергий от 0,01 эВ до сотен МэВ;
- обеспечение экспериментальных установок аппаратно-программными средствами для автоматизации научных исследований и технологических процессов.

С 2020 года получили развитие новые направления исследований, связанные как с изучением свойств новых материалов (нанотрубок, графенов, фуллеренов, жидких кристаллов), так и физических процессов, протекающих в этих материалах под действием лазерного излучения.

Базовой установкой ЛРФ является нейтронный времяпролетный спектрометр ГНЕИС, созданный на базе синхротрициклотрона СЦ-1000. По своим параметрам спектрометр ГНЕИС входит в список 6 лучших установок подобного типа в мире. Сегодня на ГНЕИС также организован нейтронный испытательный стенд ИСНП/ГНЕИС для проведения испытаний радиационности электронной компонентной базы авиакосмического назначения.



Нейтронный испытательный стенд ИСНП/ГНЕИС

## ЛАБОРАТОРИЯ ХИМИИ И СПЕКТРОСКОПИИ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ



Генератор фуллереносодержащей сажи для диагностики и лечения онкологических патентами РФ.

Лаборатория химии и спектроскопии материалов (ЛХСМ) была образована приказом директора ПИЯФ в 1989 году (с 2018 – Лаборатория химии и спектроскопии углеродных материалов). В кратчайший срок П. Н. Москалев, Ю. С. Грушко, Л. А. Попеко, В. П. Седов, В. А. Шилин, С. Г. Колесник и В. С. Козлов создали простую модель электродугового генератора фуллеренов, разработали методы извлечения, разделения, очистки и функционализации фуллеренов и эндометаллофуллеренов. Полученные технические решения позволили успешно синтезировать ряд водорастворимых производных фуллеренов и эндометаллофуллеренов, перспективных в качестве систем адресной доставки препаратов

для диагностики и лечения онкологических и других заболеваний. Результаты работ защищены патентами РФ.

К научно-практическим задачам лаборатории относятся: разработка технологий производственного получения углеродных структур, извлечения фуллеренов и эндометаллофуллеренов, а также получение новых производных эндометаллофуллеренов как основы радиофармпрепаратов, биосенсоров и систем адресной доставки лекарств к очагу заболевания.

Пионеры фуллеренового производства в ПИЯФ (слева направо):

**В. П. Седов**, ведущий инженер-технолог ЛХСМ,  
**Ю. С. Грушко**, зав. ЛХСМ, к. х. н.,  
**В. А. Шилин**, с. н. с. ЛХСМ, к. ф.-м. н.



## ОТДЕЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Отдел информационных технологий и автоматизации образован в 1992 году. Основными направлениями деятельности отдела в настоящее время являются:

- участие в разработке и эксплуатации системы сбора данных и системы контроля детектора для эксперимента ATLAS в ЦЕРН (DAQ/DSC);
- создание, поддержка и развитие информационно-вычислительных систем для автоматизации управленческих и финансово-экономических задач Института на базе WEB-технологий;
- развитие и поддержка централизованных информационных ресурсов;
- разработка, конструирование и изготовление опытных образцов экспериментальных приборов, устройств и детекторов излучений на базе внедрения современных передовых технологий обработки материалов.

## ЛАБОРАТОРИЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (ЛГИИС)

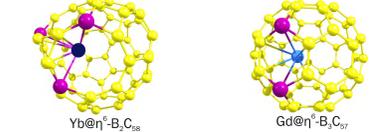
ЛГИИС, созданная в 1986 году, – один из мировых лидеров в области прецизионных измерений на масштабах нанометров. В ЛГИИС имеется современная уникальная подземная безвибрационная голографическая лаборатория. На базе ЛГИИС и уникальных стендов для синтеза линейных и радиальных голографических дифракционных решеток выпускается 14 различных нанотехнологических устройств и приборов: фотоэлектрические преобразователи линейных и угловых перемещений, длиномеры, двух-, трех-, четырех- и более координатно-измерительные машины, радиусо- и плоскомеры, поворотные столы для измерения с разрешением 10 нм и сотых долей секунды. В 2015 году впервые в мире создана линейная голографическая решетка длиной 1 300 мм и разрешением 1 нм.

