

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИЯФ СО РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 4 Физика высоких энергий, ядерная физика**  
Дата формирования отчета: **23.05.2017**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

#### **1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

#### **2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

Перечень научных подразделений ИЯФ СО РАН:

Лаборатория 1-3: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие метода встречных пучков, развитие ускорительного комплекса ВЭПП-4, разработка и развитие проекта установки класса мегасайнс «Супер Чарм-Тау фабрика»;

Сектор 1-31: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие метода встречных пучков и развитие методов диагностики пучков заряженных частиц;

Сектор 1-32 (2016 г.): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие метода встречных пучков, модернизация и повышение эффективности работы инжекционной части комплекса ВЭПП-4М;

Сектор 1-33 (2016 г.): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие метода встречных пучков, повышение эффективности и развитие коллайдера ВЭПП-4М, циклические коллайдеры нового поколения;



Лаборатория 1-4: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, разработка и создание вакуумных систем современных ускорителей заряженных частиц;

Лаборатория 2: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц в экспериментах на коллайдере ВЭПП-2000 с детектором КМД-3; на внутренней мишени накопителя ВЭПП-3 с детектором Дейтрон; в составе международных коллабораций Muon G-2, Mu2e, COMET, MEG/MEG-2, KLOE-2, BABAR, ATLAS; разработка элементов детектора установки класса мегасайнс «Супер Чарм-Тау фабрика»;

Объединенная лаборатория 3 в составе:

1. Лаборатория 3-0: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц на детекторе КЕДР, а также на детекторе АТЛАС в ЦЕРН, разработка физической программы установки класса мегасайнс «Супер Чарм-Тау фабрика», а также разработка элементов детектора для этой установки;

2. Лаборатория 3-1: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц на коллайдере ВЭПП-2000 с детектором СНД;

3. Лаборатория 3-2: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц на коллайдере ВЭПП-4М с детектором КЕДР, с выведенными пучками электронов и гамма-квантов на ВЭПП-4, участие в разработке проекта детектора для установки класса мегасайнс «Супер Чарм-Тау фабрика, и проведение методических работ для создания систем детектора, участие в международных коллаборациях BaBar, CMS, PANDA, TIGA;

4. Лаборатория 3-3: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц, поиск новых частиц и уточнение Стандартной модели с использованием детекторов элементарных частиц;

5. Сектор 3-12: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц, разработка и поддержка электронной аппаратуры для физических экспериментов;

6. Сектор 3-13: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц, разработка детекторов рентгеновского и гамма излучений, разработка широкого спектра электроники для фундаментальных и прикладных работ.

Лаборатория 5-1: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, разработка и создание линейных ускоряющих систем;



Сектор 5-11: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, разработка и создание специализированных источников электронного пучка и его технологических применений;

Сектор 5-12 (2016 г.): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие метода встречных пучков, развитие и повышение эффективности инжекционного комплекса ВЭПП-5;

Сектор 5-13 (2017 г.): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, разработка и создание единого универсального модуля линейного ускорителя;

Лаборатория 5-2: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие методов охлаждения пучков заряженных частиц, развитие методов ускорительной масс-спектрометрии;

Лаборатория 6-0: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, физики плазмы, физики высоких энергий и элементарных частиц, разработка и создание прецизионных источников питания электромагнитных систем ускорителей, источников высоковольтного и импульсного питания, электронных средств диагностики и измерения параметров пучков заряженных частиц;

Лаборатория 6-1: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, физики высоких энергий и элементарных частиц, разработка и создание управляющих систем ускорительных комплексов и средств автоматизации;

Лаборатория 6-2: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей и физики плазмы, разработка и создание высокочастотных систем для ускорителей заряженных частиц и термоядерных установок;

Лаборатория 8-1: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области лазеров на свободных электронах, повышение эффективности и развитие Новосибирского ЛСЭ, развитие экспериментальных методов по использованию терагерцового излучения Новосибирского ЛСЭ;

Лаборатория 8-2: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, интенсивных источников синхротронного излучения, создание специализированных сверхпроводящих устройств для генерации синхротронного излучения;

Сектор 8-21: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области разработки источников синхротронного излучения, создание специализированных устройств для генерации синхротронного излучения, развитие экспериментальных методов и участие в исследованиях с использованием синхротронного излучения ускорительного комплекса ВЭПП-3/ВЭПП-4М;

Объединенная лаборатория 9 в составе:



1. Лаборатория 9-0: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемый термоядерный синтез, развитие методов удержания плазмы в магнитных ловушках открытого типа с аксиально-симметричной конфигурацией;

2. Лаборатория 9-1 (2014 г. из сектора 9-11): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики плазмы, разработка и развитие проекта газодинамической многопробочной ловушки (ГДМЛ);

3. БНЗТ (Лаборатория бор-нейтронозахватной терапии, 2014 г. в рамках реализации проекта РНФ №14-32-00006): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований по бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей;

Лаборатория 10: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики плазмы, разработка и развитие проекта открытой ловушки ГОЛ-NB;

Лаборатория 11: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, развитие метода встречных пучков, повышение эффективности и развитие коллайдера ВЭПП-2000;

Лаборатория 12: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, создание и развитие серии промышленных ускорителей ЭЛВ;

Лаборатория 14: проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, создание и развитие серии промышленных ускорителей ИЛУ;

Теоретический отдел (ТО): проведение фундаментальных и поисковых научных исследований в области ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц, развитие и применение методов теоретической физики в ФЭЧ и космологии;

Научно-конструкторский отдел (НКО): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, физики плазмы, физики высоких энергий и элементарных частиц, физики пучков синхротронного и терагерцового излучения, разработка и проектирование различного электрофизического оборудования для экспериментальных установок;

Отдел вычислительных систем (ОВС): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области физики ускорителей, физики плазмы, физики высоких энергий и элементарных частиц, физики пучков синхротронного и терагерцового излучения, разработка и внедрение программных продуктов для проектирования различных систем экспериментальных установок;

Отдел радиационных исследований и радиационной безопасности (ОРИиРБ): проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области дозиметрии ионизирующих излучений, их влияния на материалы и живые организмы, для задач физики ускорителей, физики плазмы, физики высоких энергий и элементарных частиц, фи-



зики пучков синхротронного и терагерцового излучения, разработка и создание систем радиационного контроля и защиты.

### **3. Научно-исследовательская инфраструктура**

Институт ядерной физики СО АН СССР был создан в соответствии с постановлением Совета Министров СССР в мае 1958 года на базе руководимой Г.И. Будкером Лаборатории новых методов ускорения Института атомной энергии, возглавлявшегося И.В. Курчатовым. В 2015 году директором Института стал академик РАН, доктор физико-математических наук Павел Владимирович Логачев.

В настоящее время ИЯФ СО РАН – самый крупный академический институт страны (более 2800 сотрудников). Среди научных сотрудников Института – 10 академиков и членов-корреспондентов РАН, более 60 докторов и 160 кандидатов наук. Особенностью ИЯФ является наличие крупного экспериментального производства (около 1000 человек) с высоким уровнем технического и технологического оснащения. Институт ведет активную работу по подготовке научных и инженерно-технических кадров высшей квалификации. ИЯФ является базовым Институтом для семи кафедр физического факультета НГУ и физико-технического факультета НГТУ, на которых обучается около 200 студентов. В аспирантуре ИЯФ, НГУ и НГТУ обучается около 70 человек.

ИЯФ является одним из ведущих мировых центров по ряду областей физики высоких энергий и ускорителей, физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза. В Институте ведутся крупномасштабные эксперименты по физике элементарных частиц на электрон-позитронных коллайдерах и уникальном комплексе открытых плазменных ловушек, разрабатываются современные ускорители, интенсивные источники синхротронного излучения и лазеры на свободных электронах. По большинству своих направлений Институт является единственным в России.

Основу исследовательской инфраструктуры Института составляют уникальные научные установки и стенды (УНУ), в настоящее время их более 40. С использованием УНУ выполняется большинство научных проектов Института, проводится большое количество совместных исследований в рамках научно-технического сотрудничества с ведущими российскими и международными научными организациями и университетами. На базе УНУ работают три центра коллективного пользования (ЦКП).

Шесть объектов научной инфраструктуры Института получали поддержку в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса" (ФЦП ИР) в 2007-2013 гг. и индексируются в национальном реестре объектов научной инфраструктуры Российской Федерации на сайте [skr-rf.ru](http://skr-rf.ru). В 2014-2015 гг. в рамках ФЦП ИР 14-20 Минобрнауки России поддержана Программа развития УНУ "Комплекс ДОЛ" (уникальный идентификатор проекта - RFMEFI61914X0003).

Центры коллективного пользования



Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения (ЦКП СЦСТИ) специализируется на проведении фундаментальных и прикладных исследований, связанных с использованием пучков синхротронного и терагерцового излучения, на разработке и создании экспериментальной аппаратуры и оборудования для таких работ, на разработке и создании специализированных источников синхротронного и терагерцового излучения.

Центр коллективного пользования "Геохронология кайнозоя" (ЦКП "Геохронология Кайнозоя", на базе ИАЭТ СО РАН) специализируется на решении фундаментальных задач в археологии, геологии и смежных науках естественнонаучными методами.

Сибирский центр фотохимических исследований и технологий (на базе ИХКиГ СО РАН) специализируется на проведении фотохимических исследований и разработке технологий с использованием излучения Новосибирского лазера на свободных электронах.

Уникальные научные установки, комплексы и стенды

Уникальные научные установки - не имеющие аналогов в Российской Федерации либо существенно отличающиеся по параметрам и назначению от имеющихся аналогов и востребованные со стороны научного сообщества объекты научной инфраструктуры, позволяющие обеспечить при проведении исследований получение значимых научных результатов мирового уровня, которые невозможно достичь на других объектах, в том числе - на серийно выпускаемых научных приборах и оборудовании, а также комплексах, созданных исключительно на их основе. В настоящее время в Институте более 40 действующих уникальных научных установок и стендов, часть из которых объединена в комплексы и (или) входит в состав ЦКП Института. Институт предоставляет сторонним организациям возможность проведения научных исследований на уникальных научных установках Института.

