

Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона

Руководитель темы: Швецов В.Н.
Заместители: Копач Ю.Н.
Лычагин Е.В.
Седышев П.В.

Участвующие страны и международные организации:

Австралия, Австрия, Азербайджан, Албания, Беларусь, Бельгия, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Германия, Греция, Грузия, Египет, Индия, Казахстан, Китай, Македония, Молдова, Монголия, Норвегия, Польша, Республика Корея, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, США, Таиланд, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, ЮАР, Япония.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

Экспериментальные и теоретические исследования эффектов нарушения симметрий в реакциях с нейтронами и фундаментальных свойств нейтрона для проверки параметров Стандартной модели и поиска "новой физики". Исследования свойств возбужденных ядер, реакций с вылетом заряженных частиц, физики деления. Получение актуальных данных для астрофизики, ядерной энергетики и проблемы трансмутации ядерных отходов с помощью нейтроно- и гамма-индуцированных реакций. Применение методов нейтронной физики в других областях науки и техники. Разработка и создание детекторов нейтронов и других ионизирующих излучений, а также прикладных методов в нейтронной ядерной физике. Развитие импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН и экспериментальной базы на установке ИРЕН и исследовательской ядерной установке (ИЯУ) ИБР-2.

Ожидаемые результаты по завершении этапов темы или проектов:

Научные результаты:

1. Определение ограничения на величину Т-нечетных эффектов в делении в низколежащем резонансе ^{235}U .
2. Определение величин Р-четных эффектов в реакциях $^{14}\text{N}(n,p)$ ^{14}C , $^{35}\text{Cl}(n,p)$ ^{35}S .
3. Измерение полных и парциальных нейтронных сечений в области энергий от тепловых до нескольких МэВ.
4. Исследование распределений мгновенных нейтронов, гамма-квантов и осколков деления, в реакциях спонтанного и нейтронно-индуцированного деления актинидов. Определение порогов разрыва куперовских пар нуклонов в этих ядрах при захвате нейтронов для поиска и изучения влияния сверхтекучих свойств ядра на динамику процесса деления и увеличения точности расчетов ядерно-физических параметров актинидов и осколков их деления.
5. Исследование парамагнитного резонанса нейтронов первого рода для разных ядер в интервале энергии нейтронов 0.062-2.3 эВ на установке КОЛХИДА реактора ИБР-2.
6. Экспериментальное исследование физики взаимодействия нейтронной волны с веществом, движущимся с ускорением (10^4 - 10^5)g.

7. Измерение характеристик резонансных переходов между квантовыми состояниями нейтрона в гравитационном поле Земли на спектрометре GRANIT.
8. Установление ограничения на уровне 10^{-16} на произведение констант связи скалярного и псевдоскалярного аксионоподобного взаимодействия на расстояниях ~ 10 мкм на спектрометре GRANIT.
9. Измерение глубинных профилей различных элементов в различных по составу и структуре образцах.

Методические результаты:

1. Определение элементного состава различных образцов ядерно-физическими методами.
2. Обеспечение стабильной работы установки ИРЕН на физический эксперимент. Увеличение интенсивности ИРЕН в 5 раз.
3. Разработка позиционно-чувствительных спектрометров нового типа для регистрации осколков деления и легких заряженных частиц.
4. Разработка и изготовления шестисекционного детектора множественных нейтронов на базе счетчиков СНМ-14Д с эффективностью регистрации не менее 50% для исследования флуктуаций множественности нейтронов в резонансной области при вынужденном нейтронами делении изотопов урана и плутония.
5. Разработка и создание детектора и регистрирующей аппаратуры для измерения Р-нечетного эффекта в реакции ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$ на холодных поляризованных нейтронах в рамках исследования слабого NN-потенциала.
6. Проект экспериментальной установки, нацеленной на измерения времени жизни нейтрона с точностью $3 \cdot 10^{-4}$.
7. Развитие ядерно-физических методик для элементного анализа твердых тел на пучках ускоренных частиц электростатического генератора ЭГ-5. Работы по созданию микропучка с разрешением порядка 1 микрона.
8. Создание и развитие нейтронных детекторов для космических аппаратов.
9. Создание низкофоновой установки для проведения радиоэкологических исследований.
10. Проект всеволнового поляризатора нейтронов на основе современных технологий.
11. Определение оптимальной технологии приготовления покрытий ловушек УХН с высокой граничной энергией и малым коэффициентом потерь.

