

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

# **СЕМИЛЕТНИЙ ПЛАН РАЗВИТИЯ ОИЯИ НА 2010–2016 ГОДЫ**

(утвержден Комитетом Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ на сессии, состоявшейся 19–21 ноября 2009 года)

**Дубна 2009**



## Содержание

Введение .....	3
Физика элементарных частиц и тяжелых ионов высоких энергий.....	4
Ядерная физика .....	10
Физика конденсированных сред .....	15
Теоретическая физика .....	21
Информационные технологии.....	23
Образование .....	25
Развитие инженерной инфраструктуры.....	26
Инновационная деятельность .....	29
Кадровая и социальная политика .....	31
Финансовое обеспечение .....	34

Под общей редакцией А.Н. Сисакяна, М.Г. Иткиса, Р. Ледницкого.

Авторы-составители: В.А. Бедняков, А.В. Белушкин, В.В. Воронов, С.Н. Дмитриев,  
В.В. Иванов, В.В. Катрасев, В.Д. Кекелидзе, Е.А. Красавин, С.Н. Неделько,  
А.Г. Ольшевский, Д.В. Пешехонов, А.Г. Попеко, А.В. Рузаев, Н.А. Русакович,  
Е.А. Строковский, Т.А. Стриж, Д.В. Фурсаев, В.Н. Швецов, Г.Д. Ширков.

Фото: П.Е. Колесов, Е.В. Пузынина, Ю.А. Туманов.

## Введение

Семилетний план развития Объединенного института ядерных исследований на 2010–2016 гг. разработан по инициативе дирекции ОИЯИ, поддержанной Ученым советом Института и Комитетом Полномочных Представителей государств-членов ОИЯИ, в соответствии с ключевыми положениями стратегического плана развития ОИЯИ — «дорожной карты» (JINR Road Map updated, издание ОИЯИ 11-8396, 2008).

Концепция семилетнего плана основана на концентрации ресурсов для обновления ускорительной и реакторной базы Института. Ключевыми элементами качественного усовершенствования исследовательской инфраструктуры являются следующие базовые установки:

– ионный коллайдер NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) для исследований в области физики тяжелых ионов высоких энергий. В результате осуществления проекта будет создан уникальный ускорительный комплекс — каскад ускорителей, который позволит развернуть богатейшую программу фундаментальных физических исследований в области недоступных на сегодняшний день энергий и масс взаимодействующих частиц;

– комплекс циклотронов DRIBs-III (Dubna Radioactive Ion Beams) для поиска новых сверхтяжелых элементов таблицы Менделеева, исследования свойств радиоактивных и экзотических нейтроноизбыточных ядер;

– модернизированный реактор ИБР-2М для исследований в области физики конденсированного состояния вещества и, в особенности, наносистем и нанотехнологий.

Объединенный институт ядерных исследований — международная научная организация, открытая для сотрудничества со всеми странами мира. Одной из целей настоящей публикации является широкое распространение информации об уникальных базовых установках Института и их последующей интеграции в единую европейскую исследовательскую инфраструктуру (European Roadmap for Research Infrastructures).

## Физика элементарных частиц и тяжелых ионов высоких энергий

В соответствии с «дорожной картой» ОИЯИ исследования в области современной физики элементарных частиц и тяжелых ионов высоких энергий можно разделить на четыре взаимосвязанных направления — исследования на основе увеличения энергии ускорителей (энергетический рубеж), исследования на основе увеличения интенсивностей ускорителей (рубеж интенсивности), увеличение точности неускорительных исследований (рубеж точности) и исследования по астрофизике частиц (космический рубеж). Исходя из этих направлений современного развития физики элементарных частиц и ядерной физики ОИЯИ сосредотачивает свои усилия в рамках нового семилетнего плана в следующих основных областях:

1. Исследования по физике элементарных частиц, в том числе по физике нейтрино и редких процессов (рубежи энергетический, интенсивности, точности и космический), с целью раздвижения горизонта стандартной модели (СМ) и установления новых фундаментальных закономерностей;

2. Исследования по физике тяжелых ионов высоких энергий (рубежи энергетический и интенсивности) с целью установления уникальных свойств адронной материи в условиях фазовых переходов между кварковыми и адронными состояниями вещества;

3. Разработка детектирующих систем и ускорительных комплексов нового поколения, теоретическая поддержка ведущихся и планируемых экспериментальных исследований, развитие и поддержка высокоэффективных коммуникационно-вычислительных средств ОИЯИ с целью всестороннего обеспечения поставленных перед ОИЯИ задач семилетнего плана.

Выполнение нового семилетнего плана ОИЯИ по физике элементарных частиц и тяжелых ионов высоких энергий будет осуществляться силами четырех лабораторий ОИЯИ (ЛФВЭ, ЛЯП, ЛИТ и ЛТФ) как на собственной ускорительной базе, включающей ускоритель **Нуклотрон-М** и коллайдер **НИСА**, так и в рамках международных партнерских программ исследований на уникальных ускорительных комплексах мира, таких как Тэватрон (FNAL), RHIC (BNL), LHC и SPS (ЦЕРН), FAIR (GSI), в экспериментах, где вклад сотрудников ОИЯИ носит существенный характер.

ОИЯИ также участвует в работах по созданию ускорителя и детекторов в рамках проекта Международного линейного коллайдера (**ILC**). Район города Дубны признан одним из пяти официальных кандидатов на размещение коллайдера. Естественным продолжением этих усилий является участие в разработках детекторов и в подготовке программы физических исследований для ILC. ЛФВЭ и ЛЯП планируют продолжить разработку элементов лазера на свободных электронах, прототипа фотоинжектора ILC (в коллаборации с DESY, КЕК и ИПФ РАН), проектирование криогенных модулей четвертого поколения, радиочастотной и диагностической систем, встроенного оборудования, лазерного метрологического комплекса, технологии сварки взрывом элементов холодной структуры (совместно с ВНИИЭФ (Саров)), а также завершить создание испытательного стенда ЛИНАК-800 с электронными пучками. Группы сотрудников ОИЯИ включились в работы в рамках международных проектов **FLASH** и **XFEL**. Планируется участие в разработке диагностических систем сверхкоротких сгустков пучков в линейном ускорителе, экспериментальных исследованиях когерентного излучения, разработке блоков диагностики рентгеновского излучения, диагностике больших криогенных систем.

В **Лаборатории физики высоких энергий** в 2010–2016 гг. сохранятся основные направления исследований по физике тяжелых ионов высоких энергий и актуальным проблемам физики элементарных частиц, связанным с исследованием спиновой структуры нуклонов, проверкой стандартной модели, поиском новой физики и CP-нарушением. **Лаборатория ядерных проблем** в этот же период также продолжит свои

исследования по физике элементарных частиц, в том числе в традиционной для ОИЯИ области физики нейтрино и редких процессов, а также примет участие в создании базовых установок ОИЯИ.

**Исследования по физике тяжелых ионов высоких энергий в ОИЯИ** будут проводиться на ускорительном комплексе ЛФВЭ (Нуклотроне-М и NICA), создание которого является первоочередной задачей данной лаборатории. На этом комплексе в рамках проекта **MPD** будут проводиться исследование свойств горячей и плотной адронной материи, поиски так называемой «смешанной фазы», то есть смеси кварк-глюонного и адронного состояний, а также поиск возможного фазового перехода при энергии сталкивающихся частиц до  $\sqrt{s_{NN}}=11$  ГэВ.

Степень участия сотрудников ОИЯИ в исследованиях **по физике тяжелых ионов высоких энергий в ускорительных центрах мира** будет определяться ходом работ по проекту NICA/MPD и появляющимися возможностями для работы на ускорительном комплексе **Нуклотрон-М/NICA**. В то же время сотрудники ЛФВЭ примут участие в изучении свойств ядерной материи в состояниях с экстремально высокой плотностью и температурой, поиске проявлений деконфайнмента кварков и возможных фазовых переходов в рамках совместных исследований по физике тяжелых ионов в экспериментах **STAR** на коллайдере RHIC (BNL), **NA61** (SPS) и **ALICE** (LHC, ЦЕРН).

В рамках проекта **ФАЗА** на **Нуклотроне-М** до 2011–2012 гг. планируется исследование процессов множественной эмиссии ядерных фрагментов промежуточной массы с помощью пучков релятивистских легких ионов. Предполагается установить механизм мультифрагментации и получить информацию о ядерных фазовых переходах типа «жидкость-туман» и «жидкость-газ».

Изучение столкновений тяжелых ядер при энергиях до 2 ГэВ на нуклон путем регистрации лептонных пар проводится сотрудниками ЛФВЭ на ускорителе **SIS-18** (GSI) с помощью широкоапертурного спектрометра **HADES**. После запуска нового ускорителя **SIS-100** планируется продолжение работы экспериментальной установки **HADES** при энергиях этого ускорителя (~10 ГэВ на нуклон).

Установка **СВМ** создается в GSI для исследования взаимодействий тяжелых ионов высоких энергий в новом международном ускорительном центре **FAIR** (Facility for Antiproton and Ion Research) в Дармштадте (Германия). Целью создаваемого экспериментального комплекса СВМ является проведение исследований по программе поиска и исследования смешанной фазы в «fixed target» постановке эксперимента. Эксперименты на СВМ являются дополнительными по отношению к исследованиям на установке MPD коллайдера NICA. Группа из ОИЯИ принимает участие в разработке и создании части трековых детекторов для установки СВМ, активно участвует в моделировании ее элементов и разработке физической программы.

Цель проекта **ТЕРМАЛИЗАЦИЯ**, проводимого на модернизированной установке СВД, состоит в исследовании коллективного поведения вторичных частиц, образованных в pp-взаимодействии при энергии протонов 70 ГэВ (Протвино). Программа исследований включает измерение парциальных сечений pp-взаимодействий при высоком числе вторичных заряженных частиц; исследование многочастичных корреляций, поиск сигналов турбулентности возбужденной адронной материи и т.п. Окончание проекта планируется в 2011 году.

**Исследования спиновой структуры нуклонов** будут проводиться сотрудниками ОИЯИ на ускорительном комплексе ЛФВЭ, а также в ЦЕРН и BNL. В ЛФВЭ планируется проведение экспериментов на выведенных поляризованных пучках Нуклотрона-М, в том числе с использованием передвижной поляризованной мишени. Эти исследования связаны с подготовкой спиновой программы проекта NICA и заключаются в создании эффективной поляриметрии, в развитии техники поляризованных мишеней и источников поляризованных частиц. В период до 2012 года в рамках этой программы

предполагается проведение исследований по измерению поляризационных наблюдаемых на установках **DSS** и **ALPOM-2**.

Задача планируемого совместно с RIKEN эксперимента **DSS** состоит в измерении спин-зависимых наблюдаемых реакции  ${}^3\text{He}(d,p){}^4\text{He}$  при энергиях  $T_d=1,0-1,75$  ГэВ. В эксперименте будет использоваться пучок поляризованных дейтронов Нуклотрона и поляризованная  ${}^3\text{He}$ -мишень, изготовленная в CNS (Япония). Целью проекта **ALPOM-2** является измерение анализирующей способности в реакции  $p+\text{CH}_2$  при импульсах поляризованного протонного пучка от 3 до 6 ГэВ. Такие данные необходимы для планируемых экспериментов по измерению поляризационным методом отношения электрического и магнитного формфакторов нуклона при больших передачах 4-импульса.