Основные уникальные научные установки и комплексы Института

Комплекс длинных открытых ловушек ("Комплекс ДОЛ") включает в себя две УНУ - открытые плазменные ловушки ГОЛ-3 и ГДЛ, предназначенные для проведения исследований в области физики высокотемпературной термоядерной плазмы.

Основные характеристики (параметры) УНУ "Комплекс ДОЛ": энергоемкость конденсаторных накопителей системы питания катушек магнитного поля ГДЛ - 5 МДж; точность измерений напряженности локального магнитного поля в плазме методом MSE - 0,02 Тл с временным разрешением 1 мс; температура электронов, удерживаемых в открытой ловушке в квазистационарном режиме - 0,4 кэВ; плотность мощности теплового потока плазмы на поверхности образца в квазистационарном режиме - 250 МВт/кв.м.

Основные направления исследований на УНУ "Комплекс ДОЛ": физика плазмы и управляемого термоядерного синтеза; термоядерная энергетика и гибридная ядерная энергетика; новые перспективные материалы, взаимодействие плазмы с поверхностью материалов; физика и техника мегаваттных атомарных, ионных и гигаваттных электронных пучков; генерация мощного миллиметрового и субмиллиметрового излучения при пучково-



плазменном взаимодействии и в пространственно-распределенных электродинамических системах с релятивистскими электронными пучками.

УНУ "Комплекс ДОЛ" входит в национальный перечень объектов исследовательской инфраструктуры Российской Федерации на сайте [skp-gf](http://skp-gf.ru).

Программа развития УНУ "Комплекс ДОЛ" поддержана Минобрнауки России в рамках ФЦПИР 14-20 (уникальный идентификатор проекта - RFMEFI61914X0003).

Комплекс электрон-позитронных коллайдеров ВЭПП-4 - ВЭПП-2000 ("Комплекс ВЭПП-4 - ВЭПП-2000") включает в себя: накопитель ВЭПП-3 (энергия пучка до 2 ГэВ) с каналами вывода синхротронного излучения на экспериментальные станции, электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-4М (энергия пучка до 6 ГэВ) с универсальным детектором КЕДР, электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000 (энергия пучка до 1 ГэВ) с детекторами КМД-3 и СНД, предназначенные для проведения исследований в области физики высоких энергий, физики и техники ускорителей заряженных частиц, ядерной физики, исследований с использованием синхротронного излучения.

Основные характеристики (параметры) УНУ "Комплекс ВЭПП-4 - ВЭПП-2000": энергия в системе центра масс сталкивающихся частиц - от 250 МэВ до 12 ГэВ; светимость - до  $10^{32}$  1/сек 1/кв.см.

Основные направления исследований на УНУ "Комплекс ВЭПП-4 - ВЭПП-2000": физика элементарных частиц, современная ядерная физика, физика и техника ускорителей заряженных частиц, разработка детекторов и развитие методов регистрации частиц и излучений.

УНУ "Комплекс ВЭПП-4 - ВЭПП-2000" входит в национальный перечень объектов исследовательской инфраструктуры Российской Федерации на сайте [skp-gf](http://skp-gf.ru).

Экспериментальный стенд на базе промышленного ускорителя электронов ЭЛВ-6 по обработке материалов концентрированным электронным пучком, выпущенным в атмосферу (Стенд ЭЛВ-6) предназначен для исследования возможностей технологических применений сфокусированного мощного электронного пучка, выведенного в атмосферу.

Основные характеристики (параметры) УНУ "Стенд ЭЛВ-6": мощность пучка ускоренных электронов - до 90 кВт, энергия электронов в пучке - 1.4 МэВ. Подробное описание стенда ЭЛВ-6.

Основные реализованные на УНУ "Стенд ЭЛВ-6" методики обработки материалов: методика получения нанопорошков с использованием промышленного ускорителя электронов со сфокусированным пучком электронов, выведенным в атмосферу; методика получения нанопорошков в среде инертного газа при атмосферном давлении с использованием промышленного ускорителя электронов со сфокусированным пучком электронов; методика получения углеродных наноструктур в среде инертного газа при атмосферном давлении с использованием промышленного ускорителя электронов со сфокусированным пучком электронов; методика наплавки порошковых композиций на металлические основы с применением концентрированного электронного пучка, выведенного в атмосферу;



методика воздействия на материал концентрированным электронным пучком, для изменения его структуры и свойств; методика наплавки порошковых композиций на металлические основы с применением концентрированного электронного пучка, выведенного в среду аргона при атмосферном давлении.

УНУ "Стенд ЭЛВ-6" входит в национальный перечень объектов исследовательской инфраструктуры Российской Федерации на сайте [skr-gf.ru](http://skr-gf.ru).

**4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Пополняемых фондов нет

**7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона**

1. Разработка проекта ускорительного источника нейтронов для БНЗТ (Томский НИМЦ, НГУ, ИЯФ СО РАН, НИОХ СО РАН, НТЦ СО РАН, ИНЭОС РАН и др., регион: Новосибирская область, Томская область, Московская область и другие).

Значимость проекта:

Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) – перспективный высокотехнологичный метод противоопухолевой терапии, основанный на накоплении в опухоли стабильного изотопа бора-10 и последующем облучении эпитепловыми нейтронами. В результате поглощения нейтрона бором происходит ядерная реакция  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$  с большим выделением энергии. Поскольку продукты реакции имеют малые длины пробега (несколько микрон, порядка размера клетки), это приводит к разрушению клеток опухоли с относительно малыми повреждениями окружающих нормальных клеток.

Проведенные на ядерных реакторах клинические испытания показали, что БНЗТ позволяет лечить глиобластомы мозга, метастазирующие меланомы и ряд других злокачественных опухолей, не поддающихся лечению никакими другими методами. Однако, несмотря на положительные клинические результаты, проведение терапии практически на всех ядерных реакторах прекращено в силу разных причин.





Дальнейшее развитие методики БНЗТ возможно с применением ускорителей заряженных частиц, обеспечивающих нужные параметры нейтронного потока.

2. Электронно-лучевая обработка сырья, продукции (ООО "Лаборатория современного здоровья", ООО "Седар", ЗАО "БАЛЬЗАМ", ООО "Фторполимерные технологии" и другие в период 2013-2015 гг., регион: Новосибирская область).

Значимость проекта:

Стерилизация одноразовых медицинских изделий (шприцы, системы переливания крови, катетеры и другие подобные устройства, одноразовое медицинское бельё, диагностические системы, планшеты для анализов), синтез лекарственных препаратов, деcontаминация лекарственного сырья, холодная пастеризация пищевых продуктов, деcontаминация ингредиентов комбикормов, электронно-лучевая обработка полимерных плёнок, термоусаживаемых трубок, проводов с полимерной изоляцией, включая высоковольтные провода, радиационная деструкция фторопластов. Выполнение работ по стерилизации на базе ИЯФ СО РАН позволило производить одноразовую медицинскую продукцию в Сибири вместо импортирования из Китая или Европы. Выполнение работ по холодной пастеризации позволило увеличить сроки хранения пищевой продукции и снизить потери от порчи продуктов.

3. Поставка линейных ускорителей типов ИЛУ и ЭЛВ (ОАО «Завод ЧуваШКабель» в г. Чебоксары, ООО "Роник-ядерные и медицинские технологии" и другие в период 2013-2015 гг., регион: Московская область, Чувашская республика).

Значимость проекта:

Производство проводов с изоляцией из радиационно-модифицированного фторопласта позволило повысить надёжность и срок службы отечественной кабельной продукции.

## **8. Стратегическое развитие научной организации**

В рамках реализации программы развития Института, ИЯФ СО РАН принимает активное участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах со стратегическими партнёрами по уставным направлениям научной деятельности проведения фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в областях:

- физики ускорителей, развитие метода встречных пучков,
- ядерной физики, физики высоких энергий и физики элементарных частиц,
- физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемый термоядерный синтез,
- интенсивных источников синхротронного излучения и лазеров на свободных электронах.

Долгосрочными российским партнёрами Института являются:

1. ФГБУН Институт катализа им.Г.К. Борескова СО РАН
2. ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН
3. ФГБУН Институт «Международный томографический центр» СО РАН



4. ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН
5. ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН
6. ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
7. ФГБУН Институт химии и химической технологии СО РАН
8. ФГБУН Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
9. ФГБУН Институт цитологии и генетики СО РАН
10. ФГБУН Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН
11. ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН
12. ФГБУН Институт автоматики и электрометрии СО РАН
13. ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
14. ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН
15. ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН
16. ФГБУН Институт солнечно-земных связей СО РАН
17. ФГБУН Институт биофизики СО РАН
18. ФГБУН Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
19. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ)
20. ФГБУН Институт химии ДВО РАН
21. ФГБУН Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН
22. ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР "ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.И. ВАВИЛОВА"
23. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
24. ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
25. ФГБУН Лимнологический институт СО РАН
26. ФГБУН Институт археологии и этнографии СО РАН
27. Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
28. Объединённый институт ядерных исследований
29. ФГБУН Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук
30. ФГБУН Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН
31. ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
32. ФГБУН Институт геологии Коми НЦ УРО РАН



33. ФГБУН Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН

34. ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН

35. ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ"

36. ФГУП "РФЯЦ - ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина"

37. ФГУП «Комбинат "Электрохимприбор»

38. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

И ещё более 50 научно-исследовательских и коммерческих организаций, организаций высшего образования из России.