Ожидаемые результаты по этапам темы или проектам в текущем году:

Исследования нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами и сопутствующие данные:

1. Определение параметров Т-нечетных эффектов в делении ${}^{235}\text{U}$ на горячем источнике нейтронов.
2. Разработка проекта установки для измерений Р-нечетного эффекта в реакции ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$.
3. Исследование парамагнитного резонанса нейтронов первого рода в образцах гидрида титана TiH_2 в интервале энергии поляризованных нейтронов 0.062-2.3 эВ на установке КОЛХИДА реактора ИБР-2.
4. Измерение зависимости множественных нейтронов от массы и полной кинетической энергии осколков деления в реакции деления ${}^{235}\text{U}$ тепловыми нейтронами на ИБР 2.
5. Измерение и анализ угловых корреляций вылета нейтронов и легких заряженных частиц в спонтанном делении ${}^{252}\text{Cf}$.

6. Измерение параметров неупругого рассеяния нейтронов для легких и тяжелых элементов в рамках проекта TANGRA.
7. Проведение тестовых измерений реакций ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$ и ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ на 1-ом канале установки ИРЕН.
8. Проведение измерений реакции (n,α) на изотопах Ni-60,61 при $E_n=4.5-6.5$ МэВ на установках ЭГ-5 ЛНФ ОИЯИ и ЭГ-4.5 Института физики тяжелых ионов Пекинского университета.
9. Измерения угловых корреляций в реакциях ${}^{14}\text{N}(n,p)$, ${}^{14}\text{N}(n,\alpha)$ на быстрых нейтронах на установке ЭГ-5.

Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН:

1. Методические работы по улучшению параметров спектрометра GRANIT (улучшение системы извлечения нейтронов и системы детектирования) для увеличения светосилы установки. Спектрометр GRANIT создаётся для определения характеристик резонансных переходов между квантовыми состояниями нейтрона в гравитационном поле Земли.
2. Определение характеристик отражателей из алмазных нанопорошков для направленного извлечения очень холодных нейтронов.
3. Создание установки для измерения зависимости коэффициента потерь УХН от энергии в диапазоне энергий, примыкающем к граничным значениям.
4. Подготовка эксперимента по наблюдению квантового туннелирования нейтрона через осциллирующую потенциальную структуру: квантовые расчеты, создание и тестирование экспериментальной установки.
5. Нестационарные квантовые эксперименты с медленными нейтронами: дифракция нейтронов на поверхностной ультразвуковой волне и отражение от осциллирующего зеркала.

Прикладные и методические работы:

1. Проведение калибровочных измерений с макетом 2D позиционно-чувствительного детектора с разрешением по координатам X,Y не хуже 0.7 мм.
2. Изготовление первой секции детектора множественных нейтронов на базе счетчиков СММ-14Д.
3. Исследование тонких приповерхностных слоёв, содержащих различные элементы с разрешением по глубине около 10 нм с помощью ядерно-физических методик ядер отдачи и резерфордского обратного рассеяния ионов.
4. Проведение элементного и изотопного анализа археологических образцов на установке ИРЕН методами нейтронной спектроскопии, нейтронной и гамма-активации.
5. Сравнительный анализ методов элементного анализа с использованием метода меченых нейтронов, стандартных источников нейтронов а также других методов неразрушающего анализа.
6. Проведение нейтронного активационного анализа экологических, геологических, биологических образцов и новых материалов на реакторе ИБР-2 с использованием ПТУ РЕГАТА в рамках проектов, поддерживаемых грантами и программами стран-участниц и стран-ассоциативных членов ОИЯИ, РФФИ и МАГАТЭ.
7. Создание спектрометрического тракта для измерения природной и техногенной радиоактивности для радиозекологических и материаловедческих исследований.
8. Проведение работ по автоматизации нейтронного активационного анализа в ИЯФ (Алматы, Казахстан). Проведение обучения сотрудников ИЯФ (Алматы, Казахстан) теоретическим основам нейтронного активационного анализа и практическому применению современного программного обеспечения для получения и обработки спектрометрической информации.

Развитие установки ИРЕН:

1. Обеспечение 1000 часов работы установки ИРЕН на физический эксперимент.
2. Монтаж системы холодоснабжения ускорителя ЛУЭ-200.