Изучение структуры адронов и адронная спектроскопия с использованием высокоинтенсивных пучков мюонов и адронов является задачей эксперимента **COMPASS** (ЦЕРН, SPS). Группа ОИЯИ примет участие в измерении обобщенных партонных распределений, в исследовании процессов Матвеева-Мурадяна-Тавхелидзе-Дрелла-Яна (ММТДЯ), а также в изучении продольной и поперечной спиновой структуры нуклона. В 2010–2016 гг. планируется участие ОИЯИ в наборе, обработке и анализе данных. Научная программа эксперимента **COMPASS** будет продолжена на ускорительном комплексе **NICA** в рамках проекта **SPD**, предполагаемый пуск которого состоится в 2016–2017 гг.

Целью спиновой программы проекта **STAR** является измерение спин-зависимых структурных функций нуклонов и ядер с использованием поляризованных пучков ускорителя **RHIC** (BNL). Группа ОИЯИ планирует продолжить участие в данной программе эксперимента **STAR** до ввода в эксплуатацию детектора **SPD** на установке **NICA**.

Сотрудники ЛЯП ОИЯИ принимают участие в экспериментах по проверке метода поляризации антипротонов, проводимых в настоящее время на установках **COSY** (Юлих) и **AD** (ЦЕРН). В случае успеха будет разрабатываться проект **PAX** по исследованиям в области спиновой физики на **FAIR**.

Важнейшими направлениями деятельности ОИЯИ на ближайшие 7 лет в области физики элементарных частиц являются **проверка стандартной модели, поиск проявлений новой физики за ее рамками и изучение нарушений фундаментальных симметрий**. Эти исследования уже проводятся и будут проводиться сотрудниками ЛЯП и ЛФВЭ в рамках международных программ исследований на крупнейших ускорительных комплексах мира в экспериментах, где вклад сотрудников ОИЯИ носит существенный или определяющий характер. Таковыми в настоящее время являются эксперименты на ускорителе со встречными протон-антипротонными пучками Тэватроне (**FNAL**), где ученые ЛЯП, участвуя в экспериментах с детекторами **CDF** и **D0**, уже получили физические результаты фундаментального значения. Анализ данных с этого коллайдера продлится до 2012 года. Опыт, приобретенный сотрудниками ОИЯИ в этих экспериментах, крайне важен для эффективного участия ОИЯИ в будущих экспериментах на **LHC**.

Безусловно, новая эра фундаментальных исследований в области физики элементарных частиц открывается с запуском коллайдера **LHC** (ЦЕРН). Сотрудники ЛЯП, ЛТФ, ЛИТ и ЛФВЭ примут участие в проведении экспериментов **ATLAS** и **CMS** на **LHC**. Оба этих эксперимента нацелены на прецизионные измерения многих возможных (известных и неизвестных) продуктов взаимодействия протонов при рекордной энергии в системе центра масс 14 ТэВ. В проекте **ATLAS** предполагается изучение протон-протонных взаимодействий с максимальным использованием уникальных возможностей **LHC** для исследования разнообразных физических процессов с целью проверки предсказаний стандартной модели и поиска явлений за ее пределами. Сотрудники ОИЯИ принимают участие в работах по ряду основных физических задач (топ-кварк, поиск бозона Хиггса, суперсимметрии и других проявлений новой физики) и отвечают за

функционирование ключевых подсистем экспериментальной установки. ОИЯИ участвует в проекте **CMS** в составе коллаборации России и стран-участниц ОИЯИ (RDMS CMS). RDMS несет полную ответственность за торцевые адронные калориметры и передние мюонные станции. В 2010–2016 гг. группа ОИЯИ примет участие в наборе данных, мониторинговании состояния детекторных систем, обеспечении их функционирования, обработке и анализе данных с целью проверки стандартной модели в процессах ММТДЯ и поиске проявлений новой физики. Будут проведены исследования по КХД, изучены струйные события, измерены их сечения и уточнены структурные функции глюонов. Планируется также участие сотрудников ОИЯИ в изучении рождения массивных состояний (калибровочные бозоны, бозон Хиггса).

На ускорителе **PS** (ЦЕРН) в рамках проекта **DIRAC** ученые ЛЯП продолжают изучение параметров КХД при низких энергиях, обусловленных нарушением киральной симметрии. Планируется рассмотреть возможность улучшения качества измерений с помощью пучка SPS и завершение этих исследований в 2014 году.

**Исследования нарушения комбинированной четности (CP)** в настоящее время крайне существенны для понимания характера CP-нарушения в рамках СМ. На пучке SPS (ЦЕРН) сотрудники ЛФВЭ в рамках проекта **NA62** продолжают серию прецизионных экспериментов по изучению характеристик каонных распадов, в том числе и прямого CP-нарушения в них. Установка NA62 предназначена для регистрации редкого распада заряженного каона на заряженный пион и два нейтрино, измерение вероятности которого позволит существенно уточнить параметры матрицы смешивания кварков (Кабиббо-Кобаяши-Маскава) и, возможно, обнаружить проявление новой физики. Задачи группы ОИЯИ в 2010–2016 гг. состоят в создании (совместно с ЦЕРН) трекового детектора нового типа, в развитии программного обеспечения как для реконструкции треков в детекторе, так и для всего эксперимента NA62, а также в участии в наборе, обработке и анализе экспериментальных данных.

Полученные с участием ЛЯП в эксперименте E391a (КЕК) результаты анализа распада нейтрального каона на пион и нейтрино-антинейтринную пару позволяют считать, что продолжение этих исследований на более высоком уровне точности ведет к новому пониманию эффекта CP-нарушения. Сотрудники ЛЯП продолжают эти работы в экспериментах **KLOE** в ИФВЭ (Протвино) и NA62 в ЦЕРН.

**Прецизионное изучение редких распадов мюонов и пионов** позволит проверить стандартную модель электрослабых взаимодействий и  $\mu$ -e-универсальность. Предлагается провести поиск распада  $\mu^+$  на  $e^+\gamma$ , в котором нарушается закон сохранения лептонного числа (проект MEG). Современные расширения СМ допускают процессы с нарушением лептонного аромата, такие как распад  $\mu^+$  на  $e^+\gamma$ . Предлагаемый эксперимент с относительной точностью  $10^{-14}$  (по отношению к основной схеме распада) на ускорителе PSI дает хорошую возможность получить первые указания на существование новой физики за пределами СМ.

Поиск проявлений поляризованной скрытой странности нуклонов в рождении  $\phi$ - и  $\omega$ -мезонов в протон-протонных и нейтрон-протонных взаимодействиях является основной целью проекта **HyperNIS** на **Нуклотроне-М**. Характеристики пучков Нуклотрона-М дают уникальные возможности для поиска гиперъядер и исследования их свойств. Основной задачей в ближайшее время является поиск нейтроноизбыточных гиперъядер  ${}^6_{\Lambda} \text{H}$  на пучке  ${}^7\text{Li}$ . Завершение исследований планируется в 2015 году.

ОИЯИ активно участвует в работах по ускорителю и детекторам на комплексе **FAIR**. Физическая программа комплекса FAIR включает в себя широкий спектр задач, которые затрагивают ключевые аспекты сильных взаимодействий и КХД. Антипротонный пучок в области от 1 до 15 ГэВ/с позволит в эксперименте **PANDA** проводить прецизионные измерения в области спектроскопии чармония и очарованных адронов, поиск экзотических адронов и исследования влияния плотной адронной среды на характер модификации массы адронов.



В планах Института на ближайшие 7 лет участие в эксперименте PANDA: создание мюонной системы, сверхпроводящего соленоида и кварцевых радиаторов. Предполагается, что основная часть работ ОИЯИ по проекту FAIR будет финансироваться в рамках соглашения между Россией и коллаборацией FAIR.

**Физика нейтрино и редких процессов** открывает уникальные возможности для изучения фундаментальных, ключевых вопросов современной физики элементарных частиц. **Изучение процессов двойного бета-распада**, являясь одним из высших приоритетов ЛЯП, будет проводиться в рамках проектов NEMO, GERDA–MAJORANA и Super-NEMO. К 2016 году с использованием  $^{82}\text{Se}$  планируется достичь ограничения на эффективную массу нейтрино  $m_\nu < 0,04\text{--}0,11$  эВ. Главная задача эксперимента GERDA — поиск безнейтринного двойного бета-распада  $^{76}\text{Ge}$ . Установка GERDA будет содержать чистые германиевые детекторы (обогащенные  $^{76}\text{Ge}$ ), погруженные в жидкий аргон. Эксперимент будет проводиться в подземной лаборатории Гран-Сассо (Италия).

Наблюдения **осцилляции нейтрино** означают наличие массы у нейтрино и несохранение лептонного аромата. ЛЯП принимает участие в лидирующих экспериментах по осцилляции нейтрино, таких как эксперимент OPERA (Гран-Сассо), задача которого — обнаружение тау-нейтрино в пучке мюонных нейтрино из ЦЕРН, и эксперимент с реакторными нейтрино Daya Bay.

С помощью спектрометра GEMMA, установленного на Калининской АЭС, проводятся прецизионные эксперименты по измерению **магнитного момента нейтрино**. Уникальные параметры этой установки позволяют уже в 2009 году получить рекордную чувствительность на уровне  $3,5 \cdot 10^{-11}$  мВ. В конце 2010 года вступит в строй новый детектор GEMMA-2 для работы с более интенсивным нейтринным потоком от реактора. В течение 2010–2012 гг. на этом детекторе планируется достичь чувствительности к магнитному моменту нейтрино на уровне  $(9\text{--}7) \cdot 10^{-12}$  мВ.

ЛЯП принимает участие в изучении **космических лучей ультравысоких энергий** (проекты TUS, NUCLEON и «Байкал»), экспериментах по прямому и косвенному **поиску темной материи** (проекты EDELWEISS и «Байкал»). Прямое наблюдение взаимодействия слабозаимодействующих массивных частиц (WIMP) в наземном детекторе стало бы событием огромной важности для физики частиц и космологии. Коллаборация EDELWEISS ведет поиск такой темной материи с помощью криогенных детекторов. Свое дальнейшее развитие эксперимент EDELWEISS получит в рамках проекта EURECA (European Underground Rare Event Calorimeter Array), целью которого является поиск частиц темной материи на беспрецедентном уровне точности с помощью детектора массой до 1 т. Планируется начать эксперимент EURECA в 2015 году.

Для реализации амбициозной программы ОИЯИ в области физики элементарных частиц и, в особенности, в области физики тяжелых ионов высоких энергий в ОИЯИ будет создан специализированный **Ускорительный комплекс ЛФВЭ**, оснащенный соответствующего уровня детектирующими системами. С этой целью подготовлен проект коллайдера NICA, предусматривающий создание ускорительной базы и инфраструктуры, необходимой для реализации главной физической задачи, стоящей перед ЛФВЭ, — проведения экспериментальных исследований по изучению адронной (сильнозимодействующей) материи и ее фазовых превращений.

Основной задачей проекта является создание на базе Нуклотрона-М ускорительного комплекса NICA, позволяющего проводить исследования на встречных пучках высокоинтенсивных ионов (вплоть до  $\text{Au}^{+79}$ ) при средней светимости  $L=10^{27}$  см $^{-2}$ ·с $^{-1}$  в диапазоне энергии  $\sqrt{s_{\text{NN}}}=4\text{--}11$  ГэВ, а также на пучках поляризованных протонов ( $\sqrt{s_{\text{NN}}}$  до 20 ГэВ) и дейтронов ( $\sqrt{s_{\text{NN}}}$  до 12 ГэВ) с продольной и поперечной поляризацией и на выведенных пучках ионов, поляризованных протонов и дейтронов.