Долгосрочными партнерами ИЯФ СО РАН являются также зарубежные научно-исследовательские организации, университеты и бизнес-структуры:

1. Canadian Light Source Inc. University of Saskatchewan (Канада)
2. Laboratorio Nacional de Luz Sincrotron, LNLS (Бразилия)
3. MAX-Lab, Lund University (ШВЕЦИЯ)
4. Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia) Ministry of Science, Technology and Innovation, Malaysia Bangi 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia (Малайзия)
5. Institute of Plasma Physics Academy of Sciences of the Czech Republic (Чешская Республика)
6. DACPOL Co., Ltd. (ПОЛЬША)
7. RADPOL S.A. Zaklad Osprzetu Termokurczllwego (ПОЛЬША)
8. Malaysian Institute for Nuclear Technology Research (Малазия)
9. SLAC National Accelerator Laboratory (США)
10. PAUL SCHERRER INSTITUT FINANZEN (США)
11. Printing Communications Assoc., Inc. (PCAUSA) (США)
12. NAMSA (США)
13. UT-BATTELLE, LLC (США)
14. Louisiana state university (США)
15. Oak Ridge National Laboratory (США)
16. Omega - P, Inc. (США)
17. CORNELL UNIVERSITY (США)
18. Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab) (США)
19. Omega-P, INC. (США)
20. University of Wisconsin – Madison (США)
21. Lockheed Martin Energy Systems, Inc. (США)
22. Argonne National Laboratory (University of Chicago) (США)
23. STANFORD UNIVERSITY (США)
24. Tri Alpha Energy, Inc. (США)
25. DUKE UNIVERSITY (США)



26. Brookhaven National Laboratory (США)
27. Michigan State University National Superconducting Cyclotron Laboratory (США)
28. Cornell University (США)
29. CCLRC, Rutherford Appleton Laboratory (Великобритания)
30. Diamond Light Source Ltd. (Великобритания)
31. Forschungszentrum Julich GmbH (Германия)
32. Leibniz-Institut fur Polymerforschung Dresden e.V. (Германия)
33. Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY (Германия)
34. Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH (Германия)
35. European X-Ray Free-Electron Laser Facility GmbH (Германия)
36. Gesellschaft fur Schwerionenforschung mbH (GSI) (Германия)
37. Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. (Германия)
38. Helmholtz Zentrum Berlin (Германия)
39. Max-Planck-Institut fur Plasmaphysik (IPP) (Германия)
40. Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) (Германия)
41. European X-ray Free-Electron Laser Facility GmbH (Германия)
42. Karlsruher Institut fur Technologie (KIT) (Германия)
43. The Facility for Antiproton and Ion Research GmbH (Германия)
44. European Organization for Nuclear Research (CERN) (Франция)
45. European Synchrotron Radiation Facility (Франция)
46. European Organization for Nuclear Research (CERN) (Швейцария)
47. Paul Scherer Institute (Швейцария)
48. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Laboratori Nazionali di Legnaro (Италия)
49. Dipartimento di Fisica, Universita Degli Studi di Trieste (Италия)
50. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Ferrara (Италия)
51. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Dipartimento di Fisica Universita di Milano (Италия)
52. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Bari Italy (Италия)
53. Sincrotron Trieste S.c.p.A. (ST) (Италия)
54. HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEFRCH ORGANIZATION (Япония)
55. TOYOTA TSUSHO CORPORATION, TOKYO (Япония)
56. Samhwa KDK Co., Ltd. (Корея)
57. Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) (Корея)
58. KOREA KDK CO., LTD (Корея)
59. Advanced System Engineering Co., Ltd. (ASE) (Корея)
60. EB-TECH Co.,Ltd (Корея)
61. Pohang Accelerator Laboratory (Корея)
62. High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences (ИНЕР) (Китай)
63. Institute of Modern Physics (IMP), Chinese Academy of Science (Китай)
64. Shanxi Yiruidi Electrical Technology Co. Ltd. (Китай)



- 65. Открытое акционерное общество "Беларускабель" (Белорусия)
- 66. CONSORTIUM FOR THE CONSTRUCTION, EQUIPMENT AND EXPLOITATION OF THE SYNCHROTRON LIGHT LABORATORY (CELLS) (Испания)
- 67. MedAustron (Австрия)
- 68. Национальный ядерный центр Республики Казахстан (Казахстан)
- 69. Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан (Казахстан)

На базе ИЯФ СО РАН успешно функционирует Центр коллективного пользования «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» (ЦКП СЦСТИ). Координацию и планирование работ ЦКП СЦСТИ осуществляет Научно-координационный совет, в состав которого входят руководители структурных подразделений ЦКП, сотрудники, ответственные за экспериментальные станции и каналы СИ и ТИ, постоянные пользователи СИ и ТИ. Заседания НКС проводятся еженедельно.

### **Интеграция в мировое научное сообщество**

#### **9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**

ИЯФ СО РАН принимает активное участие в деятельности международных консорциумов:

1. DESY (Германия), сотрудничество в области разработки и создания ускорительных систем и источников генерации синхротронного излучения;
2. ESRF (Франция), сотрудничество в области разработки и создания ускорительных систем, источников генерации синхротронного излучения и реализации методов исследования вещества при помощи синхротронного излучения;
3. Fermilab (США), сотрудничество в области разработки и создания ускорительных систем;
4. Cabibbo Laboratory Consortium (Италия), сотрудничество в области разработки и создания коллайдеров и детекторов для решения актуальных задач физики элементарных частиц и высоких энергий;
5. Brookhaven National Laboratory (США), сотрудничество в области разработки и создания ускорительных систем;
6. FAIR (Германия), сотрудничество в области разработки и создания коллайдеров и детекторов для решения актуальных задач физики элементарных частиц и высоких энергий;
7. XFEL (Германия), сотрудничество в области разработки и создания ускорительных систем;
8. ОИЯИ (Россия), сотрудничество в области разработки и создания ускорительных систем и комплексов коллайдера «НИКА» для решения актуальных задач физики элементарных частиц и высоких энергий;



9. CERN (Швейцария), сотрудничество в области физики элементарных частиц и высоких энергий, физики, техники и технологии ускорителей;

10. SuperKEK В (Япония), сотрудничество в области физики элементарных частиц и высоких энергий;

11. ITER (Франция), сотрудничество в области физики плазмы, разработки и создания термоядерного реактора.

**10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

В период с 2013 по 2015 гг. ИЯФ СО РАН выполнял работы по зарубежным грантам:

1. 284404 - FP7 High Luminosity Large Hadron Collider Design Study (FP7 Разработка Большого адронного коллайдера высокой светимости, 01.11.2011 – 31.10.2015).

Координатор: EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH (Швейцария);

Партнёры:

COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (Франция),

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS (Франция),

STIFTUNG DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON DESY (Германия),

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE (Италия),

AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (Испания),

ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE (Швейцария),

ROYAL HOLLOWAY AND BEDFORD NEW COLLEGE (Великобритания),

UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON (Великобритания),

SCIENCE AND TECHNOLOGY FACILITIES COUNCIL (Великобритания),

LANCASTER UNIVERSITY (Великобритания),

THE UNIVERSITY OF LIVERPOOL (Великобритания),

THE UNIVERSITY OF MANCHESTER (Великобритания),

INTER-UNIVERSITY RESEARCH INSTITUTE CORPORATION, HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEARCH ORGANISATION (Япония),

THE UNIVERSITY OF HUDDERSFIELD (Великобритания).

Вклад: участие в создании проекта LHC, разработка и изготовление оборудования, настройка и запуск детекторов, проведение эксперимента, анализ полученных данных.

2. 227579 – EuroCARD Combination of CP & CSA (ЕвроКАРД, 15.05.2009 – 23.05.2013).



Грантодатель: ЦЕРН;

Партнёры:

АВСТРИЙСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ГМБХ – АРС (Австрия),  
Хэльмхольц-Центр Берлин по Материалам и Энергии ГмбХ (Германия),  
КОМИССАРИАТ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ (Франция),  
ЦЕНТР ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГИИ, ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕХНОЛОГИЙ  
(Испания),  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНЫХ РАБОТОК (CNRS) (Франция),  
Коламбус Суперпроводники СпА (Италия),  
ОТДЕЛЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ВЕРХОВНОГО СОВЕТА ПО НАУЧНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ (Испания),  
ФОНД НЕМЕЦКОГО ЦЕНТРА СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЕЗИ (Германия),  
Брукер НТС ГмбХ (Германия),  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ЛУИЗИАНЫ (Швейцария),  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ДРЕСДЕН-РОССЕНДОРФ ЕВ (Германия),  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КАРЛСРЮЕ ГМБХ (Германия),  
ОБЩЕСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ (Германия),  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ЭНРИКА НИВОДНИЗАНСКИ, ПОЛЬСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (Польша),  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ (Италия),  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИМ. АНДРЕЯ СОЛТАНА (Польша),  
ПОЛИТЕХНИКО ТОРИНО (Италия),  
ИНСТИТУТ ИМ. ПОЛА ШЕРРЕРА (Швейцария),  
ПОЛИТЕХНИКА ВРОКЛАВСКА (Польша),  
КОРОЛЕВСКИЙ ХОЛЛОУЭЙ И НОВЫЙ БЭДФОРДСКИЙ КОЛЛЕДЖ (Великобритания),  
РОССИЙСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР, ИНСТИТУТ ИМ. КУРЧАТОВА (Россия),  
УНИВЕРСИТЕТ САУСХЭМПТОНА (Великобритания),  
СОВЕТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ (Великобритания),  
ПОЛИТЕХНИКА ЛОДЗКА (Польша),  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТАНПЕРЫ (Финляндия),  
ХЕЛЬСИНГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (Финляндия),  
УНИВЕРСИТЕТ ЙОЗЕФА ФОУРЕРА В ГРЕНОБЛЕ 1 (Франция),  
ЛАНКАСТЕРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (Великобритания),  
МАЛЬГИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (Мальта),  
УНИВЕРСИТЕТ ЖЕНЕВЫ (Швейцария),  
МАНЧЕСТЕРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (Великобритания),



СОВЕТНИК, ДИРЕКТОРА И УЧЕНЫЕ ОКСФОРДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
(Великобритания),

РОСТОКСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (Германия),

УНИВЕРСИТЕТ УППСАЛА (Швеция),

ПОЛИТЕХНИКА ВАРШАВСКА (Польша).

Вклад: разработка и создание ускорительных систем.

