**УТВЕРЖДАЮ**

 **Вице-директор Института**

 **/Дмитриев С.Н./**

 **“ “ 2023** **г.**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДЛЕНИЯ**

**ТЕМЫ**

**ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ**

**1. Общие сведения о теме / крупном инфраструктурном проекте (далее КИП)**

**1.1. Шифр темы:** 03-5-1130-2017

**1.2. Лаборатория** ядерных реакций им. Г.Н. Флерова

**1.3. Научное направление:** Физика тяжелых ионов

**1.4. Наименование темы:** Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности

**1.5. Руководитель темы:** С.И. Сидорчук

**Научный руководитель темы:** Ю.Ц. Оганесян

**1.6. Заместитель руководителя темы:** А.В. Карпов

**2. Научное обоснование и организационная структура**

**2.1. Аннотация**

Основные направления научных исследований ОИЯИ в области современной ядерной физики связаны с изучением тяжелейших ядер и атомов, а также легких ядер вдали от линии -стабильностиИсследования в области тяжелейших ядер будут направлены на синтез новых элементов Периодической таблицы Д.И. Менделеева и их изотопов, изучение свойств радиоактивного распада методами ядерной спектроскопии (α-, β-, γ-спектроскопия), исследование химических свойств новых элементов, а также изучение механизмов ядерных реакций, ведущих к образованию новых, еще неизвестных ядер. Научная программа также включает в себя исследования структуры легчайших ядер на границе нуклонной стабильности и механизмов их образования.

**2.2. Проекты в теме**

* Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов
* Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности

**2.3. Научное обоснование** (не более 20 страниц)

(цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски).

# Основным направлением научных исследований Лаборатории ядерных реакций (ЛЯР) ОИЯИ является синтез новых элементов Периодической таблицы Д. И. Менделеева, изучение их свойств методами ядерной спектроскопии (α-, β-, γ-спектроскопия) и с помощью химического анализа.

Продолжение этих исследований станет основной частью программы ЛЯР на следующее десятилетие: поиск границ существования ядерной материи, сосредоточив внимание на границах острова стабильности сверхтяжелых элементов (СТЭ). Эксперименты будут проводиться на Фабрике сверхтяжелых элементов, основной установкой которой является циклотрон ДЦ-280. Для синтеза тяжелейших элементов 119 и 120, а также для изучения физических и химических свойств уже известных элементов, необходимо существенное повышение (более чем в 10 раз) эффективности экспериментов. В этих исследованиях важную роль будут выполнять новые газонаполненные сепараторы (DGFRS-II и GRAND), а также другие установки Фабрики СТЭ, которые планируется создать.

Одним из перспективных способов получения новых нейтроноизбыточных изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов являются реакции многонуклонных передач при околобарьерных столкновениях тяжелых ионов. В частности, реакции многонуклонных передач ведут к образованию еще неизвестных нейтроноизбыточных сверхтяжелых ядер, недоступных в реакциях слияния, вплоть до линии бета-стабильности. Прямой синтез новых ядер в реакциях многонуклонных передач существенно ограничен в связи с экспериментальными трудностями, сопряженными с регистрацией продуктов реакций и недостаточным объемом информации о механизмах реакций. Именно поэтому одной из наших целей является изучение самих реакций.

Еще одной амбициозной задачей команды ЛЯР является измерение масс СТЭ. Для этих целей будет использоваться специализированная система измерения масс, состоящая из пре-сепаратора, криогенной газовой ионной ловушки и многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра.

Установки для экспериментов на радиоактивных пучках позволяют исследовать экзотические ядерные системы вдали от линии β-стабильности. В рамках экспериментальных исследований ЛЯР в области низких энергий на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2 продолжается изучение относительно легких экзотических ядерных систем. Фрагмент-сепаратор установлен на циклотроне У-400М для получения вторичных пучков радиоактивных экзотических ядер по методу «in-flight», что позволяет изучать ядерные гало, нейтронный слой, кластерные состояния, экзотические мультинейтронные распады, двухпротонную радиоактивность, а также осуществлять поиск новых магических чисел и проводить спектроскопию экзотических ядер.

Тема включает в себя два проекта: «Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов» и «Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности».

