

**I. Введение**

Председатель ПКК по ядерной физике М. Левитович представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Дополнительную информацию о прогрессе, достигнутом за последнее время в ходе создания и ввода в эксплуатацию Фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ) в ЛЯР ОИЯИ, представил С. Н. Дмитриев.

Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 125-й сессии Ученого совета (февраль 2019 года) и решениях Комитета полномочных представителей государств-членов ОИЯИ (март 2019 года).

ПКК с удовлетворением отметил, что рекомендации предыдущей сессии ПКК по исследованиям ОИЯИ в области ядерной физики были приняты Ученым советом и дирекцией ОИЯИ.

Ученый совет поздравил ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике с тщательной экспертизой всех проектов и исследований в рамках тем, выполняемых в ОИЯИ в области физики нейтрино, астрофизики и темной материи, проведенной на совместном заседании ПКК 22 января 2019 года.

**II. Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ**

ПКК заслушал отчеты по теме «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и включенному в тему проекту «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)» с предложениями по их продлению, представленные Т. А. Стриж.

ПКК признает существенный прогресс в развитии высокопроизводительной вычислительной компоненты МИВК, связанный с введением в эксплуатацию суперкомпьютера «Говорун» как одного из важнейших инструментов для дальнейшего быстрого развития экспериментальной и теоретической физики в ОИЯИ и странах-участницах.

ПКК одобряет усилия, предпринятые ЛИТ по развитию и совершенствованию телекоммуникационной и сетевой инфраструктуры ОИЯИ, модернизации инженерной инфраструктуры МИВК, наращиванию производительности вычислительных ресурсов и систем хранения данных.

ПКК поддерживает развитие информационных систем ОИЯИ, направленных на обеспечение информационной и программной поддержки научно-исследовательской

деятельности ОИЯИ, в рамках темы «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ».

ПКК также одобряет деятельность ЛИТ по развитию системы подготовки и переподготовки ИТ-специалистов на базе МИВК ОИЯИ и его учебно-образовательных компонент, которая ставит своей целью ознакомление молодых ученых и специалистов ОИЯИ и стран-участниц с современными методами решения прикладных задач на новейших вычислительных архитектурах с применением технологий параллельного программирования. ПКК отмечает, что планируемые исследования являются обоснованными и необходимыми для реализации научно-исследовательской программы ОИЯИ.

Рекомендация. ПКК рекомендует продлить тему «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и проект МИВК в рамках этой темы на 2020–2023 годы с первым приоритетом.

### **III. Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона**

ПКК заслушал отчет по теме «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и предложение по ее продлению, представленные Е. В. Лычагиным. ПКК удовлетворен высоким уровнем результатов, полученных в рамках темы. В частности, ПКК отмечает выдающиеся достижения в исследованиях фундаментальных симметрий с поляризованными нейтронами, широкий спектр превосходных результатов в области прикладных исследований в рамках международных программ и важность работ, выполненных по развитию установки ИРЕН.

ПКК высоко оценивает многостороннее сотрудничество ЛНФ с другими исследовательскими центрами в России и в других странах.

Рекомендация. ПКК рекомендует продлить тему «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» на 2020–2022 годы с первым приоритетом для продолжения научных исследований по ядерной физике с использованием нейтронных установок ЛНФ: высокоинтенсивного импульсного источника нейтронов ИРЕН, импульсного реактора ИБР-2 и электростатического генератора ЭГ-5. В будущем ПКК ожидает получить более подробную информацию о программе по проведению измерений, связанных с ядерными данными, в частности о целях, приоритетах и взаимодополняемости с международными программами. Дирекции ЛНФ следует сконцентрироваться на модернизации экспериментальных залов и павильонов на пучках установки ИРЕН, создании поляризованной ядерной мишени

для работы с поляризованными нейтронами на ИРЕН, модернизации электростатического генератора ЭГ-5. ПКК рекомендует обратить особое внимание на системы транспортировки пучков для увеличения потоков нейтронов в экспериментальных залах. ПКК ожидает, что подробный отчет по этому разделу будет представлен на следующей сессии.

