**Приложение 3.**

***Форма открытия (продления) Проекта / (Подпроекта КИП)***

 **УТВЕРЖДАЮ**

 **Директор Института**

 **“ “ \_\_\_ 2023 г.**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ / ПРОДЛЕНИЯ**

**ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА**

**ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ**

**1. Общие сведения о проекте / подпроекте крупного инфраструктурного проекта (далее КИП)**

**1.1. Шифр темы / КИП** (для продлеваемых проектов) *– шифр темы включает дату открытия, дата окончания не указывается, т. к. она определяется сроками завершения проектов в теме.*

«Нейтронная ядерная физика»

**1.2.**  **Шифр проекта / подпроекта КИП** (для продлеваемых проектов и подпроектов)

**1.3. Лаборатория: ЛНФ**

**1.4. Научное направление: Ядерная физика**

**1.5. Наименование проекта / подпроекта КИП**

**Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (проект TANGRA – Tagged Neutrons and Gamma Rays)**

**1.6. Руководитель(и) проекта / подпроекта КИП**

**Копач Ю.Н.**

**1.7. Заместитель(и) руководителя проекта / подпроекта КИП (научный руководитель проекта/ подпроекта КИП)**

**Федоров Н.А.**

**2. Научное обоснование и организационная структура**

**2.1. Аннотация**

Информация о нейтрон-ядерных взаимодействиях крайне важна как для фундаментальной, так и для прикладной физики. Отсутствие у нейтрона электрического заряда делает его уникальным зондом для исследования ядерных сил. Обусловленная электрической нейтральностью высокая проникающая способность нейтронного излучения делает перспективным его применение для изучения структуры вещества как на ядерном, так и на молекулярном уровнях. Нейтроны широко используются и в прикладных целях: в досмотровых комплексах, установках неразрушающего элементного анализа, в устройствах для исследования ближайшего окружения буровых скважин (каротажа), а также, при создании детекторов нейтронов и гамма-квантов, используемых на борту орбитальных и спускаемых космических аппаратов для анализа грунта и атмосферы небесных тел. Сведения о нейтрон-ядерных реакциях необходимы и для проектирования перспективных ядерно-энергетических установок, а также для моделирования различных приборов и объектов, так или иначе взаимодействующих с нейтронным излучением. Показателем актуальности исследования характеристик нейтрон-ядерных взаимодействий может служить то, что список наиболее востребованных ядерных данных по большей части состоит из запросов, напрямую связанных с нейтрон-ядерными реакциями [1].

Проект TANGRA (TAgged Neutrons and Gamma Rays) направлен на изучение нейтрон-ядерных реакций с использованием метода меченых нейтронов, поиск новых путей использования нейтронных методов в фундаментальных и прикладных исследованиях, усовершенствование существующих и создание новых подходов к обработке результатов ядерно-физических экспериментов. Одной из задач, решаемых в рамках проекта, является интерпретация существующих экспериментальных данных по реакциям взаимодействия быстрых нейтронов с атомными ядрами, их систематизация и валидация. Приоритетным направлением работы является получение ядерных данных.

**2.2. Научное обоснование (**цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски)

Сведения об особенностях нейтрон-ядерных взаимодействий необходимы как для фундаментальной, так и для прикладной физики. Отсутствие у нейтрона электрического заряда делает его уникальной пробной частицей для исследования ядерных сил. Обусловленная электрической нейтральностью высокая проникающая способность нейтронного излучения делает перспективным его применение для изучения структуры вещества на разных уровнях организации: от атомных ядер до крупных молекул и кристаллов. Нейтроны широко используются и в прикладных целях: в досмотровых комплексах, установках неразрушающего элементного анализа, в устройствах для исследования скважин (каротажа). Информация о нейтрон-ядерных реакциях необходима и для проектирования перспективных ядерно-энергетических установок, а также для моделирования различных приборов и объектов, так или иначе взаимодействующих с нейтронным излучением.