# Проект «Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов» включает в себя следующие направления:

# Синтез новых элементов

Среди перечисленных выше направлений исследований задача синтеза новых элементов 119 и 120 представляется наиболее важной и станет, безусловно, первоочередной для Фабрики СТЭ. Согласно предсказаниям, самыми многообещающими реакциями для синтеза элементов 119 и 120 являются реакции 249Bk+50Ti→299119\*, 249-251Cf+50Ti→299-301120\* и 248Cm+54Cr→302120\*. Ожидаемые сечения составляют несколько десятков фемтобарн.

**Синтез новых изотопов уже известных СТЭ**

Расширение области известных ядер как в сторону нейтронного избытка, так и нейтронного недостатка, является крайне перспективным и важным для понимания свойств сверхтяжелых ядер, находящихся вблизи острова стабильности. Интересная область карты ядер находится между изотопами, синтезированными в реакциях «холодного» и «горячего» слияния. Эта часть карты ядер может быть заполнена в реакциях слияния с пучком 48Ca и более нейтронодефицитными мишенями, чем те, что уже использовались (233*,*235U, 241Am и др.). Ожидаемые сечения достаточны для проведения исследований.

Систематические экспериментальные исследования этой области ядер, несомненно, обогатят наши знания о свойствах ядер в этой области и повысят точность дальнейших предсказаний.

Важное значение имеет продвижение в область нейтроноизбыточных изотопов СТЭ в районе острова стабильности. Изучение систем с большим избытком нейтронов можно проводить с помощью:

1. Более нейтроноизбыточных мишеней

Смещение на 1–2 нейтрона вправо все еще возможно в реакциях слияния с использованием более нейтроноизбыточных мишеней (например, 251Cf).

1. 2n канала реакций слияния-деления

 Другим возможным способом смещения на 1 нейтрон вправо является синтез сверхтяжелых ядер в использовавшихся ранее комбинациях снаряд–мишень, но в 2n испарительном канале. Ожидаемое уменьшение сечения в несколько раз, по сравнению с аналогичным сечением в 3n-4n канале, должно находиться в пределах существующих экспериментальных возможностей.

1. Альтернативных методов

Возможность синтеза нейтроноизбыточных сверхтяжелых ядер может быть основана на предсказанном (но до сих пор не наблюдавшемся) электронном захвате вблизи острова стабильности, а также на регистрации остатков испарения, полученных при испускании протона и нескольких нейтронов. Так, при облучении пучком 48Ca актинидных мишеней 244Pu и 248Cm в p1n- p3n каналах могут образовываться нейтроноизбыточные изотопы московия и нихония.

Проведение таких экспериментов позволит определить границы острова стабильности. Для этих исследований также требуется существенное повышение чувствительности экспериментов.

1. Реакций многонуклонных передач

Одним из перспективных способов получения новых нейтроноизбыточных изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов являются реакции многонуклонных передач при околобарьерных столкновениях тяжелых ионов. В частности, особый интерес вызывают низкоэнергетические столкновения актинидов. Важной особенностью реакций многонуклонных передач является то, что они ведут к образованию нейтроноизбыточных сверхтяжелых ядер, недоступных в реакциях слияния, что позволяет синтезировать ряд новых изотопов легких СТЭ, вплоть до линии бета-стабильности.

Экспериментальное исследование реакций многонуклонных передач является чрезвычайно сложной задачей из-за многообразия каналов реакции и особенностей их кинематики (широкие угловые и энергетические распределения продуктов). Полное исследование реакций многонуклонных передач должно включать определение энергий продуктов реакции, их зарядов, масс, а также углов разлета. Регистрация сопутствующих частиц (нейтронов, гамма) также является желательным.

**Ядерная спектроскопия СТЭ**

После синтеза и регистрации СТЭ необходимо собрать более подробную информацию об их свойствах – массе, каналах распада, структуре низколежащих уровней и т.д. Это возможно с помощью детальных исследований свойств их распада (α-, β-, γ-спектроскопия) и точных измерений масс.

Спектроскопия изотопов трансфермиевых элементов в фокальной плоскости спектрометра (регистрация альфа-частиц, гамма-квантов, рентгеновских квантов и конверсионных электронов) позволяет определять переходы *материнское ядро* (основное состояние) – *дочернее ядро* (основное, возбужденное и изомерное состояния), а также переходы *материнское ядро* (изомерное состояние) – *материнское ядро* (основное и возбужденное состояния).