Для этого необходимо создание источника высокозарядных тяжелых ионов, сооружение линейного ускорителя-инжектора, бустерного синхротрона и двух

сверхпроводящих накопительных колец, а затем — объединение разработанных систем и существующего ускорителя Нуклотрона-М в единый комплекс с обеспечением не менее двух точек пересечения пучков. Сооружение комплекса Нуклотрон-М предполагается завершить в 2011 году. Запуск ускорительного комплекса NICA планируется произвести в 2015 году.

Для эффективного использования возможностей ускорительного комплекса NICA необходимо создание в ОИЯИ адекватных детектирующих установок. Такими экспериментальными установками будут детекторы **MPD** и **SPD** в ЛФВЭ.

Цель проекта **MPD** — эксперименты по изучению сильного взаимодействия в горячей и плотной адронной материи, поиск образования «смешанной фазы» такой материи. Концепция установки **MPD** предполагает размещение центрального комплекса регистрирующей аппаратуры в соленоидальном магнитном поле и двух форвард-детекторов за его пределами. Группа ЛЯП планирует взять ответственность за создание высокоэффективного компактного электромагнитного калориметра.

Установка **SPD** создается в ЛФВЭ для реализации второй части научной программы на коллайдере NICA по исследованию столкновений встречных пучков легких ионов и пучков поляризованных протонов и дейтронов. Это позволит на качественно новом уровне продолжить традиционные исследования спиновой структуры нуклонов в ОИЯИ.

Реализация поставленной перед ЛФВЭ задачи по созданию ускорительного комплекса NICA и установок **MPD** и **SPD** требует концентрации существенных ресурсов на эту задачу и оптимизации/минимизации финансирования по остальным проектам, ведущимся в ЛФВЭ в рамках существующих обязательств ОИЯИ.

#### **Финансирование (тыс. долл. США)\***

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Нуклотрон+NICA	10 900	25 100	26 700	26 300	6 200	6 600	8 200
Детектор MPD	2 100	4 600	8 100	7 600	5 100	650	650
Детектор SPD	130	550	750	850	1 050	1 600	2 700
Эксперименты на пучках Нуклотрона	165	175	175	175	155	125	90
Физика нейтрино и редких процессов	800	1 300	1 800	2 300	2 300	2 300	2 300
Эксперименты на внешних ускорителях	2 300	2 450	2 450	2 500	3 200	3 700	3 700
<b>Итого</b>	<b>16 395</b>	<b>34 175</b>	<b>39 975</b>	<b>39 725</b>	<b>18 005</b>	<b>14 975</b>	<b>17 640</b>

\* Финансирование, представленное в таблицах Плана, не включает в себя расходы на заработную плату, электропотребление и инфраструктуру.

## Ядерная физика

В соответствии с «дорожной картой» ОИЯИ в 2010–2016 гг. сохранятся следующие основные направления исследований в области ядерной физики низких и промежуточных энергий: синтез и изучение физических и химических свойств сверхтяжелых элементов с использованием тяжелых ионов, фундаментальные исследования с нейтронами, прикладные исследования.

Уникальные возможности ускорителей тяжелых ионов ОИЯИ и экспериментальных установок обусловили создание широких международных коллабораций с научными центрами стран-участниц ОИЯИ, а также с научными центрами в других странах, ориентирующихся на проведение исследований в Дубне.

### 1. Эксперименты на ускорителях ЛЯР

#### Синтез и изучение ядерно-физических свойств сверхтяжелых элементов

В 2010–2016 гг. усилия будут концентрироваться на дальнейшем, более детальном изучении уже открытых изотопов сверхтяжелых элементов, а также на поиске новых методов синтеза более тяжелых элементов. Значительное внимание будет уделено синтезу элемента с  $Z=117$ . Планируются как эксперименты по изучению ядерно-физических свойств новых изотопов, так и эксперименты по изучению химических свойств сверхтяжелых элементов с  $Z=111, 113$  и, возможно,  $115$  и  $117$ .

#### Изучение характеристик спонтанного и вынужденного деления ядер

Механизмы образования и распада тяжелых и сверхтяжелых ядер в реакциях с тяжелыми ионами будут исследоваться на спектрометрах, позволяющих изучать массово-энергетические распределения осколков деления, предравновесные до- и послеразрывные нейтроны, а также множественности и энергии  $\gamma$ -квантов.

#### Масс- и ядерная спектрометрия изотопов тяжелых и трансфермиевых элементов

Для прецизионного измерения масс и изучения физических и химических свойств этих элементов будет использован сепаратор MASHA на пучке модернизированного циклотрона У400М. Будет продолжена реализация проекта GABRIELA по  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -спектроскопии трансфермиевых изотопов.

#### Изучение механизмов реакций со стабильными и радиоактивными ядрами

Регулярные эксперименты с ускоренными ионами радиоактивных изотопов, полученными на комплексе DRIBs (Dubna Radioactive Ion Beams), начались в декабре 2004 года. Эти эксперименты будут продолжены на установках, оборудованных криогенными мишенями и многопараметрическими детектирующими системами.

Для полномасштабной реализации научных планов подготовлен проект DRIBs-III, включающий в себя модернизацию существующих ускорителей и экспериментальных установок, создание высокоэффективных экспериментальных установок нового поколения, создание новых экспериментальных площадей и универсального ускорителя для получения высокоинтенсивных пучков ионов как стабильных, так и радиоактивных изотопов.

### 2. Ускорительный комплекс DRIBs-III

Целью проекта является расширение набора ускоряемых ионов как стабильных, так и радиоактивных изотопов, существенное повышение интенсивности и качества пучков. Реализация проекта DRIBs-III предусматривает:

- завершение модернизации циклотронов У400, У400М;
- создание нового экспериментального зала ЛЯР;
- создание экспериментальных установок нового поколения;
- создание высокоинтенсивного универсального ускорителя тяжелых ионов.

### 3. Создание нового экспериментального зала ЛЯР

Планируется строительство нового экспериментального зала площадью  $\approx 2500\text{м}^2$ . Он будет использован для работы с пучками радиоактивных и экзотических ядер и размещения новых экспериментальных установок, в том числе установок из других исследовательских центров.

#### Финансирование (тыс. долл. США)

Работы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Модернизация действующих ускорителей тяжелых ионов:							
комплектация оборудования и изготовление систем У400Р	2 000						
монтаж, наладка систем, запуск У400Р		1 000					
Поддержка экспериментов							
	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Создание нового экспериментального зала ЛЯР:							
техническое задание, проект	1 000						
строительные работы		5 000	5 000				
галерея, каналы пучков				2 000			
Разработка и создание экспериментальных устройств постоянного действия:							
физические и химические сепараторы, системы сбора и транспорта продуктов реакций, радиохимическая лаборатория II класса и др.	1 000	3 000	2 000	2 000	3 000	2 000	2 000
Создание высокоинтенсивного ускорителя тяжелых ионов ( $A \leq 100$ , $E \leq 10$ МэВ·А, $I \geq 10$ мкА·ч):							
техническое задание, проект		1 000					
изготовление			3 000	6 000	10 000		
монтаж, каналы пучков, запуск					2 000		
<b>Итого</b>	<b>5 000</b>	<b>11 000</b>	<b>11 000</b>	<b>11 000</b>	<b>16 000</b>	<b>3 000</b>	<b>3 000</b>

#### **4. Создание экспериментальных установок длительного действия**

В Лаборатории ядерных реакций начато проектирование следующих экспериментальных установок:

- универсальный газонаполненный сепаратор для синтеза и изучения свойств сверхтяжелых элементов;
- криогенный детектор для изучения химических свойств сверхтяжелых элементов;
- пресепаратор для радиохимических и масс-спектрометрических исследований;
- системы сбора и получения однозарядных ионов в газовой среде (gas catcher) для масс-спектрометрии и получения радиоактивных ядер для комплекса DRIBs;
- радиохимическая лаборатория II класса;
- сепаратор радиоактивных нейтронообогащенных ядер для DRIBs;
- универсальный спектрометр для изучения реакций, вызываемых экзотическими ядрами на пучке сепаратора;
- широкоапертурный спектрометр осколков спонтанного и вынужденного деления ядер;
- электромагнитный сепаратор для изучения реакций с пучками комплекса DRIBs;
- система детектирования мгновенных нейтронов для комплекса DRIBs;
- детекторы гамма-квантов.

Все представляемые проекты находятся в высокой степени проработки, и их реализация может быть начата через 1–3 месяца после принятия решения о финансировании.

#### **5. Создание высокоинтенсивного ускорителя тяжелых ионов**

Новый ускоритель значительно расширит возможности существующего ускорительного комплекса ЛЯР и будет обеспечивать высокоинтенсивными пучками ускоренных тяжелых ионов средних масс экспериментальные установки в новом экспериментальном зале ЛЯР. На основании проведенного анализа выбран ускоритель циклического типа — циклотрон DC200. Подготовлены технические условия, задание и начато проектирование ускорителя. Новый циклотрон будет обеспечивать ускорение ионов от углерода до ксенона до энергий 5–10 МэВ/нуклон с возможностью ступенчатой и плавной вариации. Для ионов с массами  $A < 90$  интенсивность пучков должна быть не ниже  $5 \cdot 10^{13}$  1/с.

Таким образом, модернизация действующих ускорителей (У-400, У 400М) и создание нового циклического ускорителя обеспечит возможность проведения экспериментов с ускоренными ионами от дейтерия до урана в широком диапазоне энергий.

Реализация программы научных исследований Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова на период 2010–2016 гг. на базе ускорительного комплекса DRIBs-III позволит расширить тематику решаемых задач, синтезировать новые сверхтяжелые элементы и обеспечит ОИЯИ сохранение лидирующего положения на главных направлениях ядерно-физических исследований с тяжелыми ионами низких и промежуточных энергий на ближайшие 25–30 лет.

#### **6. Нейтронная ядерная физика**

Традиционные исследования ОИЯИ в области нейтронной ядерной физики будут выведены на новый уровень благодаря высокому разрешению нового источника нейтронов — установки ИРЕН, которая будет в течение планового периода развиваться. Основная задача развития первой очереди установки ИРЕН — достижение проектных параметров ускорителя ЛУЭ-200 и обеспечение стабильной работы на физический эксперимент.

### План развития установки ИРЕН

**2009 г.:** начало работы в двухсменном режиме с мощностью пучка 1,4 кВт (частота 50 Гц, длительность импульса по быстрым нейтронам 200 нс, средняя энергия электронов 50 МэВ, импульсный ток 2,8 А, выход нейтронов  $10^{12} \text{ с}^{-1}$ ).

**2010 г.:** развитие радиочастотной системы с новым клистроном. Это позволит увеличить мощность пучка примерно в 2 раза за счет увеличения средней энергии электронов и увеличить выход нейтронов примерно до  $3 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ .

**2011–2012 гг.:** дальнейшее развитие радиочастотной системы и начало работы со второй ускоряющей секцией. Это позволит довести энергию ускоренных электронов до проектного значения 200 МэВ и мощность пучка до 5,5 кВт, при этом выход нейтронов ожидается на уровне  $7 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ .

**2012–2015 гг.:** модернизация модуляторов с целью увеличения частоты до проектного значения 150 Гц. Разработка и создание неразмножающей урановой мишени. Доведение мощности пучка до 10–15 кВт и обеспечение выхода нейтронов с мишени на уровне нескольких единиц на  $10^{13} \text{ с}^{-1}$ , что поставит установку ИРЕН в один ряд с наиболее интенсивными источниками нейтронов данного типа.

### Финансирование (тыс. долл. США)

Работы по развитию ИРЕН	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Техническое обслуживание и эксплуатация	70	130	200	250	350	350	400
Совершенствование радиочастотной системы	200						
Дальнейшее совершенствование радиочастотной системы, сборка второго модулятора и ускорительной секции		320	100				
Модернизация модуляторов, разработка и создание неразмножающей урановой мишени			360	670	670	580	400
Развитие систем установки, экспериментальной и инженерной инфраструктуры	70	180	220	200	250	300	730
<b>Итого</b>	<b>340</b>	<b>630</b>	<b>880</b>	<b>1 120</b>	<b>1 270</b>	<b>1 230</b>	<b>1 530</b>

### Нейтронные эксперименты

Также будут проводиться эксперименты на реакторе ИБР-2М — в основном это работы, для которых необходимы более высокие потоки нейтронов, на установке ЭГ-5 — эксперименты с быстрыми нейтронами, низкофоновые измерения и прикладные исследования, а также на внешних источниках нейтронов.

Работы будут проводиться по трем основным направлениям:

- (1) фундаментальные исследования ядерных реакций под действием нейтрона,**
- (2) исследования фундаментальных свойств нейтрона и физика УХН,**
- (3) прикладные и методические работы.**

### (1) Фундаментальные исследования ядерных реакций под действием нейтрона

Проведение первых экспериментов на ИРЕН	2009 г.
Уточнение константы слабого взаимодействия в экспериментах по измерению нарушения Р-четности. Определение величины асимметрии на уровне $10^{-8}$	2012 г.
Поиск редких мод деления ядер. Определение вероятностей экзотических мод распада	2013–2014 гг.
Получение полных, парциальных и дифференциальных сечений (n,p)-, (n, $\alpha$ )-реакций на различных изотопах	2010–2016 гг.
Поиск нейтронных резонансов с различной структурой волновых функций, для разных изотопов	2012–2016 гг.
Поиск синглетного состояния дейтрона. Определение его времени жизни или установление верхнего предела	2012 г.
Получение ядерных данных для реакторных и конструкционных материалов	2012–2016 гг.

### (2) Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН

Прямое определение амплитуды n-n-рассеяния с точностью 5–10%	2012 г.
Изучение эффекта ускоренного вещества, в том числе в опыте с гигантским ускорением $10^5$ g	2013 г.
Проверка слабого принципа эквивалентности для нейтрона с точностью на первом этапе $10^{-4}$ и перспективой $10^{-5}$	2014–2016 гг.
Измерение дважды дифференциальных сечений рассеяния УХН, ОХН на нанообразованиях. Разработка источников УХН нового типа	2015–2016 гг.
Измерение длины n,e-рассеяния новыми методами. Определение длины n,e-рассеяния с точностью $\sim 2$ –3%	2012 г.

### (3) Прикладные и методические работы

Создание детекторной системы для гамма-активационного анализа на ИРЕН. Проведение экспериментов	2010/ 2011–2016 гг.
Создание стенда прикладных исследований на установке ИРЕН. Эксперименты по наработке изотопов	2010/ 2011–2016 гг.
Проведение биомониторинга различных территорий России и ряда стран-участниц ОИЯИ с использованием нейтронно-активационного анализа; анализ новых материалов, поверхностей, качества продуктов питания, биомедицинские исследования	2010–2016 гг.

### Финансирование (тыс. долл. США)

#### Научные исследования

Работы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Фундаментальные исследования ядерных реакций под действием нейтрона	35	80	125	170	185	255	280
Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН	45	80	90	95	95	100	155
Прикладные и методические работы	65	110	155	210	255	275	315
<b>Итого</b>	<b>145</b>	<b>270</b>	<b>370</b>	<b>475</b>	<b>535</b>	<b>630</b>	<b>750</b>

## Физика конденсированных сред

Современные тенденции в развитии научных исследований обуславливают необходимость междисциплинарного подхода к решению научных проблем с использованием взаимодополняющих ядерно-физических методик. ОИЯИ имеет уникальную экспериментальную базу (импульсный реактор ИБР-2, комплекс ускорителей ЛЯР, Нуклотрон) и обширный опыт теоретических исследований по теме, накопленный в ЛТФ, которые позволяют проводить передовые фундаментальные и прикладные исследования в области физики конденсированного состояния и смежных областях — биологии, медицине, материаловедении, геофизике, инженерной диагностике, направленные на изучение строения и свойств наносистем и новых материалов, биологических объектов, разработку и создание новых электронных, био- и информационных нанотехнологий.

### 1. Научные направления

#### Наносистемы и нанотехнологии

*Исследования наносистем методами рассеяния нейтронов.* Нейтронные методы исследования вещества позволяют получать детальную информацию об атомной и магнитной структуре и динамике материалов на атомном (микро-) и надатомном (нано-) уровнях. Основные направления исследований — магнетизм слоистых наноструктур, нанодиагностика магнитных коллоидных систем в объеме и на границах раздела, углеродных наноматериалов, полимерных нанодисперсных материалов, направленная на определение характеристик их структурного строения на наноуровне и их роли в формировании физических свойств, выработку рекомендаций по разработке и созданию наноструктур и их применению в нанотехнологиях; изучение наноструктуры и свойств липидных мембран и липидных комплексов, надмолекулярной структуры и функциональных характеристик биологических макромолекул белка, ДНК, РНК, и структуры липид-белковых комплексов. В связи с вводом в эксплуатацию CARS-микроскопа предполагается проведение исследований ДНК и колебательных спектров белков.

*Экспериментальные и теоретические исследования в области радиационно-ионных технологий.* Ускоренные тяжелые ионы являются уникальным инструментом в исследованиях по радиационной физике твердого тела. Существенным преимуществом ускоренных тяжелых ионов является высокая дефектообразующая способность, что позволяет за короткое время создавать в материалах плотность радиационных дефектов, сравнимую с плотностью, получаемой при нейтронном облучении в течение нескольких лет. Важной особенностью использования тяжелых ионов является возможность как модификации макроскопических свойств материалов, так и создания в них наноразмерных структур. Основные направления исследований — изучение воздействия многозарядных ионов с энергиями от  $\sim 1$  кэВ/нуклон до  $\sim 10$  МэВ/нуклон на материалы с целью их наноструктурной модификации, испытания радиационной стойкости, направленного изменения свойств; синтез нанообъектов с уникальными свойствами для применения в электронике, оптике, средствах связи, измерительной технике и др.; исследование свойств микро- и нанопор, получаемых методом ионных треков в различных материалах для разработки элементов нанофлюидной техники, создания молекулярных сенсоров, моделирования биологических мембран; разработки новых перспективных материалов на основе вторичных структур, получаемых на трековых мембранах путем металлизации, плазменной обработки, плазмохимической прививки, пропитки (управляемые полупроницаемые мембраны — вентили, светодиодные матрицы, анизотропные оптические фильтры, фильтры рентгеновского излучения и др.).



*Детекторы для исследования наноструктур, создание новых наноматериалов.* Разработка детекторов гамма-излучения на основе GaAs для исследования наноструктур; микропиксельные лавинные фотодиоды и их применение в наноиндустрии; исследование наноматериалов методом позитронно-аннигиляционной спектроскопии; синтез фотонных кристаллов на основе наночастиц диоксида кремния.

*Теоретические исследования наноструктур.* Основные направления исследований — изучение электронных, тепловых и транспортных характеристик разнообразных современных наноматериалов и наноструктур.

#### **Радиобиологические исследования**

*Терапия онкологических заболеваний на протонных пучках.* Проект имеет три этапа. Первый включает разработку трехмерной конформной терапии на протонных пучках фазотрона, подготовку персонала и проведение работ по лицензированию протонной терапии для использования в России и других странах. Второй этап направлен на создание (совместно с ИВА, Бельгия) специализированного медицинского циклотрона для протонной терапии. Последний этап — передача технологии и оборудования протонной терапии в Российский центр протонной терапии (в Дубне или ином месте) с пропускной способностью 1000 пациентов в год.

*Исследования механизмов генетического действия ускоренных многозарядных ионов.* Изучение закономерностей и механизмов образования и репарации повреждений ДНК в клетках человека. Исследование вопросов действия тяжелых ионов на хромосомный аппарат клеток человека. Мутагенное действие излучений широкого диапазона ЛПЭ на клетки различных организмов.

*Исследование воздействия тяжелых частиц на структуры глаза: хрусталик и сетчатку.* Основной целью предполагаемого исследования будет моделирование в условиях *in vivo* и *in vitro* молекулярных механизмов возникновения помутнений в хрусталике (катаракты) человека, подвергнувшегося облучению тяжелыми ионами.

*Исследования закономерностей биологического действия ускоренных тяжелых ионов на центральную нервную систему.* Основной задачей планируемых исследований в этой области будет изучение морфологических, цитологических и молекулярно-физиологических нарушений в структурах центральной нервной системы, модификация поведенческих функций у облученных животных.

*Математическое моделирование биофизических систем.* Планируется разработка математических моделей индуцированного мутационного процесса у клеток про- и эукариот при действии излучений с разными физическими характеристиками. Методами молекулярной динамики планируется выполнение моделирования хромофора родопсина – 11-цис ретиналя и окружающих аминокислотных остатков в хромофорном участке при физиологической регенерации зрительного пигмента.

#### **Новые материалы**

*Исследования новых материалов методами рассеяния нейтронов.* Основные направления исследований — изучение кристаллической и магнитной структуры новых функциональных материалов, нано- и макроструктуры магнитных полупроводников, атомной динамики материалов методами рассеяния нейтронов, анализ взаимосвязи между особенностями их структурного строения и физическими свойствами.

*Теоретические исследования новых материалов.* Основное внимание в планируемой программе теоретических исследований будет уделено анализу новых материалов с сильной электронной корреляцией, что предполагает изучение новых кооперативных явлений, новых видов упорядочения, магнетизма в низкоразмерных системах и квантовых критических явлений. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов с помощью рассеяния нейтронов.

## **Инженерная диагностика. Науки о Земле**

Основные направления исследований — определение внутренних напряжений в объемных материалах и изделиях, исследование текстуры и свойств минералов и горных пород.

### **2. Ожидаемые результаты**

#### **Наносистемы и нанотехнологии**

Определение распределения намагниченности по глубине в слоистых наноструктурах, анализ влияния эффектов близости на магнитные свойства. Выработка рекомендаций по разработке и созданию наноструктур для их применения в элементах наноэлектроники.

Определение структурных параметров и механизмов стабилизации магнитных коллоидных систем, углеродных наноматериалов, выявление связи между структурой исследуемых систем и их физико-химическими свойствами.

Исследование межчастичного взаимодействия и кластерообразования магнитных коллоидных систем в различных типах жидких и твердых носителей. Определение количественных и функциональных характеристик структуры новых полимеров.

Анализ наноструктурной модификации, направленного изменения свойств и радиационной стойкости материалов при воздействии многозарядных ионов; синтез нанообъектов с уникальными свойствами для применения в электронике, оптике, средствах связи, измерительной технике и др.

Разработка теоретических моделей для описания электронных, тепловых и транспортных характеристик наносистем, в частности углеродных нанотрубок.