Наиболее удобными для изучения процессами взаимодействия нейтронов с ядрами являются неупругое рассеяние и радиационный захват, в результате которых происходит испускание γ-квантов, регистрация которых не представляет больших технических трудностей. Последнее обстоятельство также делает использование этих реакций в прикладных целях более привлекательным. Исследование неупругого рассеяния нейтронов может дать информацию о свойствах связанных состояний ядер [2], особенно тяжелых, так как нейтрон не испытывает влияния кулоновского барьера и может проникнуть в ядро, обладая сколь угодно низкой энергией [3]. Кроме того, изучение (n′ ,γ) угловых корреляций и анизотропии γ-излучения позволяет уточнить механизм неупругого рассеяния (прямой или посредством составного ядра) [4], уточнить параметры оптического потенциала, применяемого для описания конкретного ядра [5]. Исследование взаимодействия нейтронов с энергиями 14,1 МэВ с веществом, рождающихся в реакции d + t → α + n, в настоящее время приобретает особую актуальность в связи с тем, что она является наиболее перспективной для осуществления управляемого термоядерного синтеза [6]. Другим применением этой реакции является получение нейтронного излучения с помощью компактных источников – нейтронных генераторов, которые в настоящее время активно используются как для поиска опасных веществ внутри различных объектов, так и в геологии при исследовании состава и влажности горных пород (т. н. нейтронный каротаж) [7]. Важным преимуществом нейтронных генераторов, помимо компактности, является возможность реализации так называемого метода меченых нейтронов (ММН), заключающегося в регистрации заряженных частиц, рождающихся совместно с нейтроном в бинарной реакции, с помощью встроенного в генератор α-детектора. Применение ММН позволяет оценить направление движения излученного нейтрона и получить временную привязку к моменту его рождения. Регистрация сигналов с детекторов вторичных излучений совместно со срабатываниями встроенного в генератор α-детектора позволяет проводить отбор событий по разнице во времени между срабатываниями детекторов. Преимуществом данного подхода является возможность выделения событий, соответствующих реакциям в изучаемом объекте, и его применение приводит к существенному снижению вклада фоновых событий в получаемые результаты. Перечисленные особенности нейтронных генераторов с возможностью мечения нейтронов делают перспективным их применение в экспериментальных установках для исследования нейтрон-ядерных реакций.

Реакции (n,xγ) с испусканием γ-квантов являются наиболее доступными для изучения, так как для их регистрации требуются только γ-детекторы, а необходимость в вакуумном оборудовании и длинных пролетных базах отсутствует. Помимо γ-лучей в этих реакциях испускаются обозначаемые как x вторичные частицы: n, p, α. Для исследования этих реакций в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка Объединенного Института Ядерных Исследований (ЛНФ ОИЯИ, Дубна) была создана установка TANGRA (TAgged Neutrons and Gamma Rays), и, спустя некоторое время, была образована одноименная коллаборация.

**Цели предлагаемого проекта следующие:**

1) Исследование (n,xγ) реакций с помощью ММН;

2) Разработка алгоритмов и программ для анализа экспериментальной информации, поступающей с детекторов нейтронного и γ-излучений;

3) Тестирование различных теоретических подходов, описывающих изучаемые процессы.

4) Создание и развитие базы данных по сечениям реакций взаимодействия нейтронов с энергией 14,1 МэВ с ядрами различных элементов и характеристическим γ-линиям, излучаемых в этих реакциях, для расширения применимости метода меченых нейтронов для идентификации широкого круга сложных химических веществ;

5) Разработка методики исследования элементного состава различных объектов на базе ММН с целью определения содержания в них широкого ряда химических элементов.

6) Экспериментальное и теоретическое исследование (n,γ) и (n’,γ) - корреляций в реакциях неупругого рассеяния нейтронов

7) Исследование реакций (n,α) и (n,2n) характеристики которых необходимы для нужд астрофизики

**Актуальность:**

Информация о сечениях излучения γ-квантов веществом под действием нейтронов с энергией 14.1 МэВ в настоящее время становится все более актуальной. Современные компактные нейтронные генераторы позволяют создавать установки для быстрого элементного анализа различных веществ, востребованные в различных областях промышленности (металлургия, производство минеральных удобрений), обеспечении безопасности (анализ потенциально опасных объектов), геологоразведке (анализ образцов) и сельском хозяйстве (анализ химического состава почв). К настоящему моменту одним из основных препятствий к широкому применению данных устройств является отсутствие релевантной базы данных по сечениям излучения характеристических γ-линий ядрами различных элементов. Доступные сейчас данные такого рода изобилуют неточностями и неполны.

Помимо информации о спектрах γ-квантов, востребованы сведения и об их угловых распределениях, необходимые, с одной стороны, для точного моделирования ядерно-физических экспериментов и оптимизации геометрии установок для элементного анализа с целью увеличения их эффективности. Угловые корреляции (n,γ) и (n,n’,γ) полезны для понимания свойств и механизмов ядерных реакций.