Основные эксперименты по изучению свойств радиоактивного распада и структуры изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов будут проводиться на Фабрике СТЭ с использованием установки GRAND и детектирующей системы GABRIELA. Первые эксперименты будут направлены на изучение свойств изотопов флеровия и московия, полученных в реакциях 48Ca+242Pu,243Am с сечениями на уровне нескольких пикобарн.

По окончании модернизации ускорительного комплекса У-400Р, эксперименты по спектроскопии трансфермиевых нуклидов будут продолжены с использованием фильтра скоростей SHELS.

# Изучение химических свойств СТЭ

Относительно высокая стабильность СТЭ открывает уникальные возможности для исследования их химического поведения. Особый интерес вызывает возможность сопоставить свойства СТЭ со свойствами их легких аналогов в группах периодической системы Д.И. Менделеева и таким образом проверить гипотезу о влиянии релятивистских эффектов на закон периодичности химических свойств в области СТЭ. Ответ на данный фундаментальный вопрос чрезвычайно важен для химической идентификации синтезированных элементов.

На Фабрике СТЭ с использованием сепаратора GRAND будет продолжена работа по химической идентификации и изучению свойств СТЭ с порядковыми номерами от Z = 112 до Z = 114 (для изотопов с временами жизни порядка и более одной секунды) в элементарном состоянии на более высоком статистическом уровне.

Основой дальнейшего развития работ по изучению химических свойств СТЭ будет создание в предстоящем семилетнем периоде новой экспериментальной базы на Фабрике СТЭ. Прежде всего это сепаратор GASSOL на основе сверхпроводящего соленоида, предназначенный для изучения химических свойств СТЭ, включая изотопы с временами жизни менее одной секунды.

# Измерение масс сверхтяжелых атомов

Определение масс СТЭ имеет крайне важное значение как для продолжения экспериментальных исследований в этой области, так и для развития теоретических моделей, включая модели, позволяющие определять массы еще неизвестных ядер. В настоящее время единственным источником надежной экспериментальной информации о массах СТЯ является альфа-распад (), измеряемый с точностью около 30 кэВ. В случае распада из основного состояния материнского ядра в основное состояние дочернего ядра позволяет определить разность масс этих ядер. Поэтому измерение массы любого из ядер в цепочке альфа-распада с точностью порядка 30 кэВ даст значение масс всех ядер в цепочке.

В течение 2020–2022 гг. в результате совместной деятельности с Институтом аналитического приборостроения РАН (г. Санкт-Петербург) был разработан эскизный проект многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра, отвечающего требованиям к точности измерения масс. Его создание планируется в ЛЯР ОИЯИ в течение предстоящего семилетнего периода. Спектрометр будет установлен на Фабрике СТЭ вслед за сепаратором GRAND и криогенной газовой ловушкой. В рамках данного Проекта (в 2027–2028 гг.) планируется выполнить первые эксперименты с использованием нового масс-спектрометра.

**Проект «Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности» включает в себя следующие научные направления:**

**Свойства ядер, удаленных от линии β-стабильности**

Установки для проведения экспериментов на радиоактивных пучках позволяют исследовать экзотические ядерные системы, расположенные вдали и за пределами линии β-стабильности. Основной целью работы на данных установках является изучение ядер с избытком нейтронов или протонов, расположенных вблизи границ или за пределами ядерной стабильности. Необходимо отметить, что исследования структуры легких экзотических ядер и границ стабильности по-прежнему остаются актуальными во многих научных центрах, которые активно вносят свой вклад в развитие данной области. Граница ядерной стабильности была достигнуты только в отношении наиболее легких ядер, чьи свойства (5,6,7H, 9,10He, 11,13Li, 16,18Be, 17,19B и др.) интенсивно изучаются.

Текущими и краткосрочными целями исследовательской программы ЛЯР являются изучение структуры легких ядер и ядерных систем вблизи и за пределами границ ядерной стабильности в реакциях передач, а также посредством исследования редких мод распада и оценки влияния механизмов реакций на свойства изучаемых ядер. Применение реакций передач в изучении структуры изотопов вблизи границ ядерной стабильности способствует получению наиболее достоверных сведений и проверке существующей информации.