Проекты по теме:

Название проекта	Руководитель проекта	Приоритет проекта (сроки реализации)
1. TANGRA	Копач Ю.Н. Заместитель: Быстрицкий В.М. (ЛЯП)	1 (2014-2019)

Основные этапы темы:

Этап темы или эксперимент	Руководители	Статус проекта или эксперимента
Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ Ответственные от лаборатории	Основные исполнители	
1. Исследования нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами и сопутствующие данные ЛНФ	Копач Ю.Н. Ахмедов Г.С., Бажажина Н.В., Бериков Д., Борзаков С.Б., Буадзе Б., Ван Дунмин, Ву Дык Конг, Гледенов Ю.М., розданов Д.Н., ундорин Н.А., Данилян Г.В., Зейналов Ш.С., Кобзев А.П., Кулик М., Мезенцева Ж.В., Нгуен Тхи Бао Ми, Новицкий В.В., Опра И.А., Опра К.Д., Покотилковский Ю.Н., Попов А.Б., Русков И.Н., Самадов С.Ф., Седышев П.В., Седышева М.В., Сидорова О.В., Ской В.Р., Суховой А.М., Тележников С.А., Цулая М., Чан Ван Фук, Чупраков И., Энхболд С. + 20 инженеров, 3 рабочих	Модернизация Набор данных Анализ результатов
2. Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН ЛНФ	Лычагин Е.В. Бунатян Г.Г., Горюнов С.В., Еник Т.Л., Жерненко К.Н. Игнатович В.К., Кулин Г.В., Мицына Л.В., Музыка А.Ю., Несипбай А., Покотилковский Ю.Н., Стрелков А.В., Франк А.И., Фурман В.И., Шарапов Э.И. + 3 инженера, 2 рабочих	Модернизация Набор данных Анализ результатов
3. Прикладные и методические работы ЛНФ	Седышев П.В. Алексеенок Ю.В., Ахмедов Г.С., Бажажина Н.В., Бериков Д., Борзаков С.Б., Буадзе Б., Бунатян Г.Г., Василев А.С., Ван Дунмин, Вергель К.Н., Виеру Е., Ву Дык Конг, Гайдошикова Л., Гед В.М.Б., Гледенов Ю.М., Горюнов С.В., Грозданов Д.Н., Гундорин Н.А., Данилян Г.В., Дулиу О.-Г., Еник Т.Л., Жерненко К.Н., Зейналов Ш.С., Зиньковская И.И., Игнатович В.К., Кобзев А.П., Куликов О.А., Кулин Г.В., Кулик М., Махайдик Д., Мадададе А.И., Мезенцева Ж.В., Мицына Л.В., Музыка А.Ю., Несипбай А., Нехорошков П.С., Нгуен Тхи Бао Ми, Новицкий В.В., Опра И.А., Опра К.Д., Павлов С.С., Покотилковский Ю.Н., Попов А.Б., Русков И.Н.,	Модернизация Набор данных Анализ результатов

Самадов С.Ф., Седышева М.В., Сидорова О.В., Ской В.Р., Стрелков А.В., Суховой А.М., Тележников С.А., Франк А.И., Фронтасьева М.В. Фурман В.И., Христовова Г.Я., Цулая М., Чан Ван Фук, Чилигава О., Чупраков И., Шарапов Э.И., Швецов В.Н. Энхболд С., Янчик П. + 31 инженер, 9 рабочих

4. Развитие установки ИРЕН

ЛНФ

ЛФВЭ

\\Сумбаев А.П.

ЛЯП

Швецов В.Н.

Модернизация

Кобец В.В., Пятаев В.Г., Шабратов Г.В. + 16 инженеров, + 1 рабочий

Замрий В.Н., Минашкин В.Ф. + 5 инженеров

Мешков И.Н.

5. Проект TANGRA

ЛНФ

ЛФВЭ

ЛЯП

ЛРБ

Копач Ю.Н.

Модернизация

Набор данных

Анализ результатов

Борзаков С.Б., Гундорин Н.А., Дубасов П.А., Зейналов Ш.С., Зонтиков А.О, Опреа И.А., Опреа К.Д., Рогачев А.В., Седышев П.В., Ской В.Р., Швецов В.Н.

Алексахин В.Ю., Замятин Н.И., Зубарев Е.В., Рапацкий В.Л., Рогов Ю.Н., Салмин Р.А., Сапожников М.Г., Слепнев В.М., Хабаров С.В.