3. 654166 -Connecting Russian and European Measures for Largescale Research Infrastructures — CREMLIN (Совместные мероприятия России и Европы для крупномасштабных исследовательских инфраструктур, 01.09.2015 - 31.08.2018)

Выполняется в рамках программы Европейского союза: European Union's Horizon 2020

Партнёры:

Deutsches Elektronen-Synchrotron – DESY (Германия),

Forschungszentrum Juelich GmbH – Juelich (Германия),

Petersburg Nuclear Physics Institute National Research Centre “Kurchatov Institute” – PNPI  
(Россия),

National Research Centre “Kurchatov Institute” – NRC KI (Россия),

Facility for Antiproton and Ion Research in Europe GmbH – FAIR (Германия),

Joint Institute for Nuclear Research – JINR (Россия),

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH – HZG  
(Германия),

Technische Universität München – TUM (Германия),

Institute Laue-Langevin – ILL (Франция),

European Spallation Source – ESS (Швеция),

European Synchrotron Radiation Facility – ESRF (Франция),

European X-ray Free-Electron Laser Facility GmbH – European XFEL (Германия),

Extreme Light Infrastructure (ELI) Delivery Consortium International Association AISBL  
– ELI-DC (Бельгия),

Lasers, Interactions and Dynamics Laboratory (LIDyL) – CEA (Франция),

Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences – IAP (Россия),

CERN (Швейцария),

Institute of Crystallography – IAP (Россия),

Lunds Universitet - LUND MAX IV (Швеция).

Вклад: разработка и развитие научной программы проекта STC, разработка и создание технического обеспечения проекта STC.

## **НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований**





## 12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Приоритетное направление 14. Современные проблемы физики плазмы, включая физику высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах

Важнейшие достижения по приоритетному направлению 15:

1. В ИЯФ СО РАН разработана и создана принципиально новая нерезонансная фотонная ловушка, с помощью которой получена конверсия пучка отрицательных ионов в нейтралы с эффективностью, близкой к 100%.

2. Создан уникальный стенд для испытания материалов стенки вакуумной камеры экспериментальных термоядерных реакторов при мощном импульсном тепловом воздействии. На стенде впервые получены результаты по динамике образования микрочастиц в процессе эрозии вольфрамовых пластин при импульсном нагреве, моделирующем тепловые нагрузки в диверторе токамака ИТЭР.

3. Впервые в мире создан ионный источник с извлекаемым током пучка протонов до 175А, что превосходит почти вдвое известные аналоги. На базе ионного источника создан уникальный инжектор сфокусированного пучка быстрых атомов водорода с энергией 15 кэВ и мощностью 2 МВт для нагрева плазмы в магнитных ловушках.

Публикации по приоритетному направлению 15:

1. Ivanov, A. A., Prikhodko V.V. // Gas-dynamic trap: an overview of the concept and experimental results // *Plasma Physics and Controlled Fusion*. - 2013. - Vol. 55, № 6. - Art.nr 063001. - DOI 10.1088/0741-3335/55/6/063001.

2. Binderbauer, M. W., TAE Team, Ivanov A.A. // A high performance field-reversed configuration, MAY 2015 // *Physics of Plasmas*. - 2015. - Vol. 22, № 5. - Art.nr 056110. - DOI 10.1063/1.4920950

3. Beklemishev A., Anikeev A., Astrelin V., Bagryansky P., Davydenko V., Gavrilenko D., Ivanov A., Ivanov I., Ivantsivsky M., Kandaurov I., Polosatkin S., Postupaev V., Sinitsky S., Shoshin A., Timofeev I., Tsidulko Yu. // Novosibirsk project of Gas-Dynamic Multiple-Mirror-Trap // *Fusion Science and Technology*. - 2013. - Vol. 63, № 1T : Proceedings of the Joint Conference of Ninth International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2012) and Third International Workshop on Plasma Material Interaction Facilities for Fusion Research (PMIF2012), Tsukuba, Japan, August 27-31, 2012. - P. 46-51. - Bibliogr.: 10 ref.

4. Anikeev A.V., Bagryansky P.A., Beklemishev A.D., Ivanov A.A., Korobeinikova O.A., Kovalenko Y.U.V., Lizunov A.A., Maximov V.V., Murakhtin S.V., Pinzhenin E.I., Prikhodko V.V., Savkin V.Y.A., Soldatkina E.I., Solomakhin A.L., Zaytsev K.V., Yakovlev D.V. // THE



GDT EXPERIMENT: STATUS AND RECENT PROGRESS IN PLASMA PARAMETERS // Fusion Science and Technology. 2015. Т. 68. № 1. С. 1-7

5. Popov S.S., Burdakov A.V., Ivantsivskiy M.V., Polosatkin S.V., Postupaev V.V., Vyacheslavov L.N., Kasatov A.A. // TWO-PULSE THOMSON SCATTERING SYSTEM FOR MEASUREMENTS OF FAST FLUCTUATIONS OF ELECTRON DENSITY IN MULTIMIRROR TRAP GOL-3 // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2013. Т. 720. С. 39-41.

Приоритетное направление 15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине

Важнейшие достижения по приоритетному направлению 15:

1. На первом и единственном в мире четырёхдорожечном ускорителе-рекуператоре ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН запущен третий лазер на свободных электронах, что позволило расширить диапазон (6 - 240 микрон) длин волн, доступный для пользователей излучения.

2. В ИЯФ СО РАН с лучшей в мире точностью измерено сечение электрон-позитронной аннигиляции в адроны области энергии 3,12-3,72 ГэВ с детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М.

3. В ИЯФ СО РАН разработан и создан сверхпроводящий многополюсный вигглер для генерации мощного синхротронного излучения с косвенным охлаждением магнита с использованием криогенных кулеров.

Публикации по приоритетному направлению 15:

1. Churkin D.V., Kolokolov I.V., Podivilov E.V., Vatik I.D., Nikulin M.A., Vergeles S.S., Terekhov I.S., Lebedev V.V., Falkovich G., Babin S.A., Turitsyn S.K. // Wave kinetics of random fibre lasers, FEB 2015 // Nature Communications. - 2015. - Vol. 2. - Art.nr 6214. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1038/ncomms7214.

2. Knyazev B.A., Choporova Yu.Yu., Mitkov M.S., Pavelyev V.S., Volodkin B.O. // Generation of terahertz surface plasmon polaritons using nondiffractive Bessel beams with orbital angular momentum // Physical Review Letters. - 2015. - Vol. 115, № 16. - Art.nr 163901. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.115.163901.

3. Rachek I.A., Arrington J., Dmitriev V.F., Gauzshtein V.V., Gerasimov R.E., Gramolin A.V., Holt R.J., Kaminskiy V.V., Lazarenko B.A., Mishnev S.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikolenko D.M., Sadykov R.Sh., Shestakov Yu.V., Stibunov V.N., Toporkov D.K., de Vries H., Zevakov S.A., Zhilich V.N. // Measurement of the Two-Photon Exchange Contribution to the Elastic  $e(+/-)p$  Scattering Cross Sections at the VEPP-3 Storage Ring, FEB 12 2015 // Physical



Review Letters. - 2015. - Vol. 114, № 6. - Art.nr 062005. - DOI 10.1103/PhysRevLett.114.062005.

4. Bogomyagkov, A., Levichev E., Shatilov D. // Beam-beam effects investigation and parameters optimization for a circular  $e^{+}e^{-}$  collider at very high energies, APR 28 2014 // Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams. - 2014. - Vol. 17, № 4. - Art.nr 041004. - DOI 10.1103/PhysRevSTAB.17.041004.

5. Ablikim M., BESIII Collab. Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a Charged Charmoniumlike Structure in  $e^{+}e^{-} - (D^{*}(D\text{-bar}^{*})^{+/-})\pi^{(-/+)}$  at  $\sqrt{s}=4.26$  GeV, APR 2 2014 // Physical Review Letters. - 2014. - Vol. 112, Is. 13. - Art.nr 132001. - DOI 10.1103/PhysRevLett.112.132001.

**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год**

Наиболее значимые публикации, подготовленные сотрудниками ИЯФ СО РАН:

1. Churkin D.V., Kolokolov I.V., Podivilov E.V., Vatnik I.D., Nikulin M.A., Vergeles S.S., Terekhov I.S., Lebedev V.V., Falkovich G., Babin S.A., Turitsyn S.K. // Wave kinetics of random fibre lasers, FEB 2015 // Nature Communications. - 2015. - Vol. 2. - Art.nr 6214. - Bibliogr.: 32 ref. - DOI 10.1038/ncomms7214.

Импакт-фактор: 11,329

2. Adam J., ALICE Collab. Pestov Y. // Precision measurement of the mass difference between light nuclei and anti-nuclei // Nature Physics. - 2015. - Vol. 11, Is. 10. - P. 811-814. - DOI 10.1038/nphys3432

Импакт-фактор: 20,147

3. Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V., Yuan X. // Determination of the quark coupling strength  $\Gamma_{ub}$  using baryonic decays // Nature Physics. - 2015. - Vol. 11, Is. 9. - P. 743-747. - DOI 10.1038/nphys3415.

Импакт-фактор: 20,147

4. Knyazev B.A., Choporova Yu.Yu., Mitkov M.S., Pavelyev V.S., Volodkin B.O. // Generation of terahertz surface plasmon polaritons using nondiffractive Bessel beams with orbital angular momentum // Physical Review Letters. - 2015. - Vol. 115, № 16. - Art.nr 163901. - Bibliogr.: 37 ref. - DOI 10.1103/PhysRevLett.115.163901.

Импакт-фактор: 7,512



5. Ivanov, A. A., Prikhodko V.V. // Gas-dynamic trap: an overview of the concept and experimental results // Plasma Physics and Controlled Fusion. - 2013. - Vol. 55, № 6. - Art.nr 063001. - DOI 10.1088/0741-3335/55/6/063001.

Импакт-фактор: 2,386

6. Ablikim M., BESIII Collab. Achasov M. N., Muchnoi N. Yu., Nikolaev I. B. // Observation of a Charged Charmoniumlike Structure in  $e^{(+)}e^{(-)} - \pi^{(+)}\pi^{(-)}$   $J/\psi$  at  $\sqrt{s}=4.26$  GeV // Physical Review Letters. - 2013. - Vol. 110, № 25. - Art.nr 252001. - DOI 10.1103/PhysRevLett.110.252001.