Предложено реализовывать экспериментальную программу по изучению свойств легких экзотических ядер на сепараторе ACCULINNA-2, установленном на линии первичного пучка ускорителя У-400М. Сепаратор был создан для получения вторичных пучков экзотических ядер методом «in-flight» (сепарация ионов «в пучке»). Энергия вторичных пучков составляет ⁓20-50 МэВ/нуклон, что дает возможность исследовать ядерную структуру малонуклонных реакций передач и делает возможным заселение состояний легких ядер с довольно высокими сечениями – от нескольких мкб/ср до 1 мб/ср. Целью уже проведенных в ЛЯР экспериментов было изучение структуры нейтроноизбыточных ядер 4-7H, 6-10He, 10,11Li, а также протонно-избыточных ядер 6Be, 17Ne и 26S.

Благодаря модернизации улучшилась работоспособность ускорительного комплекса У-400М, что, безусловно, благотворно сказывается на достижении целей экспериментальных исследований. В ходе модернизации были улучшены экспериментальные возможности комплекса: увеличены энергия и интенсивность пучков тяжелых ионов, улучшено их качество, а также усовершенствованы ключевые компоненты циклотрона (РЧ-кикер, спектрометр нулевого градуса, комплекс криогенных мишеней, массив из нейтронных детекторов и телескопы для регистрации заряженных частиц). Установка ACCULINNA-1 будет применяться для проведения тестовых измерений, тестовых и прикладных исследований, не требующих высокой интенсивности и очистки вторичного пучка.

Основными преимуществами ускорительного комплекса ACCULINNA-2 по сравнению с аналогичными сепараторами, работающими по методу «in-flight», являются относительно низкие энергии ионов (от ~5 до 50 МэВ/нуклон) и способность использовать в качестве мишеней все изотопы гелия и водорода (включая тритий), при этом толщина мишени может варьировать в широких пределах (от 1019 до 1021 атом/см2), что достигается за счет выбора фазового состояния вещества – газа или жидкости. Доступность криогенных мишеней из изотопов водорода и гелия позволяет продвинуться в область более экзотических, еще более нейтроноизбыточных ядер, в результате передачи одного-двух нейтронов. Кроме того, энергетический диапазон оптимален для исследования прямых реакций передачи, что, в свою очередь, могло бы способствовать получению наиболее достоверной информации о ядерной структуре.

**Программа исследований границ нуклонной стабильности**

Целью научной программы является изучение свойств изотопов на границах стабильности. Исследование свойств труднодоступных нейтроноизбыточных ядер, а также их зеркальных ядер или изобарических аналогов, является одним из основных направлений экспериментальной программы и играет важную роль в изучении свойств атомных ядер и проверке ядерных моделей. Сопоставление свойств изобарических аналогов позволяет продвинуться в понимании свойств ядерных сил и взаимодействий, лежащих в основе и определяющих поведение атомного ядра. Изучение свойств зеркальных ядер проводится для проверки свойств симметрии ядерных сил, а также для исследования роли изоспиновой симметрии в ядерной структуре.

Предложенные исследования включают в себя:

5He-5H: используется одна и та же комбинация пучок+мишень для проведения экспериментов с реакциями 6He(d,3He)5H и 6He(d,3H)5He в условиях обратной кинематики. Распад обоих изотопов характеризуется испусканием двух нейтронов. Это важно для понимания нейтрон-нейтронного взаимодействия в таких системах. Изучение поведения корреляций *t*+*n*+*n* и 3He+*n*+*n* имеет большое значение для понимания структуры 5H,5He, динамики распада с испусканием 2 нейтронов, а также нейтронного взаимодействия в нейтроноизбыточных ядрах, соответственно.

7H-7He-7B: доступность комбинации пучков и мишеней дает возможность заселять низколежащие состояния в различных реакциях и исследовать их влияние на структуру этих состояний. Такие нейтроноизбыточные изотопы, как 7H and 7He, могут быть заселены в реакциях на пучках ядер 6He и 8H, а низколежащие состояния 7B – в реакциях передачи нейтронов или в зарядово-обменных реакциях. Исследование ядра 7B, представляющее собой зеркальное ядро 7He, откроет новые экспериментальные возможности для изучения свойств 7He.

10He-10Li-10N: эти изотопы – одни из наиболее труднодоступных изобаров с массовым числом A=10, которые могут быть заселены в реакциях передачи с пучками 8He, 9Li и 9C. Измерения характеристик всех продуктов реакций обоих зеркальных ядер 10Li и 10N облегчит проведение сравнительного анализа свойств их ядерных структур, который, в свою очередь, предоставит ценную информацию о природе поведения и взаимодействия этих экзотических изотопов и поможет дополнить теоретические модели, описывающие свойства и механизмы распада изотопов.