### **Проект TANGRA**

ПКК заслушал отчет по проекту «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций» (TANGRA) в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и предложение по его продлению, представленные Ю. Н. Копачем. Использование BGO-кристаллов и HP-Ge-детекторов привело к значительному улучшению энергетического разрешения при регистрации  $\gamma$ -квантов. Метод успешно развивается как приложение для поиска алмазов в кимберлитовых рудах.

Рекомендация. ПКК признает важность проекта TANGRA и рекомендует продлить его на 2020–2022 годы с первым приоритетом. Следует активизировать международное сотрудничество с институтами, проявившими интерес к этому проекту. Необходимо приложить активные усилия для достижения конечной цели по анализу образцов марсианского грунта.

### **Предложения о намерениях открыть новые проекты в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона»**

Было представлено два предложения. Для принятия какой-либо рекомендации необходимо иметь больше информации об этих масштабных программах: предоставить подробные планы действий, направленные на решение технологических проблем, и сведения о требуемых людских ресурсах и сроки выполнения.

До рассмотрения полных заявок на открытие проектов ПКК предлагает авторам:

– доказать стабильность и точность калибровки однопиксельного детектора для проекта «Создание прототипа установки для измерения времени жизни нейтрона методом времени пролета»;

– предложить реализуемую конструкцию криостата для проекта «Создание установки для поляризации нейтронов и ядер».

Рекомендация. ПКК рекомендует авторам более детально проработать планы работ с определением этапов и очередности, их целей и необходимых ресурсов; оформить материалы в виде новых проектов в рамках указанной темы и представить их на следующей сессии ПКК.

#### **IV. Разработка нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ**

ПКК с интересом заслушал информацию о предложении ЛНФ открыть новую тему «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ», представленную В. Н. Швецовым. ПКК разделяет озабоченность руководства и коллектива ЛНФ ситуацией, которая сложится к моменту завершения срока службы реактора ИБР-2, и поддерживает необходимость создания в ОИЯИ источника нейтронов мирового уровня для сохранения лидирующих позиций в области физики конденсированных сред.

Рекомендация. ПКК поддерживает предложение об открытии темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ» на 2020–2022 годы и рекомендует дирекции ЛНФ и руководству темы регулярно информировать ПКК по ядерной физике о ходе работ по разработке нового источника нейтронов с учетом реализации на нем текущей экспериментальной программы по ядерной физике.

#### **V. Проект GDH&SPASCHARM&NN**

ПКК заслушал подробный отчет, представленный Ю. Н. Узиковым, по проекту GDH&SPASCHARM&NN, который фактически состоит из трех независимых экспериментов, связанных с изучением спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях, и технически полностью опирающихся на поляризованные протонные и дейтериевые мишени с замороженным спином, созданные и обслуживаемые дубненской группой.

Эксперимент GDH на микротроне MAMI-C (Майнц) показал великолепные результаты по новизне и точности. Эксперимент успешно осуществляется с новой поляризованной мишенью, включающей в себя горизонтальный  $^3\text{He}/^4\text{He}$  криостат с рефрижератором растворения, в сочетании с детектором Crystal Ball и спектрометром TAPS.

Эксперимент SPASCHARM в ИФВЭ в Протвино идет полным ходом с использованием высокоэнергетических пучков протонов и антипротонов и в ближайшее время появятся новые важные результаты в исследовании структуры

спина нуклонов. Создание поляризованных пучков значительно расширит область экспериментов в 2020–2023 годах.

Эксперимент NN в Праге готовится на поляризованном пучке нейтронов с энергией 14 МэВ, который будет направлен на поляризованную дейтериевую мишень, чтобы изучить трехнуклонные ( $3N$ ) силы в ( $nd$ ) взаимодействиях.

Рекомендация. ПКК признает важную роль дубненской группы во всех трех экспериментах и рекомендует продлить проект GDH&SPASCHARM&NN на 2020–2022 годы с первым приоритетом. Для поддержания международного уровня исследований группе следует принимать активное участие во всех измерениях.