Импакт-фактор: 7,512

7. Liu Z. Q., Belle Collab. Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Lukin P., Matvienko D., Shwartz B., Vorobyev V., Zhilich V. // Study of  $e^{(+)}e^{(-)} - \pi^{(+)}\pi^{(-)}$   $J/\psi$  and Observation of a Charged Charmoniumlike State at Belle // Physical Review Letters. - 2013. - Vol. 110, № 25. - P. 252002. - DOI 10.1103/PhysRevLett.110.252002

Импакт-фактор: 7,512

8. Aad G., ATLAS Collab. Anisenkov A., Beloborodova O.L., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. // Observation of Associated Near-Side and Away-Side Long-Range Correlations in  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV Proton-Lead Collisions with the ATLAS Detector // Physical Review Letters. - 2013. - Vol. 110, № 18. - Art.nr 182302. - DOI 10.1103/PhysRevLett.110.182302.

Импакт-фактор: 7,512

9. Kuznetsov S.A., Astafev M.A., Beruete M., Navarro-Cia M. // Planar Holographic Metasurfaces for Terahertz Focusing, JAN 13 2015 // Scientific Reports. - 2015. - Vol. 5. - Art.nr 7738. - DOI 10.1038/srep07738.

Импакт-фактор: 5,228

10. Abelev B., ALICE Collab. Pestov Yu. // K-S(0) and Lambda Production in Pb-Pb Collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV // Physical Review Letters. - 2013. - Vol. 111, № 22. - Art.nr 222301. - DOI 10.1103/PhysRevLett.111.222301

Импакт-фактор: 7,512

Наиболее значимые монографии, подготовленные сотрудниками ИЯФ СО РАН:

1. Мешков И.Н., Чириков Б.В. Электромагнитное поле: в 2 ч. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013.

Ч.1: Электричество и магнетизм. – 544 с. – ISBN 978-5-93972-945-1. – Тираж не указан, Ч.2: Электромагнитные волны и оптика. – 416 с. - ISBN 978-5-93972-947-5. -Тираж не указан.

2. Графит в науке и ядерной технике / Е.И.Жмуриков, И.А.Бубненко, В.В.Дрёмов и др.; отв. ред. П.В.Логачев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т ядер. физики им. Г.И.Будкера СО РАН, ..., РФЯЦ - ВНИИТФ, 2013. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 163 с.: ил. - ISBN 978-5-7692-1314-4. - Тираж 500 экз.



3. Котельников И.А. Лекции по физике плазмы: учеб. пособие для вузов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 384 с. - ISBN: 978-5-9963-1158-3. - Тираж 300 экз.

4. Иоффе Б.Л. Квантовая хромодинамика: пертурбативные и непертурбативные аспекты: в 2 кн. Кн.2 / Б.Л.Иоффе, Л.Н.Липатов, В.С.Фадин. – М.: ЦСПиМ, 2013. – 348 с.: ил. – ISBN 978-5-906001-13-9. - Тираж 500 экз. (Кн.1 – данные те же, 2012 г. издания.)

5. Бродников А.Ф. Поверка и калибровка средств измерений температуры: учеб. пособие / А.Ф.Бродников, В.Я.Черепанов. – Новосибирск: Новосиб. филиал АСМС, 2013. – 114 с. - ISBN 978-5-94301-497-0. - Тираж 500 экз.

6. Колоколов И.В., Кузнецов Е.А., Мильштейн А.И., Подивилов Е.В., Черных А.И., Шапиро Д.А., Шапиро Е.Г. Задачи по математическим методам физики. – Изд. стереотип. – М.: Кн. дом «Либроком», 2013. – 288 с. - ISBN 978-5-397-03680-1. – Тираж не указан.

7. Grozin A. Introduction to Mathematica for physicists / Andrey Grozin. – Cham et al.: Springer, 2014. - X, 219 p. 84 ill., 18 ill. in color. – (Graduate texts in physics). - ISBN 978-3-319-00893-6. - ISBN 978-3-319-00894-3 (eBook). – Тираж не указан. DOI 10.1007/978-3-319-00894-3

8. Борис Валерианович Чириков – законодатель хаоса / сост.: О.В.Жиров, Д.Л.Шепелянский, К.В.Эпштейн; отв. ред. А.Н.Скринский; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т ядер. физики им. Г.И.Будкера. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 282 с.: ил. : ил. – (Наука Сибири в лицах). – ISBN 978-5-7692-1362-5. – Тираж 400 экз.

9. Тельнов В.И. Механика и теория относительности: учебное пособие. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – 283 с.: ил. – ISBN 978-5-4437-0439-5. - Тираж 250 экз.

10. Шатунов Ю.М. Пучки поляризованных частиц в ускорителях и накопителях / Ю.М.Шатунов; отв. ред. А.Н.Скринский; ИЯФ СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – 205 с.: ил. - ISBN 978-5-7692-1421-9. – Тираж 320 экз.

### **15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

Наиболее значимые научные гранты, выполнявшиеся на базе ИЯФ СО РАН в период с 2013 по 2015 годы:

1. Грант РФФИ №14-22-03071 «Экспериментальный поиск новой физики за пределами Стандартной модели в редких распадах мюонов с нарушением лептонного числа», срок выполнения: 2014-2016, объём финансирования: 5 800 тыс. руб.

2. Грант РФФИ №12-02-12071 офи\_м «Развитие методов получения высокоразрешающих фазоконтрастных изображений с использованием рентгеновской дифракционной оптики», срок выполнения: 2012-2014, объём финансирования: 10 200 тыс. руб.

3. Грант РНФ №14-32-00006 «Проведение научных исследований по бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей», срок выполнения: 2014-2016, объём финансирования: 75 000 тыс. руб.



4. Грант РФФИ №14-12-01007 «Физика электронно-циклотронного взаимодействия электромагнитного излучения с плазмой в крупномасштабной газодинамической ловушке», срок выполнения: 2014-2016, объем финансирования: 15 000 тыс. руб.

5. Грант РФФИ №14-50-00080 «Развитие исследовательского и технологического потенциала ИЯФ СО РАН в области физики ускорителей, физики элементарных частиц и управляемого термоядерного синтеза для науки и общества», срок выполнения: 2014-2018, объем финансирования: 260 000 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Важной частью работ по направлению «Технологии пучков заряженных частиц для фундаментальных и прикладных применений» стало участие в разработке нового поколения циклических коллайдеров. В 2013 году в ЦЕРНе началась разработка проекта FCC (Future Circular Colliders), который, по замыслу разработчиков, должен определить научную политику ЦЕРН на следующие десятилетия после окончания работы БАК. Проект включает себя электрон-позитронный коллайдер FCC-ee для изучения свойств бозона Хиггса («хиггсовская фабрика») с периметром 100 км и максимальной энергией пучка до 175 ГэВ, протон-протонный коллайдер (FCC-hh) с энергией пучка 50 ТэВ и электрон-протонный коллайдер FCC-he, объединяющий возможности двух предыдущих установок. Беспрецедентный по своим параметрам, размерам, сложности, задачам физический комплекс на многие годы станет основным инструментом познания физики микромира на Земле. ИЯФ СО РАН является одним из ключевых разработчиков нового коллайдера. Концепция электрон-позитронного коллайдера FCC-ee, предложенная сотрудниками Института, была одобрена научным сообществом и, в настоящее время, рассматривается в качестве базовой. Во многом это стало возможным благодаря уникальным алгоритмам расчета движения и взаимодействия частиц в коллайдере, которые были разработаны сотрудниками ИЯФ СО РАН, в том числе - в рамках настоящего гранта РФФИ, и воплощены в моделирующие компьютерные программы, которые сейчас стали общепризнанными. Наличие уникальных программ, а также опыт, полученный при их разработке, позволяет ИЯФ СО РАН проводить разработки крупных ускорительных проектов на высоком мировом уровне.

В рамках работ по направлению «Развитие и использование источников электромагнитного излучения на базе релятивистских электронных пучков» были начаты различные исследования, направленные на улучшение параметров источников электромагнитного излучения, исследования свойств излучения, разработку аппаратуры для работы с ним и применений излучения. Для повышения мощности источников, использующих релятивистские электронные пучки, изучались способы устранения «гало» электронного пучка и, вообще, улучшения параметров электронных пучков. Разрабатывалась уникальная аппаратура (интерферометры Фабри-Перо, детекторы излучения, сверхпроводящий соленоид и др.) для экспериментов с использованием мощного терагерцового излучения Новосибирского лазера на свободных электронах. При помощи специализированных транспарантов были получены и исследованы пучки терагерцового излучения с экзотическими



свойствами (т. н. бесселевы пучки и пучки с ненулевым орбитальным угловым моментом), которые могут иметь интересные технические применения. Начаты разработки сверхпроводящего вигглера, масок и дозиметров для исследования возможности микропучковой рентгеновской терапии на пучках синхротронного излучения. Проведены исследования, направленные на создание новых источников рентгеновского излучения для технологических применений.

В рамках работ по направлению «Развитие фундаментальных основ и технологий термоядерной энергетики будущего» в ИЯФ СО РАН была предложена новая схема улучшенного удержания термоядерной плазмы, которая основана на активном управлении потоком плазмы из открытой ловушки. В институте создаётся экспериментальная установка, позволяющая подтвердить эту теорию. В ходе работ определены оптимальные параметры магнитной системы и плазмы; сформулированы технические требования к экспериментальному стенду; начато проектирование и производство отдельных узлов и систем. Технический запуск установки запланирован на 2017 год. Разработаны численные коды, моделирующие накопление быстрых ионов в аксиальных ловушках и позволяющие исследовать эффекты, критичные для обращения поля внутри плазмы. Проведена серия экспериментов на установке ГДЛ комплекса "ДОЛ" по изучению продольных потерь быстрых ионов, связанных с развитием альфвеновской ионно-циклотронной неустойчивости в анизотропной плазме высокого давления. Создан уникальный мощный инжектор сфокусированного пучка быстрых атомов водорода относительно низкой энергии для нагрева и поддержания высокотемпературной плазмы в современных магнитных ловушках.