Используемые в настоящее время нейтронные генераторы способны производить достаточно интенсивный поток нейтронов, что позволяет использовать эти устройства для получения востребованных современной ядерной физикой и астрофизикой ядерных данных по реакциям (*n,n’*), (*n,p*), (*n,a*) и (*n,2n*) при сравнительно небольших финансовых затратах.

**Научная новизна:**

Несмотря на достаточно долгую историю исследования нейтрон-ядерных реакций, информация об отдельных каналах реакции взаимодействия быстрых (14 МэВ) нейтронов с атомными ядрами остается неполной. Так, наиболее полной подборкой информации по сечениям излучения γ-квантов ядрами различных элементов при энергии налетающих нейтронов около 14 МэВ является (Simakov S.P. et al. IAEA, 1998). Эта компиляция содержит данные для 36 элементов и изобилует большим количеством неточностей и неопределенностей. Следует отметить, что наибольшая часть ранее проведенных экспериментов данного типа была проведена в 60-е – 80-е годы XX века, полнота и точность полученных данных недостаточны для потребностей современных исследований. В рамках планируемых работ предполагается провести измерения сечений излучения γ-квантов для более 50 элементов, в том числе для 24 элементов – впервые. На основе полученной информации впервые будет создана база сечений, пригодная для целей элементного анализа.

Информация, получаемая при исследовании угловых корреляций продуктов нейтрон-ядерных реакций полезна для развития теоретических представлений об особенностях этих процессов. В настоящее время наблюдается острая нехватка данных о корреляциях (n,γ) и (n,n’,γ) для неупругого рассеяния нейтронов энергии 14 МэВ: угловые распределения относительно направления налетающих нейтронов неизвестны для большого числа ядер, для корреляций типа (n,n’,γ) известно всего несколько экспериментов, поставленных в 60-е - 80-е гг. прошлого века, при этом известно значительно больше аналогичных данных по реакциям с протонами.

Одним из новых способов применения метода меченых нейтронов является определение содержания углерода в почве, которая является одним из значимых природных резервуаров углерода. Потребность в увеличении охвата мониторинга одновременно с повышением его точности и детализации в описании вариабельности органического углерода почвы формирует запрос на развитие инструментальной базы, обеспечивающей сокращение объема пробоподготовки, создание полевых/мобильных версий приборов/лабораторий, автоматизацию анализа, возможность в одном измерении определять сразу несколько характеристик.

Исследование реакций неупругого рассеяния нейтронов на ядрах даст дополнительную информацию о механизме реакций (n,n`), (n,2n`), (n,xn`), например, изучение процесса 10B(n, 2n)9B, и позволит протестировать и улучшить теоретическое описание этих процессов. Выполнение экспериментальной программы проекта важно и для фундаментальной ядерной физики: нейтрон-ядерные реакции являются одним из основных источников сведений о деформации ядер, глубине, радиусе и диффузности потенциала ядерных сил. Получаемая при выполнении таких экспериментов информация позволяет уточнить наши представления о структуре и свойствах атомных ядер.

**Методы и подходы:**

Суть метода меченых нейтронов (ММН) [6] (в английской литературе используется также термин API-method (Associated Particles Imaging)) состоит в регистрации продуктов нейтрон-ядерной реакции в совпадениях с α-частицей, образующейся в реакции

d +3Н → 4He (3.5МэВ) + n (14.1МэВ). (1)

В бинарной реакции (1) α-частица и нейтрон разлетаются практически в противоположных направлениях и поэтому, зная направление импульса α-частицы, можно с хорошей точностью определить направление импульса нейтрона. Таким образом, мечение нейтрона осуществляется с помощью позиционно-чувствительного α-детектора, встроенного в портативный нейтронный генератор. Ускорительная структура нейтронной трубки обеспечивает ускорение дейтронов до энергий 80-100 кэВ и последующую фокусировку на тритиевой мишени.

Наиболее удобным для исследования процессом является реакция типа (n,Xγ). В этом случае измерение временного интервала между сигналами с α- и γ-детекторов позволяет определить расстояние от точки испускания нейтрона в реакции (1) до точки, в которой произошло взаимодействие меченого нейтрона с ядром исследуемого вещества (скорость нейтрона с энергией 14.1 МэВ равна 5 см/нсек). Таким образом, с помощью ММН возможно определение всех трех координат точки, в которой произошло образование характеристического γ-излучения.