## **VI. Проект Э&Т&РМ**

ПКК заслушал отчет по проекту «Исследование глубокоподкритических электроядерных систем и возможностей их применения для производства энергии, трансмутации ОЯТ и исследование в области радиационного материаловедения» (Э&Т&РМ), представленный А. А. Балдиным. Были проведены расчеты радиационных полей при облучении квазибесконечной мишени протонным пучком с энергией  $E_p = 660$  МэВ и выбраны безопасные режимы облучения. Кроме того, были проведены эксперименты с разными нейтрон-образующими мишенями, которые устанавливаются в центр бланкета «Большой урановой мишени». Подготовлена аппаратура для получения экспериментальных данных о числах деления трансмутации и спектрах нейтронов утечки.

ПКК выделяет положительные аспекты проекта, такие как возможность изучать утилизацию отработанного ядерного топлива, разработку нового нейтронного детектора, сравнение результатов моделирования по методу Монте-Карло с экспериментальными данными, участие в работе аспирантов.

Рекомендация. ПКК отмечает большую работу, связанную с перевозкой и установкой «Большой урановой мишени» на фазотроне ЛЯП, и рекомендует продлить проект Э&Т&РМ на 2020 год с первым приоритетом.

## **VII. Предложение по созданию прототипа сильноточного линейного ускорителя тяжелых ионов**

ПКК заслушал предложение по открытию нового проекта «Создание прототипа начальной секции сильноточного линейного ускорителя тяжелых ионов, нацеленного на получение интенсивных пучков радиоактивных ионов (RIBs) для фундаментальных исследований», представленное Л. В. Григоренко. ПКК отмечает, что большой объем

работы направлен на разработку и проверку различных методов ускорения высокоинтенсивных тяжелых ионов с использованием современной техники (источник ионов ЭЦР 28 ГГц, CW RFQ, CW DTL, CW-резонаторы, соленоиды и т. д.). В результате этой работы ожидается создание прототипа начального участка линейного ускорителя и проработка конструкции ускорителя LINAC-100. В дальнейшем этот сильноточный ускоритель в совокупности с интегрированным окружающим оборудованием, предназначенным для производства RIBs (фрагмент-сепаратор, газовая ловушка ионов, спектрометр MR-TOF, комплекс накопительных колец и т. д.), позволит проводить уникальные эксперименты мирового уровня с радиоактивными пучками.

Подробная научная программа, технико-экономическое обоснование и последующий концептуальный проект будущей установки предлагается выполнить на начальном этапе проекта.

Рекомендация. ПКК рекомендует открыть проект «Создание прототипа начальной секции сильноточного линейного ускорителя тяжелых ионов, нацеленного на получение интенсивных пучков радиоактивных ионов (RIBs) для фундаментальных исследований» в рамках темы «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» на двухлетний период 2020–2021 годов. ПКК уверен, что полная реализация проекта потребует его дальнейшего продления. Эта работа должна поддерживаться обеспечением людских и финансовых ресурсов, но так, чтобы не нарушить только что стартовавшую программу исследований сверхтяжелых трансурановых элементов на новой Фабрике СТЭ. В то же время ПКК рекомендует более детально проработать план по созданию установки с определением этапов, целей и необходимых ресурсов. Особое внимание следует обратить на разработку начальной части ускорителя, проектирование производящей мишени для снятия высокой мощности и высокоинтенсивной газовой ячейки для пучков радиоактивных ионов. Большой интерес российских и зарубежных институтов к техническим разработкам для реализации представленного проекта, безусловно, полезен для своевременного завершения работ. Эти разработки помогут использовать в полной мере все возможное сотрудничество с ведущими международными центрами, в которых создаются и/или эксплуатируются сверхпроводящие линейные ускорители (LINAC).

ПКК рекомендует изучить вопрос взаимосвязи конструкции SC LINAC с мощным линейным ускорителем, который рассматривается в проекте «Плутон» (новый источник нейтронов в ОИЯИ).