В рамках работ по изучению динамики взаимодействия мощных потоков плазмы с поверхностью с помощью синхротронного излучения (СИ) были проведены работы по разработке физического проекта станции рентгеновской дифрактометрии плазмоприемников термоядерных систем, выбору и расчету схемы дифрактометрии СИ на образцах из вольфрама, меди и титана, разработке теоретических моделей модификации структуры материалов под влиянием плазменных нагрузок, определению параметров лазерного излучения, требуемых для создания крупных дефектов и достижения порога плавления, проектированию источника питания и оптической системы лазера, закупке необходимых комплектующих и приборов для контроля распределения и динамики мощности падающего на мишень и отражённого лазерного излучения, изготовлению и запуску импульсного лазера в бункере СИ, получению необходимых для начала экспериментов с СИ параметров лазерного излучения, конструированию станции дифрактометрии плазменных мишеней, проведению тестовых экспериментов по рассеянию СИ на образцах, облученных на установках комплекса "ДОЛ". В результате проделанных работ были получены результаты, позволяющие в 2016-от году провести первые in-situ измерения деформации и механического напряжения в материале во время импульсной тепловой нагрузки и во время остывания.



По направлению «Развитие калориметрических методов и разработка на их основе новых детекторов для фундаментальных исследований, медицины, систем безопасности и других высокотехнологичных применений» выполнялись следующие работы. Для производства перспективных сцинтилляционных кристаллов со структурой ортосиликатов (GSO, LSO, LYSO и других) разрабатывается низкоградиентный метод выращивания, который позволит повысить эффективность технологии получения кристаллов. Разработаны и проверены ключевые для реализации технологии части будущей установки, подготовлен эскизный проект опытной установки для выращивания кристаллов GSO. Проведены исследования характеристик перспективных фотодетекторов, таких как ФЭУ на основе микроканальных пластин, фотопентодов, различных детекторов на основе лавинных фотодиодов, работающих в гейгеровской моде. Следует особо отметить прогресс в создании каналов электроники калориметров на основе быстрых АЦП с непрерывной оцифровкой сигналов (FADC). Такая электроника была разработана для калориметра детектора BelleII и разрабатывается для детекторов ИЯФ СО РАН. С прототипом для канала электроники калориметра СНД было получено временное разрешение лучше 1 нс при энерговыделении в кристалле калориметра 100 МэВ. Электроника с измерением времени необходима для экспериментов на коллайдерах с большой интенсивностью для уменьшения эффекта наложений друг на друга экспериментальных событий. Одним из новых для ИЯФ СО РАН направлений является проектирование быстродействующих малошумящих специализированных интегральных схем (ASIC) с зарядо-чувствительным усилителем на входе, используемых в электронике детекторов как в физике высоких энергий, так и в многочисленных приложениях. Измеренные характеристики первых прототипов чипов, спроектированных в ИЯФ СО РАН, оказались близки к ожидаемым. В институте активно развивается калориметрия на основе сжиженных благородных газов. Такие калориметры используются в экспериментах КЕДР и КМД-3 в ИЯФ СО РАН, а также в эксперименте АТЛАС (ЦЕРН). На этих установках проводились работы по оптимизации алгоритмов калибровки и реконструкции и идентификации частиц в калориметре. Проводятся методические исследования по модернизации калориметра АТЛАС для работы на будущем коллайдере с высокой светимостью HighLum-LHC. Разработанные алгоритмы реконструкции частиц в калориметрах применялись при анализе данных. В частности, в рамках проекта был проведен анализ данных с детектора КЕДР, в котором с беспрецедентной точностью были измерены массы  $J/\psi$ - и  $\psi(2S)$ -резонансов. С наилучшей точностью в области энергии от 3.12 до 3.72 ГэВ было измерено отношение  $R = \sigma(e+e \rightarrow \text{hadrons})/\sigma(e+e \rightarrow \mu+\mu)$ . В ИЯФ СО РАН в настоящее время создается прототип двухфазного криогенного лавинного детектора предельной чувствительности объемом 160 л. Детектор такого типа может быть использован для регистрации темной материи и когерентного рассеяния нейтрино на ядрах. Для создания детектора были проведены различные методические исследования, например, по подбору фотодетекторов, работающих при криогенных температурах. Были проведены первые систематические исследования пропорциональной электролюминес-





ценции в аргоне в двухфазном режиме при криогенных температурах, обнаружен эффект усиления сигнала электролюминесценции в аргоне с малой примесью азота. Этот результат особенно важен для действующих и будущих экспериментов по прямому поиску темной материи, использующих двухфазный аргон, в частности, для эксперимента DarkSide.

В рамках проекта были проведены также теоретические и экспериментальные исследования, необходимые для прецизионного моделирования процессов взаимодействия частиц с веществом. Впервые были получены данные по взаимодействию с веществом KL-мезона при импульсах каона от 0.11 до 0.48 ГэВ/с. Измеренное сечение сильно отличается от сечения, используемого в пакете GEANT4. С использованием разработанного в теоретическом отделе ИЯФ СО РАН метода квазиклассических функций Грина были получены формулы для сечений процессов тормозного излучения электрона и мюона в поле атома, двойного тормозного излучения и рассеяния электрона в атомном поле. Эти формулы имеют гораздо более высокую точность, чем все известные ранее.

6. Грант РФФИ №12-02-33140-мол\_а\_вед «Рассеяние протонов в широкой области энергии», срок выполнения: 2012-2013, объём финансирования: 5 000 тыс. руб.

7. Грант РФФИ №11-02-91320 СИГ\_а «Управление абберациями и потерями электронного пучка в ускорителе-рекуператоре: способ получения коротких интенсивных электронных сгустков с малым эмиттансом», срок выполнения: 2011-2013, объём финансирования: 3 000 тыс. руб.

8. Грант РФФИ №12-02-01076 а «Измерение лептонной ширины  $J/\psi$  - мезона», срок выполнения: 2012-2014, объём финансирования: 1 590 тыс. руб.

9. Грант РФФИ №13-02-00215 «Исследование динамики рождения каонов в процессах электрон-позитронной аннигиляции на коллайдере ВЭПП-2000 с детектором КМД-3», срок выполнения: 2013-2015, объём финансирования: 1 810 тыс. руб.

10. Грант РФФИ №12-02-33015-мол\_а\_вед «Изучение свойств тяжелых кваркониев и поиск новых состояний», срок выполнения: 2012-2014, объём финансирования: 3 800 тыс. руб.

И другие гранты общим числом более 30.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**



## **17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

Наиболее значимые научные и прикладные проекты, реализованные на базе ИЯФ СО РАН в период с 2013 по 2015 годы в рамках ФЦП:

1. ГК №14.619.21.0003 «Поддержка и развитие уникального конкурса открытых плазменных ловушек для исследования физики удержания и нагрева термоядерной плазмы (Комплекс ДОЛ)», срок выполнения: 2014-2016, объём финансирования: 160 000 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Обеспечена безаварийная и надёжная текущая эксплуатация УНУ «Комплекс ДОЛ» на первом этапе работ. Выполнена модернизация магнитной системы установки ГДЛ. На 30% увеличен энергозапас емкостных накопителей, питающих магнитную систему установки. Разработаны три новые экспериментальные научные методики: методика характеристики потока микрочастиц по рассеянию света предназначена для исследования потоков частиц материалов, возникающих при эрозии металлических мишеней в результате воздействия на них мощных импульсных потоков тепла; методика по наблюдению состояния поверхности по рассеянию от неё лазерного излучения предназначена для исследования динамики изменения поверхности мишеней в результате воздействия на них мощных импульсных потоков тепла; методика контроля процесса магнитного сжатия электронного пучка по рентгеновскому излучению электронов периферии пучка, попадающих на обрезающую диафрагму установки ГОЛ-3. Разработан эскизный проект рабочей станции для изучения взаимодействия мощных потоков плазмы с поверхностью.

В рамках модернизации системы дисперсионных интерферометров в качестве более эффективного удвоителя частоты предложен нелинейный кристалл LiGaTe<sub>2</sub>, внесены изменения в оптическую схему интерферометра. Изготовлены прототипы зондов для измерения пространственного распределения потенциала плазмы, энергии электронов и спектров колебаний электромагнитного поля. Разработана архитектура широкополосной многоканальной системы регистрации. Разработана диагностика для измерения пространственного распределения плотности потока частиц и энергии на поверхности торцевых приемников установки, изготовлены прототипы основных элементов.

Дооснащение объекта научной инфраструктуры необходимыми материалами, комплектующими. Модернизация, содержание и ремонт оборудования УНУ. Разработаны и освоены новые методики исследований или измерений. Метрологическое обеспечение функционирования УНУ. Повышение доступности УНУ для внешних и внутренних пользователей. Расширение перечня оказываемых с использованием УНУ услуг. Развитие внутренней и международной кооперации УНУ. Развитие кадрового потенциала УНУ.



2. ГК №14.513.11.0056 «Разработка научно-технических основ получения нанопрекурсоров и радиационно-термического синтеза ферритовой керамики для применения в радиоэлектронике и приборостроении с использованием интенсивного электронного пучка с энергией до 5 МэВ и методов синхротронного излучения для анализа продуктов», срок выполнения: 2013, объём финансирования: 10 000 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Разработан лабораторный технологический регламент изготовления экспериментальных образцов ферритовой керамики. Изготовлены экспериментальные образцы ферритовой керамики. Разработаны программа и методики испытаний экспериментальных образцов ферритовой керамики. Измерена магнитная проницаемость экспериментальных образцов ферритовой керамики. Разработаны предложения и рекомендации по внедрению разработанной ферритовой керамики в производство.