Быстрицкий В.М., Красноперов А.В., Садовский А.Б., Саламатин А.В.

Крылов А.Р., Тимошенко Г.Н.

Сотрудничество по теме:



Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Азербайджан	Баку	БГУ	Алиев С. + 3 чел. Гаджиева С.Р.	Протокол
	Гянджа	АГАУ	Ибрагимов З. + 5чел.	Совместные работы
		АТУ	Мамедов Э. + 5чел.	Совместные работы
Армения	Ереван	ЦЭНИ НАН РА	Сагателян А.К. Тепаносян Г. + 5 чел. Саакян Л.В.	Протокол
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Максименко С.А. + 5 чел. Барышевский В.Г. + 1 чел.	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Русков Т. Коюмджиева Н. + 2 чел. Стоянов Ч. + 2 чел.	Совместные работы
		ПУ	Балабанов Н. + 2 чел. Маринова С. + 3 чел.	Совместные работы
	Пловдив	UFT	Ангелов А. + 5 чел.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Ле Хонг Кхьем + 2 чел.	Совместные работы

		VNU	Фам Динг Кнанг + 5 чел.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси	АИФ ТГУ	Джапаридзе Г. + 4 чел. Калабагешвили Т.Л. + 5 чел.	Совместные работы
		ТГУ	Шетекаури Ш. + 5 чел.	Обмен визитами
Казахстан	Астана	ЕНУ	Омарова Н. + 5 чел.	Совместные работы
	Алматы	РГП ИЯФ	Глущенко В.Н. Ленник С.Г.	Совместные работы
	Усть-Каменогорск	УНИЦ Экологии	Чурсин А.С.	Совместные работы
Молдова	Кишинев	ИМБ АНМ	Чепой Л.Е. Рудник В.Ф.	Протокол
		ИХ АНМ	Лупашку Т. Арыку А.Н. Повар И.Г.	Протокол
Монголия	Улан-Батор	CGL	Балджинням Н. + 5 чел.	Совместные работы
		NUM	Хуухэнхуу Г. + 3 чел.	Обмен визитами
Польша	Краков	NINP PAS	Юрковски Я. + 1 чел. Гродзиньска К. + 4 чел.	Совместные работы
	Вроцлав	UW	Косиор Г. + 5 чел.	Совместные работы
	Гданьск	GUT	Намесник Я. + 2 чел. Бизюк М. + 4 чел.	Совместные работы
	Лодзь	UL	Анджеевски Ю. + 3 чел.	Совместные работы
	Люблин	UMCS	Жук Е. + 3 чел.	Совместные работы
	Ополе	UO	Вацлавек М. + 5 чел.	Совместные работы
	Отвоцк-Сверк	NCBJ	Поланский А. + 2 чел. Мияновский С.	Обмен визитами
	Познань	AMU	Навроцик В. + 4 чел. Блащак З. + 4 чел.	Совместные работы
Россия	Москва	ВНИИА	Гаврюченков А.В. Батяев В.Ф.	Протокол
		ГИКМЗ "МК"	Панова Т.Д. + 2 чел.	Совместные работы
		ГИН РАН	Ляпунов С.М. + 3 чел.	Совместные работы
		ИКИ РАН	Митрофанов И.Г. + 5 чел.	Совместные работы
		ИТЭФ	Абов Ю.Г. + 3 чел. Данилян Г.В. + 3 чел. Беда А.Г.	Совместные работы
		ИОФ РАН	Михайлова Г.Н.	Совместные работы
		ИФХЭ РАН	Сафонов А.С. + 3 чел.	Совместные работы