Получение сведений о транспортных свойствах асимметричных электрически заряженных трековых нанопор; получение данных о свойствах композитных трековых мембран с управляемой селективностью.

Разработка новых типов трековых наномембран (в том числе в рамках инновационных проектов).

Определение характеристик наноструктуры модельной липидной матрицы верхнего слоя кожи человека, определение роли отдельных керамидов в формировании ее диффузионных свойств.

Определение характеристик диффузионного процесса фармацевтических растворов через модельные липидные матрицы. Определение структурных и функциональных характеристик биологических макромолекул.

#### **Радиобиологические исследования**

Определение молекулярных нарушений в ДНК клеток человека при действии тяжелых заряженных частиц и структурных повреждений хромосомного аппарата, анализ генетического контроля индуцированного мутационного процесса у клеток с различным уровнем организации генома.

Выработка рекомендаций о пороговых дозах заряженных частиц, способных вызвать повреждение хрусталика, сетчатки, способов профилактики глазных заболеваний.

Разработка математических моделей мутационного процесса у клеток про- и эукариот, индуцированного излучениями разного качества, моделирование структур биологически важных макромолекул.

Синтез новых радиоизотопов медицинского применения.

#### **Новые материалы**

Определение характеристик кристаллической и магнитной структуры и физических свойств на наноуровне в сложных оксидах переходных металлов, мультиферроиках.

Определение особенностей молекулярной динамики и параметров кристаллической структуры биологически активных материалов.

Определение структурных характеристик материалов для перспективного использования в водородной энергетике и твердотельных топливных элементах, анализ поведения фононных мод в реакторных материалах.

Построение теоретических моделей взаимного влияния электронной структуры, магнитных и транспортных свойств комплексных систем.

Получение новых данных об особенностях синтеза в металлах многокомпонентных монодисперсных наночастиц в процессе низкотемпературного низкодозного облучения тяжелыми ионами.

#### **Инженерная диагностика. Науки о Земле**

Определение внутренних напряжений в геологических материалах (текстура, деформации), в объемных материалах и изделиях для атомной науки и техники.

Определение внутренних напряжений в промышленных материалах и изделиях. Выявление закономерностей возникновения неустойчивости горных пород для развития представлений о процессах в очагах землетрясений.

### **3. Экспериментальная и методологическая база**

#### **Нейтроннографические исследования**

В течение 2010 года будет завершаться реконструкция реактора ИБР-2 — основной базовой установки ОИЯИ для нейтронных исследований в области физики конденсированных сред, обладающей параметрами мирового уровня и единственной в странах-участницах ОИЯИ. На спектрометрах реактора ИБР-2 действует программа пользователей, в рамках которой исследователям из стран-участниц ОИЯИ предоставляется возможность проведения экспериментов по поданным заявкам. Работы по физическому и энергетическому пускам реактора с комплексом замедлителей тепловых и холодных нейтронов будут проводиться поэтапно:

1. Физический пуск и начало энергетического пуска, первые физические эксперименты (с водяными замедлителями) — 2010 год.
2. Завершение энергетического пуска — 2011 год.
3. Внедрение комплекса криогенных замедлителей: замедлитель для каналов № 7–11 — 2010 год, замедлители для каналов № 2–3 и № 4–6 — 2011 год.
4. Первые физические эксперименты с использованием криогенных замедлителей — 2011–2012 гг.

#### План работ на период 2010–2016 гг.:

1. Вывод реактора ИБР-2М на проектные параметры. Исследования физических характеристик реактора ИБР-2М.
2. Эксплуатация реактора в паспортном режиме и обеспечение физической программы исследований на выведенных пучках нейтронов.
3. Освоение и эксплуатация комплекса криогенных замедлителей. Приобретение и запуск в эксплуатацию новой холодильной машины для каналов 4–6.
4. Создание резервного подвижного отражателя ПО-3Р.
5. Обновление технологического оборудования реактора с истекающими сроками службы (воздушные теплообменники, электромагнитные насосы и т.д.).
6. Подготовка концепции использования ИБР-2М после 2030 года.

#### Программа развития комплекса спектрометров для ИБР-2М:

1. Реализация проектов создания новых спектрометров: ДН-6, ГРЭЙНС, ФСД, которые позволят значительно расширить области научных исследований на реакторе ИБР-2М на мировом уровне.
2. Модернизация существующих спектрометров: ФДВР, ДН-2, ДН-12, СКАТ/ЭПСИЛОН, ЮМО, РЕМУР, РЕФЛЕКС, ДИН2-ПИ, НЕРА-ПР, направленная на улучшение их технических параметров (светосилы, разрешения, отношения эффект/фон).

3. Разработка проектов новых спектрометров: спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов и рефлектометра с атомным разрешением.

4. Разработка и апробация новых нейтронно-оптических методов исследования структуры и динамики наносистем и конденсированных сред, включая спин-эхо методики и другие методики на основе ларморовской прецессии спина нейтрона.

5. Модернизация элементов спектрометров, разработка новых типов детекторов нейтронов и систем сбора данных, развитие сетевой и компьютерной инфраструктуры.

6. Криогенные исследования.

**Финансирование (тыс. долл. США)  
Научные исследования**

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Нейтроннографические исследования	120	120	130	140	140	140	150
Биомедицинские исследования с использованием тяжелых заряженных частиц	118	139	163	193	232	268	335
Исследования в области теории конденсированного состояния	46	50	54	59	63	68	72
<b>Итого</b>	<b>284</b>	<b>309</b>	<b>347</b>	<b>392</b>	<b>435</b>	<b>476</b>	<b>557</b>

**Финансирование (тыс. долл. США)  
Экспериментальная и методологическая база**

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Модернизация реактора ИБР-2М	960	850	855	375			
Эксплуатационные расходы реактора ИБР-2М	500	500	500	500	500	900	1 000
Модернизация физической защиты ИБР-2М	1 360	150	150	150			
Комплекс спектрометров ИБР-2М: проекты создания и модернизации спектрометров первого приоритета (ДН-6, СКАТ/ЭПСИЛОН, ГРЭЙНС)	533	591	662	650	500	400	100
Проекты модернизации спектрометров второго приоритета (ФСД, РЕМУР, ЮМО, ФДВР, ДН-2, НЕРА, ДИН2-ПИ), разработка новых методов исследований				137	426	674	1 045
Разработка и создание элементов спектрометров, детекторов, систем сбора и накопления данных, развитие сетевой инфраструктуры	190	280	390	545	630	665	730
Оборудование для холодных замедлителей реактора ИБР-2М, модернизация замедлителей	35	50	45	80	100	160	200
Развитие инфраструктуры ЛРБ	171	145	156	175	207	224	243
<b>Итого</b>	<b>3 749</b>	<b>2 566</b>	<b>2 758</b>	<b>2 612</b>	<b>2 363</b>	<b>3 023</b>	<b>3 318</b>

## **Радиационно-ионные технологии, радиоизотопные и радиобиологические исследования**

Созданное в ЛЯР семейство ускорителей тяжелых ионов — ИЦ100, У-200, У-400, У-400М — обеспечивает широкие возможности для радиационно-физических и радиоизотопных исследований с ионами от бора до ксенона в диапазоне энергий 1–20 МэВ/нуклон.

Планируется дальнейшее развитие как отдельных ускорительных установок, так и создание ускорительных комплексов для научных и прикладных исследований, а также промышленности. В частности, предполагается:

- совершенствование ИЦ-100 (вакуумная система, повышение энергии пучка, повышение интенсивности пучка, ускорение ионов W и др.);
- реализация массового облучения полимерных пленок на ускорителе ДЦ-60 (Астана);
- запуск циклотрона ДЦ-72 в Циклотронном центре (Братислава) для прикладных и медицинских применений;
- создание ЭЦР-источника для радиационной обработки материалов и многоэлементной имплантации;
- создание специализированного оборудования для тестирования микросхем на пучках У-400.

### Новые инновационные проекты:

- разработка специализированного ускорителя для проекта «Бета» — изготовление трековых мембран для каскадной фильтрации плазмы крови (интенсивность пучка  $5 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$ , энергия ионов 2,4–2,5 МэВ/нуклон);
- создание новых типов трековых мембран для медицинских целей в рамках проекта «Бета»;
- использование экспериментальной базы ЛЯР (главным образом ускорителей) в рамках Международного инновационного центра нанотехнологий в ОИЯИ и Особой экономической зоны «Дубна».

### Радиоэкологические исследования, сверхчистые изотопы:

- использование микротрона МТ-25 (фотоядерные реакции) и циклотрона У-200 (реакции  $(\alpha, xn)$ ) для получения уникальных изотопов, в том числе  $^{178\text{m}}\text{Hf}$ ,  $^{225}\text{Ac}$ ,  $^{236}\text{Pu}$ ,  $^{237}\text{Pu}$ .

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Развитие экспериментальной базы для радиационно-физических и радиоизотопных исследований (ИЦ-100, МТ-25, У-200) и новые инновационные проекты (ДЦ- 60М, ДЦ-72, ТМ и др.)	Выполнение работ по заказам и контрактам						

## Теоретическая физика

В Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова накоплен уникальный опыт исследований в ключевых областях фундаментальной теоретической физики: квантовой теории поля и физике элементарных частиц, теории ядра, теории конденсированных сред и методах математической физики. Ведущиеся в ЛТФ исследования носят междисциплинарный характер, они непосредственно интегрированы в международные проекты с участием ученых из основных мировых исследовательских центров и тесно скоординированы с экспериментальными программами ОИЯИ. С появлением в лаборатории научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа теоретической физики (DIAS-TH)» и открытием новых кафедр теоретической физики МФТИ и Международного университета «Дубна», тесно ассоциированных с УНЦ ОИЯИ, роль ЛТФ как международного образовательного центра для молодых ученых и студентов значительно усилилась.

В ближайшие несколько лет работа в указанных выше фундаментальных областях теоретической физики будет усилена по ряду направлений, указанных в нижеследующих пунктах программы. Планируется усиление работы по ядерной астрофизике и астрофизическим аспектам физики элементарных частиц, физике плотной и горячей адронной материи (в связи с экспериментальной программой NICA/MPD, ведущимися и планируемыми экспериментами на RHIC, LHC и FAIR), решеточным вычислениям в КХД. Исследования в теории конденсированных сред будут более непосредственно координироваться с современными потребностями нанотехнологий.

В таблице приведены финансовые ресурсы, требуемые для обеспечения работ по теоретической физике по темам: квантовая теория поля и физика элементарных частиц, теория ядра, теория конденсированных сред, современная математическая физика, научно-образовательный проект «DIAS-TH».

### Финансирование (тыс. долл. США)

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
370	410	435	460	485	510	530

**Квантовая теория поля и физика элементарных частиц.** Направление теоретических исследований по физике элементарных частиц будет определяться физическими программами международных экспериментальных коллабораций (LHC, RHIC, FAIR, K2K и т.д.) и базовых установок ОИЯИ, в первую очередь — проекта NICA/MPD. В центре внимания будет прецизионная проверка стандартной модели, новая физика за пределами стандартной модели, структура адронов и спиновая физика, фазовые переходы в горячей и плотной адронной материи и смешанная кварк-адронная фаза, физика тяжелых ароматов и адронная спектроскопия, физика нейтрино, проблема темной материи и астрофизические аспекты физики элементарных частиц.