Доступность криогенной тритиевой мишени дает уникальную возможность исследовать в реакциях передачи двух нейтронов границы стабильности и свойства ядерной материи за ее пределами. Тритиевая мишень эффективна как источник передачи двух нейтронов. Становятся доступными исследования структуры легких ядер на границе нейтронной стабильности. Использование 3H в качестве мишени дает возможность изучить низколежащие резонансные состояния в 7H, 10He, 13Li и 16Be.

**Структура изотопов на границе стабильности в реакциях (*d*,*p*) и (*d*,*n*)**

Однонуклонные реакции передач сыграли важную роль в формировании нашего понимания о структуре ядра. Такие реакции, как (*d*,*p*), рассматривались в качестве основного метода исследования свойств одночастичных состояний ядер Периодической таблицы Д.И. Менделеева. Кинематическая селективность и высокое сечение реакций (*d*,*p*) с передачей одного нейтрона, в частности, сделали эту реакцию одной из самых часто применяемых для идентификации спин-четности, а также изучения волновых функций одночастичных состояний ядер. Интерес к таким прямым реакциям передачи, как (*d*,*p*), возобновился и подкрепился возможностью проверить новые теоретические методы для расчета характеристик ядерных структур и поставить ряд новых вопросов, представляющих интерес для ядерной астрофизики. Такой подход особенно важен для уточнения информации по ядерным системам при изобилии противоречащих данных. Планируется подробное изучение спектра низколежащих состояний ядер 7,9He, 10Li, заселенных в реакциях (*d*,*p*), с использованием спектрометра нулевого угла и модернизированного нейтронного детектора.

**Экзотические виды распада. Поиск двухпротонной радиоактивности**

Введение в эксплуатацию ВЧ-фильтра откроет возможности для проведения серии экспериментов по изучению протонно-избыточных ядер с *Z*≤36 вблизи границы протонной стабильности. В их число входят ядра, которые согласно предсказаниям претерпевают двухпротонный распад. Более того, значительный интерес вызывает динамика 2p-распада резонансных состояний таких изотопов, как 6Be, 12O, 16Ne, 26S, 30Ar, и др. Изучение моды 2p-распада изотопов 17Ne и 26S должно быть возможным в реакциях передачи (*p*,*d*), (*p*,*t*) под действием радиоактивных пучков и будет включено в программу исследований.

 Исследование низколежащих состояний 26S и поиск канала распада с испусканием двух протонов из основного состояния ядра 26S в реакциях (*p*,*d*), (*t*,*n*) и (*p*,*n*) с пучками 27S, 24Si и 26P, соответственно. Эта новая методика пока не использовалась. ВЧ-фильтр улучшит очистку вторичного пучка 27S/26P/24Si примерно в 50 раз по сравнению с аналогичным пучком, полученным на сепараторе ACCULINNA-1.

В программу исследований входит изучение канала 2*p-*распада из первого возбужденного состояния 17Ne (Jπ=3/2¯), что позволит обновить данные, полученные ранее на ACCULINNA-1. Сюда входит существенное уточнение (в 50 раз) верхнего предела на величину отношения парциальных ширин Γ2*p*/Γγ этого возбужденного состояния. Эти данные представляет также интерес для астрофизических исследований, в частности, для описания процессов горения в звездах. На сепараторе ACCULINNA-2 изотоп 7Ne может быть заселен в реакциях (*p*,*d*) and (3He,*n*) на пучках 18Ne и 15O, соответственно. Новая экспериментальная установка, оснащенная ВЧ-фильтром и спектрометром нулевого градуса, позволит существенно повысить уровень очистки пучка и эффективно подавить фоновые частицы, тем самым способствуя сбору более достоверных данных.