За счет введения (α-γ)-, (α-n**’**)-, (α-n**’**γ)-совпадений появляется возможность эффективно разделять полезные и фоновые события, при этом, в зависимости от используемой конфигурации детекторных систем и алгоритмов обработки данных, подавление фона может достигать 200 раз по сравнению с экспериментом без мечения нейтронов.

В экспериментах проекта традиционно используется два типа детекторных систем: «Ромашка» и «HPGe». Первая представляет из себя набор детекторов, расположенных в горизонтальной плоскости вокруг изучаемого образца и предназначенная для измерения угловых распределений вторичных частиц (γ-квантов или нейтронов), и состоящая, в зависимости от целей эксперимента, из детекторов NaI(Tl), BGO или пластиковых сцинтилляторов. Большое количество комбинаций «нейтронный пучок-детектор вторичных излучений» позволяет выполнять измерение угловых распределений вторичных частиц и их корреляций с хорошим угловым разрешением без перемещений детекторов.

Вторая система предназначена для исследования сечений излучения γ-квантов с максимально достижимым энергетическим разрешением, для чего используются детекторы из сверхчистого германия. Ранее нами были выполнены измерения выходов γ-излучения для ряда элементов с использованием одного HPGe-детектора. В настоящее время ведется сборка установки для измерения сечений испускания γ-квантов в нейтрон-ядерных реакциях, в состав которой войдут 2 HPGe-спектрометра.

Для разработки методики элементного анализа почв предполагается проведение поэтапной работы, которая будет завершена с получением результатов полевых измерений. Потребуется произвести проектирование и конструирование нескольких экспериментальных установок, каждая из которых будет решать свою задачу. При проектировании планируется активно использовать цифровое моделирование для определения конфигурации каждой установки с учетом специфики ее работы. По крайней мере, одна установка будет предназначена для лабораторной работы с подготовленными образцами, ещё одна установка будет создана для работы непосредственно в поле, в условиях карбонового полигона. Все установки будут включать в себя портативный нейтронный генератор (НГ) ИНГ-27 и набор гамма-детекторов.

В качестве образцов предполагается использовать как образцы с контролируемым химическим составом, так и образцы реальных почв. Предполагается сравнить значения и точности определения массовых концентраций элементов, полученные традиционными методами анализа, со значениями измеренными на созданных экспериментальных установках с целью верификации разрабатываемой методики на этапе лабораторных исследований. Важным фактором, влияющим на возможность применения данного метода в полевых условиях и на достижимую точность, является присутствие в почве растительности и другой органики. Для оценки влияния этого фактора планируются измерения образцов почвы с растительностью и без, а также отдельных образцов растительности с целью изучения возможности учета наличия растительности путем введения соответствующих поправочных коэффициентов.

**Ожидаемые результаты:**

1) Выполнение экспериментов по исследованию угловых распределений рассеянных нейтронов

2) Экспериментальное исследование (n,γ) и (n’,γ)-корреляций.

3) Теоретическое описание исследуемых реакций.

4) Проведение экспериментов по исследованию реакции (n,2n)

5) Заключение о применимости ММН для выполнения элементного анализа почв. В случае положительного результата — создание прототипов стационарной и мобильной установок, а также методических рекомендаций по их использованию для целей сельского хозяйства и экологического мониторинга.

Полученные при реализации настоящего проекта результаты будут ценны как для фундаментальной, так и прикладной науки. Полученные экспериментальные данные по выходам и угловым распределениям γ-квантов могут быть использованы для увеличения точности моделирования методом Монте-Карло различных физических установок. Другим планируемым применением полученных экспериментальных результатов является быстрый элементный анализ. Оптимизированные параметры моделей могут быть использованы для теоретического описания ранее не изученных реакций. Разработанные прототипы установок для элементного анализа почв могут стать основой для создания устройств, полезных для интенсификации сельского хозяйства и мониторинга состояния окружающей среды.