## ЛАБОРАТОРИЯ КВАНТОВОЙ ХИМИИ

Лаборатория квантовой химии (ЛКХ) основана 1 апреля 2014 года. С начала основания ЛКХ руководитель – д. ф.-м. н. А. В. Титов.

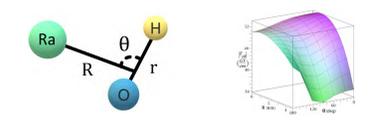
### Квантово-химическое исследование борафуллеренов

Определена структура ряда фуллеренов с атомом металла внутри полости и фуллеренов, в которых два или три атома углерода замещены атомами бора. Симметричное замещение трех атомов 6-атомного цикла влечет перегруппировку фуллерена или металлофуллерена с формированием уникального кластера, включающего 3-атомный, три 8-атомных и три 4-атомных цикла. Энергия связи эндоатома лантанида в Ln@B<sub>30k</sub> больше, чем в Ln@C<sub>60</sub>.



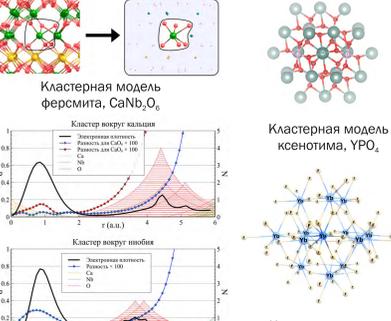
### P, T-нечетные эффекты в молекуле RaOH

Зависимость чувствительности к электрическому дипольному моменту электрона (εЭДМ, E<sub>eff</sub>) от геометрии 3-атомной молекулы RaOH.



Получены колебательно-вращательные волновые функции 3-атомной молекулы RaOH для первых колебательных уровней, впервые вычислено значение I-удвоения и исследовано влияние поперечных колебаний в возбужденном колебательном состоянии на чувствительность молекулы к P, T-нечетным эффектам εЭДМ и скалярно-псевдоскалярное электрон-ядерное взаимодействие.

### Потенциал встраивания кластера в кристалл и концепция «атомов в соединениях»



Потенциал встраивания кластера в кристалл позволяет проводить надежные релятивистские расчеты локальных свойств, процессов и электронной структуры точечных дефектов в кристаллах молекулярными методами.

Разработан новый метод потенциала встраивания (Compound-Tunable Embedding Potential – CTEP), который позволяет не только воспроизвести электронную плотность во фрагменте кристалла, но и описать замещение атомов фрагмента примесными атомами – актиноидами, что в настоящий момент не удается с высокой точностью осуществить в рамках других известных подходов.

С использованием новой концепции «атомов в соединениях», также разработанной в ЛКХ, впервые вычислены химические сдвиги линий рентгеновских эмиссионных спектров и эффективные состояния Nb в CaNb<sub>6</sub>O<sub>16</sub>, Yb(II; III) в YbHal<sub>n</sub> (Hal=F, Cl; n = 2, 3) и атомов U или Th в ксенотиме.

## НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ УО ЛФВЗ ОФВЗ – ЛМФ ОПР

- 1975** – впервые в мировой практике протонной лучевой терапии на синхротрициклоне ПИЯФ стали использоваться для лечения больных протоны с энергией 1 000 МэВ.
- 1978** – впервые в СССР начато лечение больных с артериовенозными аневризмами, диабетической ретинопатией, фотальмопатией методом лучевой терапии протонами.
- 1990** – создана УПСТ 3-го поколения, процесс облучения был компьютеризован. На ее базе были созданы установки 4-го и 5-го поколений.
- 2013** После более 30-летнего успешного опыта лечения пациентов встал вопрос о модернизации. Всего с 1975 по 2013 год пролечено 1 394 человека.
- 2018** – создание УПСТ 5-го поколения (Д. Л. Карлин, В. В. Лысенко, Ю. А. Малов, Ф. А. Пак, А. И. Халиков, В. А. Соловей, М. Р. Колхидашвили с коллегами).