**Теория ядра.** Основным направлением исследований в области ядерной физики низких энергий на ближайшее десятилетие будет изучение свойств ядер, далеких от долины стабильности, являющееся составной частью физической программы проекта DRIBs (ОИЯИ) и практически всех существующих и планируемых проектов крупных экспериментальных установок в Европе, США и Японии. Соответственно будут развиваться и теоретические исследования в этой области ядерной физики. Планируется продолжить разработку микроскопических моделей ядерной структуры с самосогласованием, использующих эффективные взаимодействия, зависящие от плотности ядра, взаимодействия конечного радиуса, выходящие за рамки приближений среднего поля и случайной фазы. Модели ядерной структуры будут использованы для предсказания скоростей слабых процессов в звездном веществе, в других астрофизических

задачах. В теории реакций будут исследоваться столкновения ультрахолодных атомов и молекул в оптических и магнитных ловушках, реакции слияния в пересекающихся пучках легких ядер, каналированных в кристаллических структурах. Исследование процессов взаимодействия тяжелых ионов при промежуточных и высоких энергиях в значительной мере будет ориентировано на проект NICA/MPD. Структурные функции нуклонов и ядер будут изучаться с использованием экспериментальных данных, полученных в ОИЯИ, GSI, JLab, J-PARC.

**Теория конденсированных сред.** Основное внимание теоретических исследований будет уделено анализу систем с сильной электронной корреляцией (слоистые купраты в нормальном и сверхпроводящем состояниях, оксиды переходных металлов, в частности, манганиты с колоссальным магнетосопротивлением и геометрически фрустрированные антиферромагнитные соединения, фуллереновые кластеры и решетки и т.д.), что предполагает изучение новых кооперативных явлений, новых видов упорядочения, магнетизма в низкоразмерных системах и квантовых критических явлений. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов, проводимых в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Важнейшим направлением теоретических исследований будет изучение электронных, тепловых и транспортных характеристик разнообразных современных наноматериалов и наноструктур. Особый интерес представляют углеродные наноструктуры.

**Современная математическая физика.** Теория суперструн, наиболее серьезный кандидат на роль единой теории фундаментальных взаимодействий, включающей квантовую гравитацию, будет занимать центральное место в работе ЛТФ по математической физике. Будет изучаться широкий спектр точных классических и квантовых решений этой теории и ее многочисленные приложения, включая непертурбативный режим суперсимметричных калибровочных теорий, микроскопическое описание черных дыр, космологические модели ранней вселенной. Для применения и развития новых идей, порожденных теорией струн, решающим является использование математических методов теории интегрируемых систем, квантовых групп и некоммутативной геометрии.

**Научно-образовательный проект «Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH)».** Общая задача постоянно действующего проекта «Дубненская международная школа теоретической физики (DIAS-TH)» будет заключаться в развитии научно-образовательных программ ОИЯИ. Уникальная черта DIAS-TH состоит в глубокой интеграции этого проекта в научную жизнь ЛТФ, что обеспечит регулярное и естественное участие ведущих ученых в учебно-образовательной работе. Важным условием успешной работы проекта будет развитие сотрудничества с международными и российскими фондами (UNESCO, DAAD, DFG, РФФИ, «Династия» и др.) и государственными организациями (BMBF, INFN, CNRS).

## Информационные технологии

Задачей семилетнего плана является формирование единой грид-среды стран-участниц ОИЯИ, в которой можно выделить три основных уровня. **Сетевому уровню** отвечают высокоскоростные опорные сети и телекоммуникационные каналы связи. **Ресурсный уровень** образуют высокопроизводительные вычислительные кластеры, суперкомпьютеры и системы хранения данных, объединенные в единую грид-среду. **Прикладной уровень** формируют исследовательские задачи, адаптированные для решения в грид-среде и в рамках соответствующих виртуальных организаций.

Развитие сетевого уровня грид-среды ОИЯИ включает в себя развитие и совершенствование телекоммуникационных каналов, а также локальной вычислительной сети. В частности, предполагается довести суммарную пропускную способность канала связи Дубна–Москва до 720 Гбит/с. ОИЯИ участвует в работах по развитию международного сегмента сети в рамках проекта GEANT, что позволит увеличить пропускную способность международных каналов до 10 Гбит/с в 2009 году с последующим ростом в 2010–2016 гг. Планируется объединение грид-инфраструктур ОИЯИ и стран-участниц через высокоскоростную европейскую сеть GEANT. План развития локальной вычислительной сети (ЛВС) ОИЯИ на 2010–2016 гг. предусматривает перевод магистрали опорной сети ОИЯИ на скорость передачи данных в 10 Гбит/с и подключение к ней всех лабораторий ОИЯИ; повышение производительности ядра центрального телекоммуникационного узла сети; увеличение скорости передачи данных в подразделениях Института до 1 Гбит/с и повышение уровня защиты ЛВС и т.п.

Компоненты ресурсного уровня	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Наращивание производительности ЦИВК: CPUkSI2K	2 500	4 000	4 000	7 000	7 000	10 000	10 000
Наращивание дисковой системы хранения (ТВ)	1 200	2 000	2 000	4 000	4 000	8 000	8 000
Наращивание системы массовой памяти (ТВ)	500	2 000	2 000	5 000	5 000	10 000	10 000
Создание ЦБГС	Подготовка технического задания и закупка оборудования	Реализация	Сопровождение и модернизация				
Базовое и информационное ПО	Сопровождение и модернизация						
Лицензирование сервисов и т.п.	Реализация			Сопровождение и модернизация			

Основу **ресурсного уровня** информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ составляют высокопроизводительные **вычислительные кластеры** и **системы хранения данных** ЦИВК. Для обеспечения эффективной работы по обработке и анализу экспериментальных данных экспериментов на ЛНС требуется дальнейшее наращивание производительности ЦИВК и объема дискового пространства. Для управления совместной грид-инфраструктурой планируется создать **Центр базовых грид-сервисов** (ЦБГС),



который будет обеспечивать согласованное функционирование географически распределенных ресурсных центров. Конкретные работы по созданию ЦБГС включают в себя подготовку программно-аппаратной базы ЦБГС; создание средств разработки и реализацию базовых сервисов ЦБГС; стандартизацию сервиса информационного обслуживания; открытие центра сертификации; подключение ресурсных узлов стран-участниц ОИЯИ и т.п. Необходимое условие на пути создания единой информационно-вычислительной среды ОИЯИ и стран-участниц состоит в обеспечении **информационной и базовой программной поддержки** научно-производственной деятельности Института.

Прикладной уровень **грид-среды ОИЯИ** охватывает пользовательские приложения, работающие в среде **виртуальной организации (ВО)**, объединяющей как пользователей, так и владельцев вычислительных ресурсов. Виртуальная организация — это гибкая структура, которая может образовываться динамически и иметь ограниченное время существования. В ВО экспериментов ATLAS, CMS, ALICE, действующих в рамках проекта WLCG, ОИЯИ принимает непосредственное участие. Создание новых ВО становится необходимым по мере развития **математических методов и средств** решения поставленных задач. В 2010–2016 гг. планируется продолжить работу по развитию математических методов моделирования физических процессов и обработки экспериментальных данных; разработке программного обеспечения и компьютерных комплексов и т.п. Планируется также проведение исследований в области квантовых информационных технологий.

Семилетние затраты приведены в таблице. Финансирование будет осуществляться как за счет бюджета Института, так и в рамках целевого финансирования странами-участницами ОИЯИ.

#### **Финансирование (тыс. долл. США)**

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Внешний канал	165	65	85	85	135	135	185
Локальная сеть	125	125	225	125	205	205	225
ЦИВК и грид-инфраструктура	260	460	390	490	650	670	790
Лицензирование ПО	80	80	80	80	100	100	100
Развитие сервисов и прочие расходы	17	20	20	40	43	53	64
<b>Итого</b>	<b>647</b>	<b>750</b>	<b>800</b>	<b>820</b>	<b>1 133</b>	<b>1 163</b>	<b>1 364</b>

## Образование

Образовательная программа УНЦ ОИЯИ строится таким образом, чтобы решалась задача обеспечения Института научными и инженерно-техническими кадрами из стран-участниц. Самым эффективным способом достижения этой цели является подготовка студентов на уровне магистратуры на базе ОИЯИ. Главной целью УНЦ является создание условий для кардинального увеличения числа студентов и аспирантов из стран-участниц, проходящих обучение в ОИЯИ. Предложения по решению стоящих перед УНЦ задач сформулированы по основным направлениям работы УНЦ.

В предстоящем семилетии УНЦ планирует координировать учебные программы базовых кафедр с целью максимального удовлетворения нужд Института и стран-участниц в высококвалифицированных научных и инженерно-технических кадрах. Создана и постоянно обновляется общая база курсов, читаемых в Дубне. Программы курсов переведены на английский язык, что позволит создать условия для вовлечения в образовательные программы ОИЯИ студентов и аспирантов из стран-участниц.

В последнее время возрос интерес к аспирантуре ОИЯИ со стороны других стран-участниц и одновременно вырос конкурс при поступлении в аспирантуру. Эти тенденции ставят перед УНЦ новые задачи, которые будут включать: увеличение на 15% числа аспирантов ОИЯИ и продление в 2011 году лицензии на аспирантуру; создание совместно с полномочными представителями стран-участниц специальной системы стипендий/грантов для привлечения в аспирантуру ОИЯИ из этих стран; внедрение системы двойной аспирантуры, которая подразумевает наличие у аспиранта двух руководителей: одного в Дубне и второго в университете из страны-участницы.

Работа по распространению информации об Институте и его достижениях в ближайшем семилетии будет проходить по следующим направлениям. Учитывая неуклонный рост заявок на студенческие практики в ОИЯИ, УНЦ будет переходить к поэтапному проведению практик в течение всего года. УНЦ будет своевременно обновлять и расширять базу данных небольших исследовательских проектов, которые выполняются студентами во время практики. УНЦ будет организовывать традиционные летние международные школы «Ядерно-физические методы и ускорители в биологии и медицине» в различных странах-участницах и расширять число университетов из стран-участниц, с которыми заключены договора о сотрудничестве.

Образовательный процесс станет привлекательным тогда, когда будет создана современная лабораторная инфраструктура, обладающая рядом уникальных установок. Главным направлением работ по развитию инфраструктуры ОИЯИ будет завершение создания комплекса учебных лабораторий в 113-м корпусе площадки ЛЯП. Особое внимание будет уделяться постоянной поддержке и обновлению сайта УНЦ как одного из инструментов распространения информации об образовательных возможностях ОИЯИ.

УНЦ ведет постоянную работу с наиболее талантливыми школьниками из стран-участниц. Целью этой работы является стимулирование интереса школьников к современной науке. Еженедельно в школьном практикуме УНЦ в рамках физического факультатива проходят занятия групп школьников Дубны из старших классов. Задача УНЦ — привлечь учеников к возможности получать образование на базовых кафедрах ОИЯИ и делать научную карьеру в лабораториях Института. Совместно с ЦЕРН УНЦ будет проводить ежегодные курсы повышения квалификации учителей физики профильных классов.

Одной из задач УНЦ является осуществление образовательной деятельности по программам, которые включают в себя обучение и переподготовку инженерно-технического персонала ОИЯИ. В предстоящем семилетии будет продолжена работа по своевременному получению лицензий от Министерства образования Московской области на осуществление этого вида образовательной деятельности.