**Риски:**

*Сильные стороны проекта:*

При выполнении проекта предполагается использовать достаточно хорошо отработанную технологию ММН. Используемые в качестве источников нейтронов D-T — генераторы сравнительно недороги и безопасны при правильной эксплуатации. Коллектив проекта высококвалифицирован, хоть и включает в себя значительное количество молодых (до 35 лет) специалистов. У коллектива есть в распоряжении оборудование, которого уже достаточно для выполнения минимальной программы исследований. Сотрудники, участвующие в проекте, имеют большой опыт исследования реакций типа (n,Xγ), реализуемость программы по изучению сечений излучения γ-квантов в этих реакциях не вызывает сомнений при наличии возможности закупки всех планируемых к исследованию образцов.

*Слабые стороны проекта:*

К несущественным недостаткам используемой методики можно отнести конечный срок службы нейтронных генераторов и необходимость их замены при исчерпании ресурса.

Потенциальными рисками при разработке методики элементного анализа почв является невозможность прямого разделения углерода, содержащегося в органических и неорганических соединениях, а также наличие большого числа факторов (плотность, влажность, наличие растительности, состав материнской породы и т. д.), влияющих на точность получаемых результатов. Есть риск, что применение созданной методики окажется нецелесообразным по экономическим причинам. Тем не менее, информация о принципиальной неразрешимости указанных проблем отсутствует.

**Литература**

1. NEA Nuclear Data High Priority Request List. URL: https://www.oecd-nea.org/dbdata/hprl/.
2. Phillips G. C., Marion J. B., Risser J. R. Progress in Fast Neutron Physics. University of Chicago Press, Chicago, 1963.

Игнатович В. К. Физика ультрахолодных нейтронов. Наука, М., 1986. С. 271.

1. Benetskii B. A., Frank I. M. Angular correlation between gamma rays and 14 MeV neutrons scattered inelastically by Carbon // JETP. 1963. Vol. 17. P. 309.
2. Van J. J., Lind D. A. Measurements of Inelastic Scattering Cross Sections for Fast Neutrons. // Phys. Rev. 1956. Vol. 101. P. 103.
3. Sheffield J. Fun in Fusion Research. Elsevier, 2013.
4. V Valkovic. 14 MeV Neutrons. Physics and Applications. CRC Press, New York. 2015. 516 p.

**2.3. Предполагаемый срок выполнения**

Сроки выполнения проекта: 2024 – 2028 гг.

Научная программа проекта будет планомерно реализовываться в течение указанного периода.

**2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ**

В ходе выполнения проекта планируется сотрудничество с другими лабораториями ОИЯИ: ЛИТ, ЛЯП, ЛЯР, ЛФВЭ

Потребности в ресурсах МИВК:

|  |  |
| --- | --- |
| **Вычислительные ресурсы** | **Распределение по годам** |
| **1 год** | **2 год** | **3 год** | **4 год** | **5 год** |
| Хранение данных (ТБ)- EOS- Ленты |  |  |  |  |  |
| Tier 1 (ядро-час) |  |  |  |  |  |
| Tier 2 (ядро-час) |  |  |  |  |  |
| СК «Говорун» (ядро-час)- CPU- GPU |  |  |  |  |  |
| Облака (CPU ядер) |  |  |  |  |  |

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  **Организация** | **Страна** | **Город** | **Участники** | **Тип соглашения** |
| **ИГГ НАНА** | **Азербайджан** | **Баку** | **Гусейнов Д.А.**  | **Совместные работы** |
| ИЯИЯЭ БАН  | Болгария | София | Русков И. + 4 чел | Протокол |
| AU | Египет | Александрия | Бадави М.С. + 3 чел | Совместные работы |
| BHU | Индия | Варанаси | Кумар А. + 3 чел. | Совместные работы |
| ИХ АНМ | Молдова | Кишинев | Чокырлан А.Г. | Протокол |
| Диамант  | Россия | Дубна | Сыроватская Т.Н.  | Совместные работы |
| ВНИИА |  | Москва | Боголюбов Е.П. + 1 чел | Совместные работы |
| МГУ |  |  | Белохин В.С. | Протокол |
| НИИЯФ МГУ |  |  | Третьякова Т.Ю. + 2 чел | Протокол |
| НИЦ КИ |  |  | Барабанов А.Л. + 2 чел | Совместные работы |
| ФИЦ “Почвенный ин-т” |  |  | Болотов А.Г. | Протокол |
| UO | Румыния | Орадя | Опреа А. | Совместные работы |
| УНС | Сербия | Нови-Сад | Крмар М. + 3 чел.  | Совместные работы |
| RBI | Хорватия | Загреб | Валкович В. + 2 чел. | Совместные работы |