**Б. Г. Турухано**  
зав. ЛГИИС, д. ф.-м. н.,  
засл. изобретатель РФ

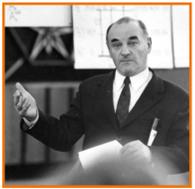


Наноизмерительный длиномер голографический – ДГ-30

## УСКОРИТЕЛЬНЫЙ ОТДЕЛ СОЗДАНИЕ СИНХРОЦИКЛОТРОНА СЦ-1000 ИЗОХРОННЫЙ ЦИКЛОТРОН Ц-80

**1959** – начато строительство синхротрициклотрона СЦ-1000.

### Руководители работ по созданию СЦ-1000



**Д. М. Каминкер**  
директор филиала ФТИ АН СССР,  
профессор



**А. П. Комар**  
академик АН УССР



**Д. Г. Алхазов**  
профессор

### Особенности синхротрициклотрона СЦ-1000:

- энергия выведенного протонного пучка – 1 000 МэВ;
- диаметр полюса – 7 м;
- межполюсный зазор – 0,5 м;
- ток основной обмотки – 5 500 А;
- мощность – 1,2 МВт;
- вес магнита – 7 800 т (самый большой в мире магнит со сплошным полюсом).

**04.11.1967** – произведен физический пуск синхротрициклотрона. Получена энергия 750 МэВ.

**1970** – получена проектная энергия E = 1 000 МэВ. Ввод в эксплуатацию.



**Июль 1992** – первая статья о создании в ПИЯФ циклотрона на XIII Международной конференции по циклотронам и их применению (Ванкувер, Канада).

**2009** – указом Президента РФ и распоряжением Правительства РФ Ц-80 включен в перечень уникальных ядерно-физических установок.

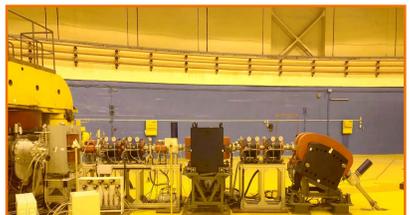
### Особенности циклотрона Ц-80:

- энергия выведенного пучка – 40–80 МэВ;
- интенсивность выведенного пучка – 100 мкА;
- ускоряются H<sup>+</sup>-ионы;
- вывод перезарядкой (100 %);
- внешняя инжекция;
- безмасляная откачка (турбо- и крионасосы);
- подъем верхней балки магнита (120 т, h = 650 мм).

**29.09.2010** – заключен Госконтракт между НИЦ КИ ПИЯФ и НИИЭФА им. Д. В. Ефремова «Разработка, изготовление и поставка циклотронного комплекса Ц-80 в составе основных систем».

**01.06.2016** – в 18:00 произведен физический пуск циклотрона: интенсивность в камере – 8 мкА, на пробнике – 6 мкА, энергия – 50 и 55 МэВ.

**08.11.2016** – получен выведенный пучок протонов с проектными параметрами на удаленных мишенях.



## ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ

### Лауреаты премии имени И. В. Курчатова



**2013**  
**Ю. А. Демидов**

**2014**  
**Б. Г. Турухано**  
**Н. Турухано**  
**В. В. Добырин**  
**Н. А. Щипунова**

**2015**  
**В. Т. Лебедев**  
**В. А. Шилин**  
**В. С. Козлов**  
**В. П. Седов**  
**А. А. Сжогина**  
**М. В. Суясова**  
**Ю. В. Кульвелис**  
**В. В. Рунов**  
**Д. Н. Орлова**  
**С. П. Орлов**

**2016**  
**Л. В. Скрипников**

**2017**  
**С. А. Артамонов**  
**Е. М. Иванов**  
**Г. Ф. Михеев**  
**Г. А. Рябов**

**2018**  
**В. Г. Добырин**  
**Б. Г. Турухано**  
**Н. Турухано**  
**С. Н. Ханов**  
**Н. А. Шипунова**

**2020**  
**Л. В. Скрипников**  
**Д. В. Чубуков**