	МГУ	Краснушкин А.Б. + 1 чел. Бацевич В.А. + 2 чел. Бушуев В.А.	работы Совместные работы
	НИИЯФ МГУ	Чувильский Ю.М. + 1 чел. Ишханов Б.С.	Протокол
	НИЦ КИ	Барабанов А.Л. + 2 чел. Стрепетов А.Н. Субботин С.А. + 2 чел. Арзумов С.С. + 4 чел.	Совместные работы
	ЦФТП "Атомэнергомаш"	Чилап В.В. + 9 чел.	Совместные работы
Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Берлев А.И. Рябов Ю.В. + 7 чел. Кузнецов В.Л. + 1 чел. Джилкибаев Р.М.	Протокол
Борок	ИБВВ РАН	Павлов Д.Ф. + 3 чел.	Совместные работы
Воронеж	ВГУ	Кадменский С.Г. + 3 чел. Вахтель В.М.	Совместные работы
Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Воробьев А.С. + 9 чел. Весна В.А. + 1 чел. Смотрицкий В.М. Матвеев В.А.	Совместные работы
Дубна	Диамант Ун-т "Дубна"	Сыроватская Т.Н. Моржухина С.В. + 5 чел. Черемисина Е.Н. + 4 чел. Сеннер А.Е. + 3 чел.	Протокол Совместные работы
Екатеринбург	УрФУ	Кружалов А.В. + 5 чел.	Совместные работы
Иваново	ИГХТУ	Дунаев А.М. Гриневич В.И.	Совместные работы Совместные работы
Ижевск	УдГУ	Колодкин В.М. Бухарина И.Л.	Протокол
Иркутск	ЛИН СО РАН	Ходжер Т.В.	Совместные работы
Нижн. Новгород	ИФМ РАН	Чхало Н.И. Полковников В.Н.	Совместные работы
Обнинск	ФЭИ	Говердовский А.В. + 10 чел.	Совместные работы
Рязань	РГУ	Иванов Е.С.	Протокол
С.-Петербург	Ботанический сад БИН РАН НИИФ СПбГУ РИ СПбГЛТУ Эрмитаж	Ткаченко К.Г. + 3 чел. Бунаков В.Е. + 1 чел. Смирнов И.Г. Хлебников С.В. Алексеев А.С. + 10 чел. Пиотровский Б.М.	Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы

	Севастополь	ИнБЮМ	+ 3 чел. Мильчакова Н.А. + 2 чел.	работы Совместные работы
	Снежинск	ВНИИТФ	Лыжин А.Г. + 15 чел.	Совместные работы
	Тула	ТГПУ	Горелова С.В.	Совместные работы
	Черноголовка	ИПТМ РАН	Рощупкин Д.В. Иржак Д.В.	Совместные работы
Румыния	Бухарест	IFIN-НН	Пантелика А. + 3 чел. Гита Д. Апостол А. Сетнеску Р. Марджинян Н.	Протокол
		INCDIE ICPE-CA	Христеа Г.	Протокол
		ISS	Згура С. Потлог П.М. Неагу А.	Протокол
		UB	Опреа К. Опреа А. Жипа А. Лазану И. Тудора А. Дулиу О. Груя И.	Протокол
	Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Тодоран Р. + 3 чел.	Совместные работы
	Галац Констанца	UG NIMRD	Энэ А. + 3 чел. Пэтрашку В. + 3 чел. Чиокан К.	Протокол Совместные работы
		UOC	Белк М. + 2 чел.	Совместные работы
Орадя	UO	Опря А. Опря К. + 5 чел. Филип С. Макочиан Е. Купша Д. Телчян И. Тодераш М.	Совместные работы	
Питешти	ICN	Преда М.	Совместные работы	
Тырговиште	UVT	Гебяну А. Стихи К. + 4 чел. Радулеску К. Сетнеску Т. Банкута И. Бумбак М. Логин В. Муратореану Г. Горгиу Г. Николеску К. Бусуиок Г.	Протокол	
	Яссы	UAIC	Куку-Ман С. + 2 чел. Хумельнику Д.	Протокол
Словакия	Братислава	IIE SAS	Махайдик Д. + 3 чел. Гуран Е.	Совместные работы
		IIE SAS	Манковска Б.	Совместные