## **VIII. Первые результаты экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2**

ПКК с большим интересом заслушал отчет о первых результатах экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2, представленный А. С. Фомичевым. Высокоинтенсивные пучки радиоактивных ионов  $^8\text{He}$  и  $^9\text{Li}$ , полученные на сепараторе АКУЛИНА-2 и циклотроне У-400М, были использованы для производства и изучения распадов  $^7\text{H} \rightarrow t + 4n$  и  $^{10}\text{Li} \rightarrow n + ^9\text{Li}$  соответственно.

Эти два флагманских эксперимента проводились в 2018–2019 годах. Предварительные результаты первого эксперимента, несмотря на сравнительно низкую статистику, направлены в печать, а анализ данных второго эксперимента находится в стадии обработки.

Рекомендация. ПКК поздравляет группу АКУЛИНА-2 с успешным стартом двух убедительных экспериментов по изучению  $^7\text{H}$  и  $^{10}\text{Li}$ . Поскольку сроки и запрашиваемые ресурсы обоснованы, ПКК рекомендует дирекции ЛЯР полностью поддержать проект АКУЛИНА-2 для продолжения научной программы, которая представляется перспективной. ПКК ожидает на следующих сессиях более детальной информации о предстоящих экспериментальных исследованиях (повышение их эффективности, увеличение продолжительности и т. д.).

## **IX. Общая рекомендация**

ПКК в согласии с дирекцией ОИЯИ настоятельно рекомендует, чтобы все предложения по новым проектам и запросы на продление тем или проектов содержали полную информацию о запрашиваемых финансовых и человеческих ресурсах, а также SWOT-анализ.

## **X. Научный доклад**

ПКК с большим интересом заслушал доклад «Распределения адронов по поперечному импульсу в неэкстенсивной статистике Тсаллиса», представленный А. С. Парваном. Это исследование представляет особый интерес для ОИЯИ, поскольку стандартная статистика Больцмана–Гиббса не дает результата при энергиях, доступных на комплексе NICA. Поэтому ПКК поддерживает продолжение работы с использованием неэкстенсивной статистики Тсаллиса в диапазоне энергий NICA.

## **XI. Постерная сессия**

ПКК ознакомился с презентацией молодыми учеными ЛНФ и ЛИТ 13 стендовых сообщений в области ядерной физики. Были отмечены лучшие стендовые сообщения: «Т-нечетные угловые корреляции в эмиссии мгновенных гамма-лучей и нейтронов деления урана поляризованными нейтронами», представленное Д. Б. Бериковым, «Измерение выходов гамма-квантов в реакциях типа (n,xγ) на установке TANGRA», представленное Н. А. Федоровым, и «Изучение методом Монте-Карло систематических ошибок в измерении рассеяния ионов  $^{15}\text{N}$  на  $^{10,11}\text{B}$ », представленное И. Сатышевым.

ПКК рекомендует доклад «Т-нечетные угловые корреляции в эмиссии мгновенных гамма-лучей и нейтронов деления урана поляризованными нейтронами» для представления на сессии Ученого совета ОИЯИ в сентябре 2019 года.

## **XII. Посещение ЛИТ**

Члены ПКК благодарят дирекцию Лаборатории информационных технологий за организацию посещения лаборатории.

## **XIII. Следующая сессия ПКК**

Следующая сессия ПКК по ядерной физике состоится 30–31 января 2020 года.

Ее предварительная программа включает следующие вопросы:

- отчеты и рекомендации по темам и проектам, завершаемым в 2020 году;
- статус Фабрики СТЭ и научная программа;
- результаты экспериментов (полностью завершенных и обработанных) на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2;
- рассмотрение новых проектов;
- научные доклады;
- стендовые сообщения молодых ученых, посвященные новым результатам и проектам в области исследований по ядерной физике.

М. Левитович  
председатель ПКК  
по ядерной физике

Н. К. Скобелев  
ученый секретарь ПКК  
по ядерной физике