3. ГК №14.518.11.7073 «Проведение экспериментов по физике высоких энергий, экспериментов по ядерной физике и экспериментов с использованием синхротронного излучения на комплексе электрон-позитронных коллайдеров ВЭПП-4 – ВЭПП-2000 (рег. номера установок 01-20, 01-21)», срок выполнения: 2013, объём финансирования: 8 000 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Проведена модернизация: электроники регистрации мюонной системы детектора КЕДР; вакуумной камеры экспериментального промежутка коллайдера ВЭПП-4М; схемы регистрации сигналов вершинного детектора КЕДР. Осуществлена настройка системы высокочувствительных пикап-электродов коллайдера ВЭПП-2000 и проведены измерения положения электронного и позитронного пучков. Разработана система контроля электронно-оптической схемы кольца коллайдера ВЭПП-2000 на базе ПЗС (прибор с зарядовой связью) камер. Проведена модернизация канала вывода синхротронного излучения и экспериментальной станции "Детонация" для приема излучения из 7-ми полюсной "змейки" на накопителе ВЭПП-4М. Получены экспериментальные данные по изучению процесса распада  $J/\psi$  -\* уг|С на коллайдере ВЭПП-4М с детектором КЕДР.

4. ГК №14.512.11.0105 «Разработка медицинской установки для нейтронозахватной терапии на базе компактного ускорительного источника эпитепловых нейтронов», срок выполнения: 2013, объём финансирования: 6 000 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Проведены теоретические исследования объекта, в том числе: - исследованы процессы, определяющие необходимые параметры разрабатываемого источника нейтронов; - осуществлен поиск наиболее эффективных методов создания интенсивных потоков нейтронов без использования ядерных реакторов и радиоактивных химических элементов, либо применения последних в безопасном для эксплуатации состоянии; - разработана теоретическая модель, описывающая основные процессы, определяющие эффективность формирования нейтронного потока в системе, основанной на выбранном методе решения проблемы; - проведено теоретическое изучение возможности развития пучково-плазменных



неустойчивостей при транспортировке сильнооточного пучка заряженных частиц через газ обдирочной мишени; разработаны технические предложения по преодолению ограничения транспортируемого тока. Разработана мишень и система формирования пучка нейтронов, позволяющих получить пучок нейтронов с лучшими по качеству характеристиками. Разработана эскизная конструкторская документация на макет безреакторного источника. Изготовлен макет безреакторного источника.

5. ГК №14.604.21.0135 «Разработка технологии изготовления особо коррозионностойких реакторов химических производств, работающих с использованием сильных кислот при повышенных температурах», срок выполнения: 2014-2016, объем финансирования: 15 960 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Разработан лабораторный технологический регламент и исследованы режимы и способы сварки композиционного материала на основе из сплава ВТ14, которые показали свою пригодность для формирования сварных соединений. Разработана эскизная конструкторская документация и изготовлен макет особо коррозионностойкого реактора. Разработан проект технического задания на опытно конструкторскую разработку на изготовление опытного образца особо коррозионностойкого реактора, работающего с использованием сильных кислот при температурах кипения на предприятиях нефтегазохимии.

6. ГК №14.512.12.0004 «Развитие перспективных методик анализа биомедицинских образцов для исследований токсичности и фармакокинетики химических соединений с использованием сверхчувствительного метода - ускорительной масс-спектрометрии», срок выполнения: 2013, объем финансирования: 7 000 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике. Разработана методика проведения пробоподготовки экспериментальных образцов для анализа на ускорительном масс-спектрометре с помощью каталитической графитизации продуктов полного окисления. Разработана методика проведения анализа путем прямого детектирования атомов радиоуглерода в степени ионизации 3+. Проведена наработка экспериментальных образцов. Разработаны программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов. Проведены исследовательские испытания экспериментальных образцов.

7. ГК №11.519.11.6005 «Линейные плазменные ловушки для термоядерной энергетики и материаловедения», срок выполнения: 2011-2013, объем финансирования: 9 800 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике.



Исследованы возможности использования линейных плазменных систем для термоядерной энергетики и материаловедения.

Разработан концептуальный проект нового поколения линейной термоядерной ловушки. Разработан прототип методических решений соленоидальной ловушки для исследования взаимодействия плазмы с твердыми веществами. Проведены модельные теоретические исследования поведения материалов при воздействии на них мощных потоков высокотемпературной плазмы. Разработана эскизная документация проекта и планы экспериментов станции термодесорбционного анализа.

Проведены эксперименты по облучению материалов мощным потоком плазмы на многопробочной ловушке ГОЛ-3. Собрана станция термодесорбционного анализа и исследовано накопление изотопов водорода в материалах после облучения.

Проведено исследование модификации материалов после облучения. Разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме Создание сверхпроводящего соленоида для соленоидальной ловушки для исследования взаимодействия плазмы с твердыми веществами.

8. ГК №14.518.11.7039 «Проведение предклинических исследований бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей *in vivo* на УСУ «Протонный ускоритель Тандем-БНЗТ», срок выполнения: 2012-2013, объем финансирования: 2 210 тыс. руб.

Описание полученного результата:

Выполнены работы по подготовке к проведению предклинических *in vivo* (на живой ткани при живом организме) исследований бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей с использованием уникальных стендовых установок (УСУ). Разработан план мероприятий, направленных на увеличение количества пользователей УСУ.

Разработан экспериментальный образец детектора для определения терапевтической дозы облучения и контроля проведения нейтронозахватной терапии. Проведены работы по созданию лабораторного стенда для проведения *in vivo* исследований. Проведена апробация методов доставки борсодержащего вещества в облучаемую ткань.

Разработаны рекомендации по возможности дальнейшего применения полученных результатов, изложена концепция проведения исследований бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей в условиях онкологической клиники. Разработан экспериментальный образец ускорительного источника эпитепловых нейтронов для осуществления нейтронозахватной терапии в условиях онкологической клиники. Подготовлена система планирования терапии и подготовлены диагностики для определения и картирования дозы, получаемой пациентом в ходе лечения.

И другие проекты общим числом более 10.

## **Внедренческий потенциал научной организации**

### **18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**



Научно – конструкторский отдел

Научно-конструкторский отдел Института Ядерной Физики – это коллектив общей численностью 100 человек, из которых 5 сотрудников – кандидаты наук. Средний возраст отдела 55 лет.

В НКО развёрнуто 60 рабочих мест программного комплекса 3D проектирования Solid Edge + Teamcenter, при использовании которого работа необходимого числа конструкторов над макетом установки ведётся в едином пространстве.

Большой опыт, качество и быстрота работы коллектива конструкторов отдела широко известны в мировой научной среде и на рынке электрофизического оборудования. Научно-конструкторский отдел не только обеспечивает рабочей документацией заказы для Экспериментального производства Института, но и выполняет отдельные большие работы для научных организаций России, Европы, Азии и Америки.

За последние годы можно особо выделить такие большие проекты как:

- Вакуумное и криогенное оборудование для установки “XFEL” (DESY, Германия)
- Линейный индукционный ускоритель ЛИУ-20 (ВНИИТФ, Россия)
- Стенд для ускорения 1,5А пучка Н- (Tri Alpha Energy, США)
- Инжектор С2U (Tri Alpha Energy, США)
- Линия сложения 100МГц, 540кВт (РФЯЦ-ВНИИЭФ, Россия)
- ВЧ станция бустера установки “NICA” (ОИЯИ, Россия)
- Установка электронного охлаждения для бустера установки “NICA” (ОИЯИ, Россия)
- Концептуальный проект Collector Ring для установки “FAIR” (GSI, Германия)
- Комплекс работ по верхним и экваториальным порт-плагам для установки “ITER” (Франция)
- Дипольный магнит для установки “ДЕМ-1” (ОИВТ, Россия)

Экспериментальное производство

Экспериментальное производство (ЭП) Института ядерной физики СО РАН - крупнейшее в структуре РАН. Основная задача ЭП – производство уникального научно-технического оборудования для Института ядерной физики и для других Научных центров, находящихся как в России, так и за границей.

Распоряжение о создании ЭП было принято Президиумом СО АН СССР 17 апреля 1979 года. Начиналось ЭП с небольших механических и радиомастерских, сегодня это самое крупное подразделение в структуре Института. ЭП объединяет около сотни технологических отделений, специализированных цехов и участков, размещенных на трех производственных площадках, общей площадью около 60 000 м<sup>2</sup>. В штате ЭП работает около 700 человек: 500 рабочих и 200 ИТР. Средний возраст работников 51 год.

Для успешного решения большого объема разноплановых производственных задач в составе ЭП сформированы специализированные технологические бюро, цеха и участки, в том числе: технологические бюро электромагнитных и электровакуумных изделий, цеха по производству электромагнитного оборудования (с участками намотки катушек, ваку-



умной пропитки катушек, склейки ламинированных сердечников электромагнитов, механической обработки стеклотекстолита и др.), электровакуумной техники (с участками сварки в атмосфере защитных газов, электронно-лучевой сварки, ультразвуковой мойки, точной механической обработки, шлифовки керамики, вакуумной пайки и диффузионной сварки и др.). Кроме этого в ЭП есть цеха механической обработки и сборки, оснащенные всеми основными типами станочного оборудования (как универсального, так и с ЧПУ), современным сварочным оборудованием, оборудованием для гибки, резки, вальцовки, штамповки и формования металла. Всего в составе ЭП порядка 400 единиц крупного технологического оборудования, из них около 40 единиц современного оборудования моложе 15 лет (включая 25 обрабатывающих центров с ЧПУ).

Контроль за качеством выпускаемой продукции осуществляется Бюро измерений и контроля (БИК), которое оснащено современным измерительным оборудованием: координатно-измерительными машинами с ЧПУ фирмы ZEISS AG (Германия); специализированными испытательными стендами для проведения механических, электрических, гидравлических и вакуумных тестов, а также современным оборудованием для проведения неразрушающего контроля: рентгеновского, ультразвукового, капиллярного; контроля химического состава, твердости, магнитной проницаемости материалов.

Экспериментальное производство ИЯФ сертифицировано на соответствие стандарту ISO 9001:2008 международным сертифицирующим органом Bureau Veritas Certification, сварочное производство сертифицировано TUV по DIN EN ISO 3834-2, специалисты БИК сертифицированы в TUV по разным видам неразрушающего контроля.