**2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ**

ЛЯР

**2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Организация** | **Страна** | **Город** | **Участники** | **Тип соглашения** |
| IE NASB | Беларусь | Минск | Баев В. Г. +1 чел. | Протокол |
| PTI NASB | Беларусь | Минск | Залески В.И.+ 1 чел. | Протокол |
| INRNE BAS | Болгария | София | Тонев Д. + 3 чел. | Протокол |
| IOP VAST | Вьетнам | Ханой | Ли Хонг Ким+1 чел. | Протокол |
| HCMUS | Вьетнам | Хо Ши Мин | Во Х.Х.+1 чел. | Протокол |
| GSI | Германия | Дармштадт | Дикель Т. | Совместные работы |
| GSI | Германия | Дармштадт | Шайденбергер К.+3 чел. | Протокол |
| GSI | Германия | Дармштадт | Першина В. | Совместные работы |
| MPIK | Германия | Гейдельберг | Блаум К. + 1 чел. | Протокол |
| IUAC | Индия | Нью-Дели | Мадхаван Н. + 4 чел. | Совместные работы |
| MU | Индия | Манипал | Гупта М. + 5 чел. | Совместные работы |
| VECC | Индия | Калькутта | Тилак Гош Кумар + 3 чел. | Совместные работы |
| IIT Ropar | Индия | Рупнагар | Синх П.П. + 5 чел. | Совместные работы |
| IIT Roorkee | Индия | Рурки | Маити М. + 5 чел. | Совместные работы |
| Unina | Италия | Неаполь | Вардачи Э. + 2 чел. | Совместные работы |
| ИЯФ | Казахстан | Алма-Ата | Бутербаев Н. +3 чел. | Соглашение,Совместные работы |
| ИЯФ | Казахстан | Алма-Ата | Бутербаев Н. +3 чел. | Протокол |
| ИЯФ | Казахстан | Алма-Ата | Алимов Д.К. + 3 чел. | Соглашение |
| IMP CAS | Китай | Ланьчжоу | Лю З. + 4 чел. | Протокол |
| IMP CAS | Китай | Ланьчжоу | Ган З. + 6 чел. | Совместные работы |
| IMP CAS | Китай | Ланьчжоу | Чин Ж. + 1 чел. | Совместные работы |
| PKU | Китай | Пекин | Йонлин Йе +1 чел. | Протокол |
| ЦГЛ | Монголия | Улан-Батор | Балжинням Н. + 3 чел. | Соглашение |
| ГНЦ НИИАР | Россия | Димитровград | Тузов А.А. + 5 чел. | Совместные работы |
| ИФТП | Россия | Дубна | Смирнов А.А. + 2 чел. | Соглашение |
| ИНЭОС РАН | Россия | Москва | Трифонов А.А. | Договор |
| МГУ | Россия | Москва | Калмыков С.Н. + 3 чел. | Соглашение |
| НИИЯФ МГУ | Россия | Москва | Еременко Д.О. + 3 чел. | Соглашение |
| НИЦ КИ | Россия | Москва | Алиев Р.А. + 1 чел. | Совместные работы |
| ИЯИ РАН | Россия | Троицк | Жуйков Б.Л. + 1 чел. | Соглашение |
| ИАП РАН | Россия | С.-Петербург | Явор М.И. + 8 чел. | Совместные работы |
| РИ | Россия | С.-Петербург | Хлебников С.В. + 2 чел. | Совместные работы |
| СПбГУ | Россия | С.-Петербург | Шабаев В.М. + 3 чел. | Совместные работы |
| ФТИ им. А.Ф.Иоффе | Россия | С.-Петербург | Еремин В.К. + 1 чел. | Совместные работы |
| ВНИИЭФ | Россия | Саров | Завьялов Н.В. + 5 чел. | Совместные работы |
| ВНИИЭФ | Россия | Саров | Юхимчук А.А.+ 4 чел. | Контракт |
| ВНИПИЭТ | Россия | Сосновый Бор | Несветайлов С.А.+ 4 чел. | Контракт |
| ФНИИЯФ МГУ | Россия | Москва | Еременко Д.О.+2 чел. | Протокол |
| IFIN-HH | Румыния | Бухарест | Борча К. + 2 чел. | Совместные работы |
| CU | Словакия | Братислава | Анталиц С. + 2 чел. | Совместные работы |
| PSI | Швейцария | Виллиген | Айхлер Р. + 5 чел. | Совместные работы |
| iThemba LABS | ЮАР | Сомерсет-Уэст | Д. Принц | Совместные работы |
| iThemba LABS | ЮАР | Сомерсет-Уэст | Джонс П. + 2 чел. | Протокол |
| UNISA | ЮАР  | Претория | Лекала Л.М.+2 чел. | Протокол |
| KU | Республика Корея | Сеул | Парк Х.К +2 чел. | Протокол |

**2.6. Организации-соисполнители** *(те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований по теме невозможно. Пример — участие ОИЯИ в экспериментах LHC
в CERN).*