**2.6. Организации-соисполнители** *(те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований 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 | 5 |  |
| 2. | инженеры | 3 |  |
| 3. | специалисты | 2 |  |
| 4. | служащие | 0 |  |
| 5. | рабочие | 1 |  |
|  | **Итого:** | 11 |  |

**3.2. Доступные кадровые ресурсы**

**3.2.1. Основной персонал ОИЯИ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Категория** | **ФИО** | **Подразделение** | **Должность** | **FTE** |
| Научные работники | Копач Ю.Н., | ЛНФ | зам. директора лаборатории по научной работе |  |
| Швецов В.Н., | ЛНФ | нач. отделения |  |
| Седышев П.В., | ЛНФ | зам. нач. отделения |  |
| Федоров Н.А. + 10 чел. | ЛНФ | нач. сектора |  |
| Сапожников М.Г. | ЛФВЭ | гнс |  |
| Рогов Ю.Н. | ЛФВЭ | нс |  |
| Рабочие |  |  |  |  |
| Итого |  |

**3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория работников**  | **Организация-партнер** | **Сумма FTE** |
| Научныеработники |  |  |
| инженеры |  |  |
| специалисты |  |  |
| рабочие |  |  |
| **Итого:**  |  |  |

**4. Финансовое обеспечение**

**4.1. Полная сметная стоимость проекта/ подпроекта КИП**

Прогноз полной сметной стоимости (указать суммарно за весь срок, за исключением ФЗП).

675 тыс. $

Детализация приводится в отдельной форме.

**4.2. Внебюджетные источники финансирования**

Предполагаемое финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков - общий объем.

**Руководитель проекта (подпроекта КИП)** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата представления проекта (подпроекта КИП) в ДНОД: \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата решения НТС лаборатории: \_\_\_\_\_\_\_\_\_ номер документа: \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Год начала проекта (подпроекта КИП): \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(для продлеваемых проектов) –– год начала работ по проекту: \_\_\_\_\_\_\_

**Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для осуществления Проекта / Подпроекта КИП**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименования затрат, ресурсов,** **источников финансирования** | **Стоимость (тыс. долл.)****потребности в ресурсах** | **Стоимость,** **распределение по годам**  |
| 1 год | 2 год | 3 год | 4 год | 5 год |
|  | Международное сотрудничество (МНТС) | 100 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Материалы  | 150 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Оборудование и услуги сторонних организаций (пуско-наладочные работы) | 350 | 100 | 50 | 100 | 50 | 50 |
| Пуско-наладочные работы |  |  |  |  |  |  |
| Услуги научно-исследовательских организаций  | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Приобретение программного обеспечения | 50 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Проектирование/строительство |  |  |  |  |  |  |
| Сервисные расходы (*планируются в случае прямой принадлежности к проекту)* |  |  |  |  |  |  |
| **Необходимые ресурсы** | **Нормо-час** | Ресурсы |  |  |  |  |  |  |
| * сумма FTE,
 | 101900 | 20380 | 20380 | 20380 | 20380 | 20380 |
| * ускорителя/установки (ЭГ-5 и ИРЕН),
 | 2500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| * реактора ИБР-2
 |  |  |  |  |  |  |
| **Источники финансирования** | **Бюджетные средства** | Бюджет ОИЯИ *(статьи бюджета 4, 5, 6, 10, 11)* | 675 | 165 | 115 | 165 | 115 | 115 |
| **Внебюджет (доп.смета)** | Вклады соисполнителей Средства по договорам с заказчикамиДругие источники финансирования  |  |  |  |  |  |  |

Руководитель проекта (подпроекта КИП) \_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

Экономист Лаборатории \_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП**

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

**Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций**

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

**TANGRA**

ШИФР ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

ШИФР ТЕМЫ / КИП

 «Нейтронная ядерная физика»

ФИО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

Ю.Н.Копач

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО |  |  |  |
| ВИЦЕ-ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| ДИРЕКТОР ЛАБОРАТОРИИ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ЛАБОРАТОРИИ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ЛАБОРАТОРИИ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ / КИП | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ / КИП | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ / КИП | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
| РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |  |
|  |  |  |  |  |
| ОДОБРЕН ПКК ПО НАПРАВЛЕНИЮ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ПОДПИСЬ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ФИО | \_\_\_\_\_\_\_\_\_ДАТА |