В своей работе ЭП плотно взаимодействует с научными лабораториями, научно-конструкторским отделом и другими службами, и отделами Института. Все производимое в ЭП оборудование разработано и сконструировано в Институте, поэтому большинство изготавливаемых установок и приборов уникальны в научном, техническом и технологическом плане:

- Импульсные и стационарные электромагниты для магнитной системы для ускорителей заряженных частиц (в том числе сверхпроводящие).
- Ондюляторы и вигглеры для специализированных источников СИ (в том числе сверхпроводящие и на постоянных магнитах).
- Вакуумные камеры, объёмы, шиберы, системы откачки (в том числе криогенные) и другое вакуумное оборудование для электрофизических установок.
- ВЧ резонаторы и структуры для ускорителей заряженных частиц.
- Криогенная техника (баки, насосы, распределительные модули, трансферлинии).
- Промышленные ускорители ЭЛВ и ИЛУ.
- Мощные инжекторы ионов и нейтральных атомов для физики плазмы и УТС.
- Элементы детекторов заряженных частиц для физики высоких энергий.

Основные прикладные результаты и разработки, полученные с использованием объектов инфраструктуры в период с 2013 по 2015 гг.



### 1. Программа модернизации инжекционного комплекса LHC (CERN, Швейцария)

В рамках этой программы, в частности, построен Linac4 – новый линейный ускоритель ионов H- на энергию 160 МэВ.

Linac4 состоит из ускоряющих структур нескольких типов. ИЯФ СО РАН совместно с РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск в течение 2004-2014гг. разработали, изготовили и поставили в CERN 7 ускоряющих модулей CCDTL (Coupled Cavity Drift Tube Linac, линейный ускоритель с трубками дрейфа и ячейками связи) для ускорения частиц в диапазоне энергий от 50 до 104 МэВ.

В первой половине 2016г. была завершена установка модулей CCDTL в туннель Linac4. В июле 2016г. пучок Linac4 был успешно проведен через структуры CCDTL – на выходе получена проектная энергия 104 МэВ. В октябре 2016г. была выполнена проводка пучка (в режиме малого тока) и через финальную часть Linac4 (структуры PIMS) – на выходе получена проектная энергия 160.7 МэВ. К настоящему времени все параметры Linac4 доведены до проектных. 9 мая 2017 года в CERN состоялась официальная церемония инаугурации Linac4.

### 2. Проектирование, создание и запуск бустерного синхротрона для источника СИ NSLS-II в Брукхевене, США

В рамках заключенного в мае 2010 года ИЯФ СО РАН разработал и спроектировал бустерный синхротрон периметром 160 метров. В 2011 году заказчику были сданы первые серийные изделия. В 2012 году в BNL (Brookhaven National Laboratory, USA) был поставлен и собран весь бустер, сделанный в экспериментальном производстве ИЯФ СО РАН. В 2013 году сотрудники института занимались предпусковыми испытаниями всех систем и подсистем бустера. В 2014 году сотрудники ИЯФ СО РАН совместно с сотрудниками BNL успешно запустили бустер и ввели его в эксплуатацию.

### 2. Проектирование, создание и запуск инжекторов нейтральных атомов для установки C2-U (ТАЕ, США)

В течение этого времени, в частности, разработан инжектор нейтральных атомов с рекордными параметрами для современных установок для исследования горячей плазмы. Ионный источник позволяет получать рекордный ток протонов – до 175А в течение 10мс при энергии 15кэВ.

Разработанный источник ионов состоит из генератора плазмы и формирующей пучок сеточной системы триодного типа. Отличительной особенностью источника ионов является высокое содержание протонов в пучке (свыше 80%) и баллистическая фокусировка пучка за счет искривления сеток. В течение 2014 года в ИЯФ СО РАН было изготовлено 6 таких инжекторов нейтрального пучка по контракту с фирмой ТАЕ, США.

В начале 2016 года все 6 инжекторов были успешно запущены на установке C2-U (ТАЕ) и на них достигнуты проектные параметры пучков. В дальнейшем с их помощью было продемонстрировано устойчивое удержание пинча с обращенным полем в течение до





30мс, что является крупным шагом по развитию схемы термоядерного реактора, разрабатываемого ТАС.

#### **19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

1. Импульсный линейный ускоритель (ООО "Роник-ядерные и медицинские технологии", радиационная обработка кабельной продукции);
2. Испытательные стенды (Europen X-ray Free-Electron Laser Facility GmbH, стенды для магнитных измерений)
3. Поворотные магниты (EBG MedAustron GmbH, комплект поворотных магнитов для медицинского ускорителя)
4. Ускорители ЭЛВ (Guangdong Huasheng Electrical Appliances Co.,LTD., Китай; Shanxi Yiruidi Electrical Technology Co. Ltd., Китай; EB-TECH Co.,Ltd, Корея и др., ускорители для радиационно-технологических применений)
5. Магнитов НЕВТ (Facility for Antiproton and Ion Research GmbH, магнитные системы для ускоряющих структур)

## **ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Экспертная деятельность научных организаций**

#### **20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

ИЯФ СО РАН ведёт активную работу по экспертизе нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения. В период с 2013 по 2015 годы сотрудники Института проводили экспертную оценку:

1. Экспертиза проекта нового (предварительного) перечня критических технологий Российской Федерации, сформированного Межведомственной рабочей группой при Минобрнауки России в сопоставлении с действующим перечнем (Указ Президента РФ от 07.07.2011 г.).

Основание: письмо вице-президента РАН ак. С.М.Алдошина № 10011-18, обращение руководителя Отделения физических наук РАН ак. И.А.Щербакова.

В подготовке ответа (экспертизе проекта перечня КТ) принимали участие 7 сотрудников ИЯФ СО РАН:

- Скринский А.Н., и.о. директора;
- Кулипанов Г.Н., заместитель директора;



Тихонов Ю.А., заместитель директора;

Иванов А.А., заместитель директора;

Логачев П.В., заместитель директора;

Левичев Е.Б., заместитель директора;

Васильев А.В., ученый секретарь.

2. Экспертиза о системе регистрации. ДСП.

Основание: письмо главного конструктора ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина Петрова Д.В. №663-05/327дсп от 11.03.2015

В подготовке ответа (экспертизе) принимал участие 2 сотрудника ИЯФ СО РАН:

Блинов В.Е., зав. лабораторией;

Григорьев Д.Н., зав. сек. научного отдела.

## **Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций**

### **21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**

1. Изготовление системы электронного охлаждения Бустера ускорительного комплекса NICA (ОИЯИ, 2013-2016 гг.)

2. Разработка устройств для размещения аппаратных средств диагностических систем порт-плага верхнего порта № 02 ИТЭР (Частное учреждение "ИТЭР-Центр", 2015-2016гг.)

3. Создание опытного образца – стенда регистрирующей станции системы регистрации комплекса малоракурсной томографии (ФГУП "РФЯЦ - ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина", 2015 год)

4. Разработка устройств для размещения аппаратных средств диагностических систем порт-плага экваториального порта № 11 ИТЭР (Частное учреждение "ИТЭР-Центр", 2014-2016гг.)

5. Изготовление и поставка специального оборудования и комплектующих для модернизации и развития уникальной научной установки: Высоковольтный модулятор ВЧ клистрона (ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 2015 год)

6. Создание макета двухкадровой системы регистрации ЛИУ-2 (ФГУП "РФЯЦ - ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина", 2015 год)

7. Разработка, изготовление, монтаж и наладка ускорителя электронов ИЛУ-8 (ОАО "Завод "Чувашкабель", 2015-2016гг.)

8. Разработка, изготовление, монтаж и наладка ускорителя электронов ИЛУ-8 для радиационной технологической обработки проводов и кабелей (ОАО «ОКБ КП», 2012-2014гг.)



9. Развитие информационной системы АТЛАС-Грид, исследование характеристик калориметров при высоких нагрузках (ГНЦ ИФВЭ, 2013 год)

10. Создание второго модуля ВЧ генератора на частоту 100 МГц с выходной мощностью 180 кВт в непрерывном режиме (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2013 год)

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении  
организации в соответствующем научном направлении  
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации  
в соответствующем научном направлении, а также информация, которую ор-  
ганизация хочет сообщить о себе дополнительно**

Одной из отличительных особенностей Института является его активная и важная роль в организации и инфраструктурном обеспечении широкого спектра мультидисциплинарных исследований, выполняемых на базе уникальных установок и центров коллективного пользования Института. Яркие источники синхротронного и терагерцового излучения, интенсивные атомарные инжекторы, пучки электронов высокой мощности, нейтронные источники, методы ускорительной масс-спектрометрии создают мощную основу для естественно-научных методов исследования в области физики, химии, биологии, материаловедении, медицины, фармакологии, археологии и других областях науки, для технологических разработок. Возможности уникальных установок и центров коллективного пользования Института востребованы десятками российских и зарубежных (международных) организаций.

Практически с первых лет своего существования деятельность Института сочетала в себе как фундаментальные исследования, так и разработки, в том числе – для практического применения и социальной сферы. В середине 70-х годов прошлого века сначала на советском, а затем и на международном рынке появились промышленные ускорители разработки и производства Института. За прошедшие десятилетия институтом изготовлено и поставлено более двухсот таких ускорителей, что поставило институт в один ряд с компаниями - мировыми лидерами в области разработки и изготовления подобного оборудования для промышленности, медицины и других отраслей экономики. Также широко известны на рынке цифровые рентгеновские сканеры разработки и производства Института для медицинских приложений и систем безопасности, оборудование для центров протонной и ионной терапии онкологических заболеваний.

В настоящее время идёт формирование научного и научно-технологического задела для нового этапа развития Института, который мы связываем с разработкой и созданием нового поколения крупных научных установок класса мега-сайенс – нового ускорительного комплекса со встречными электрон-позитронными пучками (Супер Чарм-Тау фабрика), специализированного источника синхротронного излучения, новой установки для



исследования физики высокотемпературной плазмы – газодинамической многопробочной ловушки (ГДМЛ). Результаты, которые могут быть получены на этих установках, не только будут, несомненно, соответствовать мировому уровню, но и будут определять этот уровень и вектор развития мировой науки в ближайшие десятилетия.

ФИО руководителя \_\_\_\_\_ **П.В. Логачев**

Подпись \_\_\_\_\_

Дата **23 МАЙ 2017**