		IP SAS	Климан Я. + 3 чел.	работы Совместные работы
		CU	Холи К. Кучерка Н. + 5 чел.	Совместные работы
Украина	Киев	ИЯИ НАНУ	Грицай О. + 5 чел.	Совместные работы
		КНУ	Майданюк В. + 5 чел.	Совместные работы
	Донецк	ДонФТИ	Дорошкевич А.С. + 5 чел.	Совместные работы
	Сумы	ИПФ НАНУ	Сторишко В.Е. Пономарев А.Г.	Совместные работы
	Ужгород	ИЭФ НАНУ	Маслюк В.Т. + 5 чел.	Совместные работы
	Харьков	ИСМА НАНУ	Гринев Б.В.	Совместные работы
		ННЦ ХФТИ	Воронко В.А. + 1 чел. Сотников В.В. + 1 чел.	Совместные работы
Чехия	Прага	CTU	Поспишил С. + 15 чел.	Совместные работы
		CEI	Кучера Я. + 2 чел.	Совместные работы
	Острава	UO	Янчик К. + 10 чел.	Совместные работы
		VSB-TUO	Янчик П.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	RKK OU	Мезарос-Балинт А.	Совместные работы
Германия	Дрезден	HZDR	Вагнер А.	Совместные работы
	Дармштадт	GSI	Муттерер М.	Совместные работы
	Майнц	JGU	Дюзинг К.	Совместные работы
	Мюнхен	TUM	Лауэр Т. Кленке Й.	Совместные работы
	Тюбинген	Ун-т	Генненвайн Ф.	Совместные работы
Египет	Каир	ЕАЕА	Рамадан А.Б.	Совместные работы
	Александрия	Ун-т	Бадави М.С. + 3 чел.	Совместные работы
	Шибин эль Ком	MU	Эль Самман Х. + 5 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград	IPB	Аничич М. + 5 чел.	Совместные работы
		Ун-т	Попович Д.	Совместные работы
	Нови-Сад	UNS	Крмар М. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Претория	Unisa	Софианос С.	Совместные работы
	Беллвилл	UWC	Петрик Л. + 5 чел.	Совместные работы

	Стелленбос	SU	Ньюман Р. + 3 чел. Безюденот Ж. + 3 чел.	работы Совместные работы
Австралия	Мельбурн	Ун-т	Клейн А.Г. + 3 чел.	Совместные работы
Австрия	Вена	IAEA	Фесенко С.	Совместные работы
	Инсбрук	Ун-т	Цайлингер + 1 чел.	Совместные работы
Албания	Тирана	UT	Лазо П. + 3 чел.	Совместные работы
Бельгия	Гел	IRMM	Хамбш Ф.-И.	Совместные работы
Греция	Салоники	AUTH	Иоаннидоу А.	Протокол
Индия	Варанаси	BHU	Кумар А. + 3 чел.	Совместные работы
Китай	Пекин	ИНЕР CAS	Жанг Гуохи	Совместные работы
Македония	Скопье	UKiM	Стафилов Т. + 3 чел.	Совместные работы
Норвегия	Тронхейм	NTNU	Стейннес Э. + 2 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Сеул	Dawonsys	Ким Донг Су	Совместные работы
	Пхохан	PAL	Ким Г. + 3 чел.	Совместные работы
	Тэджон	KAERI	Чанг Д.	Совместные работы
Словения	Любляна	GeoSS	Шайн Р.	Совместные работы
США	Геттисбург	GC	Стефенсон Ш.	Совместные работы
	Дарем	Duke	Торноу В. Гоулд К. + 2 чел.	Договор
	Кингстон	URI	Штаерл А. + 2 чел.	Совместные работы
	Лос-Аламос	LANL	Систрем С. + 5 чел.	Совместные работы
	Ок-Ридж	ORNL	Келер П.	Совместные работы
	Таскалуса	UA	Гувер Р.	Договор Совместные работы
Таиланд	Хат Яй	PSU	Бонгсуван Т.	Совместные работы
Турция	Чанаккале	COMU	Кошкун М. + 3 чел.	Совместные работы
Финляндия	Оулу	UO	Керонен А. + 3 чел.	Совместные работы
	Ювяскюля	UJ	Тржаска В.	Совместные работы
Франция	Гренобль	ILL	Гельтенборт П. Несвижевский В.	Совместные работы

		LPSC	Петухов А. Йенчель М. Протасов К.В.+ 2 чел.	Совместные работы
	Кадараш	CC CEA	Соул Р. + 5 чел.	Совместные работы
	Сакле	LLB	Лерой С. + 2 чел.	Совместные работы
	Страсбург	IPHC	Стуттже Л. + 2 чел.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	RBI	Валкович + 2 чел.	Совместные работы
		Oikon IAE	Спирич З. + 5 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Киавери Э. + 12 чел.	Совместные работы
Швейцария	Виллиген	PSI	Лаусс Б. Шмидт-Веленбург Ф.	Совместные работы
Япония	Киото	KSU	Кимура И. + 3 чел.	Совместные работы
	Цукуба	КЕК	Масуда Я. + 5 чел.	Совместные работы