## **Развитие инженерной инфраструктуры**

Инженерная инфраструктура ОИЯИ является фундаментом, обеспечивающим основу для работы Института и реализации научной программы. Инженерная инфраструктура Института — это сложная система взаимодействующих элементов, в которой наибольшее значение имеют:

- обеспечение работы базовых установок ОИЯИ;
- обеспечение энергоресурсами;
- обеспечение средствами связи и телекоммуникации;
- обеспечение безопасности.

### **1. Обеспечение работы базовых установок ОИЯИ**

В настоящее время в ОИЯИ действует программа модернизации базовых установок. Целью этой программы является создание привлекательной для стран-участниц и мирового научного сообщества современной экспериментальной базы. Основные положения этой программы изложены в соответствующих научных разделах семилетнего плана. Обновления базовых установок ОИЯИ выведет Институт на лидирующие мировые позиции как конкурентоспособный международный центр по ядерной физике и сделает его еще более привлекательным для талантливых молодых сотрудников из стран-участниц ОИЯИ.

### **2. Обеспечение энергоресурсами**

Основными задачами этой подсистемы являются: обеспечение Института электроэнергией, теплоснабжением, холодной и горячей водой, жидким азотом, системами охлаждения и канализации. Развитие этих систем осуществляется как специалистами отдела главного энергетика ОИЯИ, так и в рамках модернизации базовых установок Института. Отметим также особую роль ОИЯИ в снабжении электроэнергией, водой и теплом городских потребителей. Более 30% потребителей в правобережной части города обеспечиваются теплом от структур ОИЯИ, а по снабжению электроэнергией и водой эта цифра составляет около 50%.

#### **Электроэнергия**

Основной задачей развития электроснабжения ОИЯИ является повышение категории надежности электроснабжения для обеспечения безотказной работы базовых установок Института.

На двух головных понижающих подстанциях должно быть осуществлено подключение новых трансформаторов и сооружение соответствующих распределительных устройств. Это позволит выделить базовые установки в отдельные группы и значительно уменьшить возможность аварийных отключений этих установок. Кроме того, для повышения надежности планируется получить дополнительную мощность от канала им. Москвы.

Не менее важным является обеспечение резервного электроснабжения путем установки автономных генераторов на критических для Института объектах.

#### **Теплоснабжение и водоснабжение**

Для обеспечения нормальных условий работы Института необходимо продолжать работы по реконструкции насосно-фильтровальной станции, котельных, тепловых и водопроводных сетей, проводить плановую замену устаревшего оборудования, автоматизировать технологические процессы. Оснащение современным оборудованием наряду с внедрением узлов коммерческого учета потребления воды и тепла позволит существенно сократить затраты Института на коммунальные платежи.

#### **Азотный цех**

Основной задачей азотного цеха ОГЭ ОИЯИ является снабжение жидким азотом экспериментальных и базовых установок Института. Развитие базовых установок ОИЯИ,

а также привлечение сторонних потребителей позволит более эффективно загрузить оборудование азотного цеха и сделать производство азота рентабельным. Но основной задачей на 2010–2013 гг. остается перевод производства на энергосберегающие установки.

### **3. Обеспечение средствами связи и телекоммуникации**

Для успешной реализации задач, изложенных в «дорожной карте», необходимо развитие всех средств телекоммуникации. Развитие информационно-вычислительной инфраструктуры, включая магистральные каналы и локальную сеть, описано в соответствующих разделах программы.

#### **Телефонная связь**

В настоящий момент телефонный узел ОИЯИ (АТС-6) функционирует на базе координатной станции АТСК 100/2000. На текущее время станция обслуживает примерно 5500 абонентов, из них около 3800 — абоненты Института. Планируемый перевод АТС-6 на цифровое электронное оборудование гарантирует существенное снижение эксплуатационных затрат и повышение качества обслуживания за счет замены аналоговых соединений на цифровые. Кроме того, существенно сократятся затраты на междугородную и международную связь за счет использования технологии IP-телефонии.

### **4. Политика безопасности**

К вопросам обеспечения безопасности относятся: охрана труда, промышленная безопасность, природопользование, радиационная, ядерная и пожарная безопасность.

#### **Охрана труда, промышленная безопасность, природопользование**

Первостепенная задача охраны труда — это эффективная профилактическая работа по предупреждению производственного травматизма и профессионально-обусловленной заболеваемости, а также аварийных ситуаций и аварий. Для решения указанной задачи планируется:

- аттестация рабочих мест по условиям труда;
- плановая замена устаревшего оборудования (грузоподъемных механизмов, сосудов, работающих под давлением, лифтов и т.п.) на опасных производственных объектах;
- оснащение промышленно-санитарной лаборатории современными и эффективными измерительными приборами;
- совершенствование информационного обеспечения персонала и повышение квалификации руководителей и специалистов в области охраны труда, промышленной безопасности и природопользования;
- утилизация высокотоксичных отходов производственной деятельности.

#### **Радиационная и ядерная безопасность**

Задача минимизации радиационного воздействия на человека и окружающую среду сводится к повышению безопасности действующих и проектируемых ядерно-физических установок и обеспечению безопасности при обращении с ядерными материалами (ЯМ) и радиоактивными веществами (РВ). Кроме того, необходима система строгого учета и контроля ЯМ и РВ в соответствии с федеральными законами, нормами и правилами. Для решения указанных задач планируется:

- дальнейшее развитие существующей системы индивидуального дозиметрического контроля на ядерно-физических установках ОИЯИ, а также создание системы контроля внутреннего облучения персонала;
- модернизация существующих систем радиационного контроля (СРК), разработка новых СРК на радиационно-опасных объектах Института;
- приобретение передвижной автомобильной радиологической лаборатории для эффективной радиационной разведки;
- приобретение оборудования для транспортировки и хранения ЯМ и РВ;
- создание автоматизированной системы радиационного контроля для Центрального хранилища ядерных материалов ОИЯИ;

– лицензионное и метрологическое обеспечение работ по учету и контролю ЯМ и РВ.

### **Пожарная безопасность**

Основная задача по обеспечению пожарной безопасности в ОИЯИ — это создание условий для эффективной профилактики и предупреждения пожаров.

Пожарная охрана зданий и объектов ОИЯИ организуется и осуществляется пожарной частью ПЧ-26 на основании договора с Институтом. В соответствии с этим договором требуется оснащение части пожарной техникой, оборудованием и техническим вооружением.

Планируется поэтапная реконструкция действующих систем автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения, а также введение в строй новых современных систем с привлечением специалистов участка пожарной автоматики ОИЯИ.

Для повышения и поддержания должного уровня пожарной безопасности на объектах Института необходимы регулярные меры, требующие определенных финансовых затрат, направленные на приведение зданий и сооружений ОИЯИ в соответствие с установленными нормами пожарной безопасности.

### **Финансирование (тыс. долл. США)**

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Бюд- жет- ное</b>	<b>Вне- бюд- жет- ное</b>	<b>Итого</b>
Электро- снабжение	1 600	1 600	1 000	100				100	4 200	<b>4 300</b>
Тепло- снабжение и водоснабжение	6 900	1 500	1 300	1 300	1 400	1 000	800	2 500	11 700	<b>14 200</b>
Телефония	500							500		<b>500</b>
Радиационная и ядерная безопасность	300	100	100	100	100	100	200	1 000		<b>1 000</b>
Охрана труда и промышленная безопасность	300	200	300	300	300	200	200	1 800		<b>1 800</b>
Пожарная безопасность	200	300	200	300	300	400	400	2 100		<b>2 100</b>
<b>Итого</b>								<b>8 000</b>	<b>15 900</b>	<b>23 900</b>

## **Инновационная деятельность**

Стратегия развития ОИЯИ в последние годы определяется триадой «наука–образование–инновации». Она одобрена Комитетом Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ и отвечает интересам перехода к инновационной экономике в странах-участницах Института.

Программа инновационной деятельности Института в период 2010–2016 гг. опирается на Концепцию долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации как страны местонахождения Института, разработанную до 2020 года, и включает систему мероприятий, осуществляемых совместно с государственными институтами развития России, а также с частными и правительственными организациями стран-участниц ОИЯИ по следующим основным направлениям:

### **1. Повышение эффективности научно-образовательного потенциала**

2010–2016 гг.

Увеличение расходов на НИОКР, внедрение новых форм финансирования научной деятельности (проектное финансирование, гранты), привлечение частного финансирования НИОКР.

Подготовка кадров для инновационной сферы.

### **2. Развитие научно-технической и инновационной инфраструктуры**

2010–2016 гг.

Участие инновационных проектов ОИЯИ в конкурсах на финансирование из федеральных целевых программ Российской Федерации и программ Евросоюза.

2010–2011 гг.

Коммерциализация результатов научных исследований и экспериментальных разработок — формирование сети малых и средних инновационных предприятий.

Создание совместно с Государственной корпорацией «Роснано» и другими партнерами ОИЯИ Наносцентра «Дубна», включающего в себя Центр коллективного пользования оборудованием, Центр трансфера технологий и «посевной» венчурный фонд.

2010–2012 г.

Партнерство с венчурными компаниями и фондами, инжиниринговыми и проектными фирмами. Финансирование бизнес-проектов на всех стадиях инновационного цикла.

### **3. Развитие регионального инновационного нанотехнологического кластера**

2010–2016 гг.

Завершение формирования полномасштабного участка ядерно-физических и нанотехнологий технико-внедренческой особой экономической зоны.

2011–2013 гг.

Создание конкурентоспособного комплекса взаимосвязанных высокотехнологичных производств в сфере нанотехнологий на территории Дубны и региона.

2014–2015 гг.

Создание центра венчурного капитала в Дубне.

### **4. Эффективная интеграция в глобальную инновационную систему**

2010–2011 гг.

Создание и организация эффективной работы Международного инновационного центра нанотехнологий стран СНГ и Евросоюза в Дубне.

Вовлечение российских ученых, уехавших за рубеж, в совместную деятельность, активизация их участия в инновационных проектах и преподавательской работе.

2013–2014 гг.

Участие Института в реализации на основе долгосрочного технологического прогноза нескольких масштабных проектов в сфере развития нанотехнологий.

2013 г.

Патентование и защита прав на интеллектуальную собственность в соответствии с международными стандартами.

## **5. Формирование новой инновационной культуры**

2010–2016 гг.

Популяризация науки и инноваций: через рекламу, вовлечение в пропаганду лидеров общественного мнения, распространение «историй успеха» и т.д.

Содействие активизации инновационного PR — «Science & Innovation Relations».

Формирование специализированных учебных курсов по инновациям в университете «Дубна» и Учебно-научном центре ОИЯИ.

Участие в международных выставках, конференциях, форумах инновационного характера.

Корректировка сроков и мероприятий данного раздела программы будет зависеть в первую очередь от макроэкономических факторов в странах-участницах ОИЯИ и доступности средне- и долгосрочных источников инвестиций в рамках частно-государственного партнерства.

## **Кадровая и социальная политика**

В целях повышения эффективности деятельности Института в течение семилетнего периода будет осуществляться совершенствование системы оценки и оплаты труда научных работников и других категорий персонала Института. Механизм мотивации высокой эффективности труда и карьерной динамики кадров будет организован с учетом принципов, используемых в известных международных научных центрах.

Программа ОИЯИ на 2010–2016 гг., которая реализует поставленные задачи, включает следующие мероприятия.

### **1. Создание условий и механизма совершенствования системы оплаты труда 2010–2016 гг.**

Увеличение бюджета Института и оптимизация доли расходов бюджета на оплату труда, повышение уровня оплаты труда в ОИЯИ с учетом положения в регионе и отрасли.