**3. Кадровое обеспечение**

**3.1. Кадровые потребности в течение первого года реализации**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№№****п/п** | **Категория****работника** | **Основной персонал, сумма FTE** | **Ассоциированный персонал,сумма FTE** |
| 1. | научные работники | 72 |  |
| 2. | инженеры | 33.45 |  |
|  | **Итого:** | **105.45** |  |

**3.2. Доступные кадровые ресурсы**

**3.2.1. Основной персонал ОИЯИ** (общее количество участников)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№№****п/п** | **Категорияработников**  | **Подразделение** | **Должность** | **Сумма FTE**  |
| 1. | научные работники |  |  |  |
|  |  | Дирекция ОИЯИ | Вице-директор | 1 |
|  |  | ЛЯР | Зам. научного руководителя | 1 |
|  |  | ЛЯР | Зам. директора лаборатории | 2 |
|  |  | ЛЯР | Ученый секретарь | 1 |
|  |  | ЛЯР | Начальник сектора | 5.4 |
|  |  | ЛЯР | Начальник группы | 9 |
|  |  | ЛЯР | Главный научный сотрудник | 1.5 |
|  |  | ЛЯР | Ведущий научный сотрудник | 4.5 |
|  |  | ЛЯР | Старший научный сотрудник | 12.4 |
|  |  | ЛЯР | Научный сотрудник | 15 |
|  |  | ЛЯР | Младший научный сотрудник | 18.7 |
|  |  | ЛЯР | Стажер-исследователь | 0.5 |
| 2. | инженеры |  |  |  |
|  |  | ЛЯР | Ведущий инженер | 6.4 |
|  |  | ЛЯР | Старший инженер | 5.2 |
|  |  | ЛЯР | Инженер | 19.6 |
|  |  | ЛЯР | Лаборант | 2.25 |
|  | **Итого:**  |  |  | **105.45** |

**3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№№****п/п** | **Категория работников** | **Организация-партнер** | **Сумма FTE** |
| 1. | научные работники |  |  |
| 2. | инженеры |  |  |
|  | **Итого:**  |  |  |

**4. Финансовое обеспечение**

**4.1. Полная сметная стоимость темы /КИП**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№№****п/п**  | **Наименование работ** | **Стоимость** | **Расходы в год****(тыс. долл. США)** |
| 1-йгод | 2-йгод | 3-йгод | 4-йгод | 5-йгод | 6-йгод | 7-йгод |
| 1. | Международное сотрудничество (МНТС)  | 2 380 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 |
| 2. | Материалы  | 7 000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 3. | Оборудование и услуги сторонних организаций  | 13 870 | 1950 | 1950 | 1970 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 4. | Пуско-наладочные работы | 80 | 30 | 30 | 20 | - | - | - | - |
| 5. | Услуги научно-исследовательских организаций  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6. | Приобретение программного обеспечения | 490 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 7. | Проектирование/строительство | 50 | 20 | 20 | 10 | - | - | - | - |
| 8. | Сервисные расходы (*планируются в случае прямой принадлежности к проекту)* |   |   |   |   |   |   |   |   |
| **ВСЕГО:** | **23 870** | **3 410** | **3 410** | **3 410** | **3 410** | **3 410** | **3 410** | **3 410** |

**4.2. Внебюджетные источники финансирования**

В рамках темы предполагается финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков

в следующем объеме (указать суммарно по проектам).

**СОГЛАСОВАНО:**

**Главный ученый секретарь Института Директор лаборатории**

 **/С.Н. Неделько/ /С.И. Сидорчук/**

**“ “ 2023г. “ “ 2023г.**

**Руководитель ДБиЭП Ученый секретарь лаборатории**

 **/Н.В. Калинин/ /А.В. Карпов/**

**“ “ 2023г. “ “ 2023г.**

**Руководитель ДНОД Экономист лаборатории**

 **/ / /Т.В. Мамонова/**

**“ “ 2023г. “ “ 2023г.**

**Руководитель ДКиД Руководитель темы**

 **/Е.А. Калганова/ /С.И. Сидорчук/**

**“ “ 2023г. “ “ 2023г.**

**Руководитель проекта ( )**

 **/М.Г. Иткис/**

 **“ “ 2023г.**

**Руководитель проекта ( )**

 **/А.В. Карпов/**

 **“ “ 2023г.**

**Руководитель проекта ( )**

 **/Г. Каминьски/**

 **“ “ 2023г.**

**Руководитель проекта ( )**

 **/С.И. Сидорчук/**

 **“ “ 2023г.**