2010 г.

Внедрение системы «ПИН — персональная информация» для оценки результативности научной деятельности сотрудников и организация мониторинга индивидуальных рейтингов ученых Института.

Разработка и утверждение Положения о системе оплаты труда и стимулирующих выплатах в ОИЯИ.

Мониторинг эффективности работы подразделений Института с учетом системы оценки организаций государственного сектора науки, действующей в Российской Федерации.

2011 г.

Разработка нового Положения о персонале ОИЯИ и его утверждение Комитетом полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ.

2011–2012 гг.

Разработка и применение нормативных документов и других мер по защите и использованию интеллектуальной собственности, создаваемой сотрудниками Института.

### **2. Повышение эффективности действующей системы управления персоналом 2010–2016 гг.**

Оптимизация структуры персонала и адаптация штатного расписания Института к изменяющимся условиям.

Совершенствование контрактной системы найма сотрудников Института.

Обеспечение особого статуса должностных лиц ОИЯИ на территории страны местонахождения Института.

2010 г.

Создание Ассоциации персонала Института.

2011 г.

Урегулирование проблем государственного пенсионного обеспечения сотрудников стран-участниц.

Решение вопросов налогообложения доходов сотрудников стран-участниц ОИЯИ.

2012 г.

Организация системы электронного документооборота, обеспечивающего эффективность и прозрачность предоставления административных услуг персоналу Института.

2014 г.

Проведение аттестации сотрудников Института.



### **3. Реализация мер социальной защиты персонала**

2010–2016 гг.

Реализация комплекса мер по привлечению и закреплению в Институте молодых научных, инженерных и рабочих кадров.

Принятие дополнительных мер по материальной и социальной поддержке ветеранов ОИЯИ.

2011–2012 гг.

Использование системы негосударственного пенсионного обеспечения для сотрудников ОИЯИ.

2013–2014 гг.

Создание эндаумент-фонда ОИЯИ для финансирования социальных программ Института.

4. Для привлечения научной молодежи, ее подготовки и закрепления в штате ОИЯИ утверждена **специальная программа «Молодежь ОИЯИ»**.

В Программе предлагается:

- дальнейшее развитие системы материальной и социальной поддержки молодежи, системы образования и контроля молодых ученых и специалистов;
- создание условий для профессионального роста;
- повышение мотивации к научно-технической и организационно-административной деятельности.

План мероприятий Программы «Молодежь ОИЯИ»:

1. Ежегодный анализ кадровой ситуации ОИЯИ, в особенности молодежи;
2. Издание расширенной версии программы «Молодежь ОИЯИ»;
3. Создание молодежного кадрового резерва подразделений Института;
4. Разработка и реализация социальных программ для улучшения качества жизни и условий труда молодых сотрудников Института:
  - реализация системы молодежных премий и грантов ОИЯИ;
  - строительство жилого фонда для аренды молодыми сотрудниками;
  - здравоохранение, спортивные программы, помощь молодым семьям;
  - развитие льготного кредитования приобретения собственного жилья.
5. Совершенствование существующей системы привлечения и подготовки молодых кадров Института:
  - координация программы УНЦ, программ лабораторий;
  - проведение PR-кампании: чтение выездных публичных лекций, организация экскурсий, выступлений;
  - проведение ежегодных научных конференций, школ, семинаров молодых ученых и специалистов.

Программа «Молодежь ОИЯИ» предусматривает финансирование основных мероприятий в соответствии с приведенной ниже таблицей из следующих источников: бюджет ОИЯИ, бюджеты производственных подразделений, внебюджетные средства.

## Финансирование (тыс. долл. США)

Мероприятия	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Привлечение активной и инициативной молодежи:							
привлечение молодых кадров в рамках программы УНЦ, программ лабораторий	50 чел.	60 чел.	60 чел.	70 чел.	70 чел.	80 чел.	80 чел.
проведение PR-кампании: чтение выездных публичных лекций, экскурсии, выступления	20	25	30	35	40	45	50
Подготовка высококвалифицированной научной смены:							
проведение ежегодных научных конференций, школ, семинаров молодых ученых и специалистов	20	25	30	35	40	45	50
создание молодежного кадрового резерва (~10 чел./год)	8	10	12	14	16	18	20
Закрепление молодых ученых и специалистов в штате Института:							
реализация системы молодежных грантов ОИЯИ (~100 чел./год)	450	540	640	750	900	1 100	1 300
премии молодым ученым	38	45	57	68	80	100	118
льготное кредитование приобретения жилья (~25 чел./год), внебюджетные средства на возвратной основе	300	370	450	480	560	630	740
строительство жилого фонда для аренды молодыми сотрудниками	ежегодно по 10 квартир по смете						
социальные молодежные программы (~200 чел./год): здравоохранение, путевки, спорт, помощь молодым семьям	20	25	30	35	40	45	50
<b>Средства на возвратной основе</b>	300	370	450	480	560	630	740
<b>Средства на безвозвратной основе</b>	556	670	799	937	1 116	1 353	1 588
<b>Итого</b>	<b>856</b>	<b>1 040</b>	<b>1 249</b>	<b>1 417</b>	<b>1 676</b>	<b>1 983</b>	<b>2 328</b>

## Финансовое обеспечение

Реализация программы развития ОИЯИ на период 2010–2016 гг. в значительной степени зависит от обеспеченности финансовыми ресурсами и их эффективного использования. Основным источником финансирования проектов является бюджет ОИЯИ.

За основу расчета ресурсного обеспечения проектов развития экспериментальной базы семилетнего плана принят одобренный Комитетом Полномочных Представителей бюджетный прогноз на период 2010–2015 гг., предусматривающий ежегодный прирост бюджета Института. При этом условии совокупный объем средств от взносов государственных членов ОИЯИ за семилетку составит 993,8 млн долларов США (таблица 1).

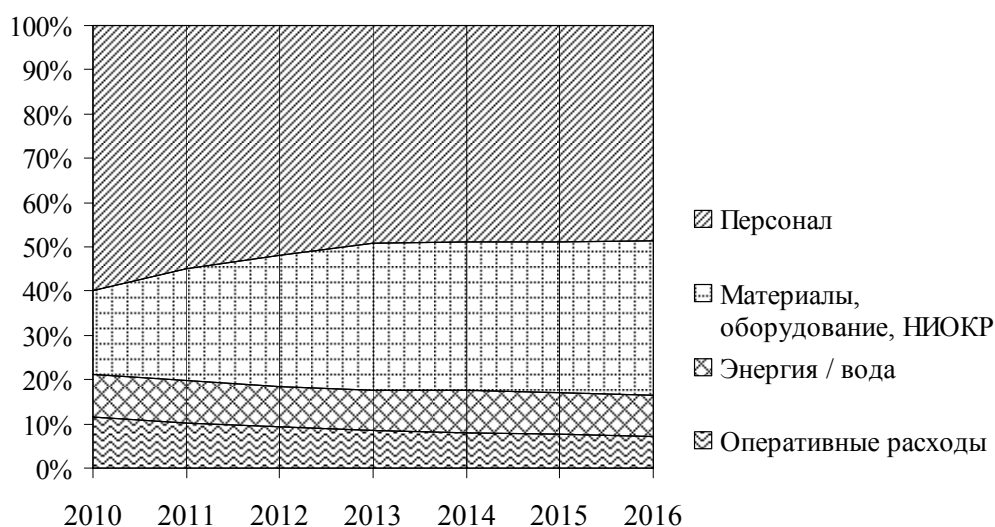
Таблица 1  
(млн долл. США)

<b>Бюджет ОИЯИ</b> (без средств, получаемых по договорам и протоколам о научно-техническом сотрудничестве)	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Итого</b>
	81,2	99,7	118,6	138,8	161,0	183,5	211,0	<b>993,8</b>

Одним из важнейших направлений финансовой стратегии на последующие годы будет постепенное изменение пропорций в статьях бюджета и доведение доли расходов, направляемых на модернизацию и создание новых экспериментальных установок в общих расходах бюджета, как минимум до 30% (таблица 2).

Таблица 2  
(%)

<b>Консолидированные статьи расходов бюджета</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Итого</b>
Персонал	59,8	55,1	51,9	49,1	48,9	48,8	48,5	<b>50,7</b>
Материалы, оборудование, НИОКР	18,8	25,3	29,7	33,3	33,4	34,0	35,0	<b>31,4</b>
Энергия / вода	9,9	9,4	9,1	9,0	9,6	9,6	9,3	<b>9,4</b>
Оперативные расходы	11,5	10,2	9,3	8,6	8,1	7,6	7,2	<b>8,5</b>
<b>Итого</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



Это позволит довести суммарные семилетние расходы по консолидированной статье «материальные затраты» до объемов порядка 300 млн долларов США.

В разделах научной программы семилетнего плана представлена детализация расходов по проектам, видам работ, периодам.

По приоритетным направлениям исследований и установкам (ИБР-2М и спектрометры, циклотронный комплекс DRIBs-III, Нуклотрон-М/NICA) объем финансирования составит сумму в 275 млн долларов США (таблица 3).

Таблица 3  
(млн долл. США)

ИБР-2М и спектрометры	Нуклотрон-М/NICA	Циклотронный комплекс DRIBs-III	Информаци- онные технологии	Другие проекты	<b>Итого</b>
18,6	148,0	60,7	6,7	41,0	<b>275,0</b>

Бюджеты научных направлений «ядерная физика», «физика конденсированных сред» и «информационные технологии» могут обеспечить в соответствии с графиком работ расходы на модернизацию и создание экспериментальной базы, необходимой для исследований в этих областях физики. Распределение ресурсов по консолидированной статье «материальные затраты» представлено в таблице 4.

Таблица 4  
(млн долл. США)

<b>Проекты</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Итого</b>
Циклотронный комплекс	5,1	11,1	11,1	11,1	16,1	3,1	3,1	<b>60,7</b>
ИБР-2М и спектрометры	2,4	2,4	2,6	2,5	2,4	3,0	3,3	<b>18,6</b>
Информационные технологии	0,6	0,8	0,8	0,8	1,1	1,2	1,4	<b>6,7</b>

Реализация проекта создания ускорительного комплекса NICA и экспериментальной установки MPD потребует концентрации существенных финансовых ресурсов на эту задачу из бюджета Института, а также привлечения дополнительных средств из внебюджетных источников.

Кроме того, в 2010–2014 гг. возникнет дефицит суммарно в 37,4 млн долларов США, который может быть покрыт кредитами банка с их погашением за счет профицита в 2015–2016 гг. (таблица 5).

Таблица 5  
(млн долл. США)

<b>Проект Нуклотрон-М/NICA</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Итого</b>
Возможности бюджета Института	7,5	9,1	17,0	25,8	26,7	29,6	32,3	<b>148,0</b>
Запрашиваемое финансирование по графику работ	9,0	13,6	30,7	36,0	34,2	15,0	9,5	<b>148,0</b>
Дефицит, профицит	-1,5	-4,5	-13,7	-10,2	-7,5	14,6	22,8	-

Финансирование по другим проектам включает в основном расходы на проект ИРЕН, обеспечение экспериментов по направлению «физика элементарных частиц и тяжелых ионов высоких энергий», а также расходы на образовательную программу, инновационную деятельность и развитие инженерной инфраструктуры (таблица 6).

Таблица 6  
(млн долл. США)

<b>Другие проекты</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Итого</b>
	2,3	3,2	4,7	6,5	7,5	8,4	8,4	<b>41,0</b>

