



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR
RESEARCH

FRANK LABORATORY OF
NEUTRON PHYSICS



**ANNUAL
REPORT
2009**

Dubna

1.1. ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСИСТЕМ И НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ

Основные цели исследований по теме состояли в изучении структуры, динамики и микроскопических свойств наносистем и новых материалов, имеющих большое значение для развития нанотехнологий в сфере электроники, фармакологии, медицины, химии, современной физики конденсированных сред и смежных областей методами рассеяния нейтронов и комплементарными методами. В связи с продолжающейся остановкой реактора ИБР-2 на модернизацию научная экспериментальная работа сотрудников НЭО НИКС проводилась в нейтронных и синхротронных центрах в России и за рубежом. Она осуществлялась в соответствии с Проблемно-тематическим планом ОИЯИ, на основе существующих соглашений о сотрудничестве и принятых предложений на эксперимент. Работы на реакторе ИБР-2 выполнялись по плану модернизации спектрометров. Основное внимание было уделено реализации первоприоритетных проектов (создание нового дифрактометра для исследования микрообразцов ДН-6, многофункционального рефлектометра ГРЭЙНС, модернизация комплекса спектрометров для геофизических исследований СКАТ/Эпсилон).

В рамках исследований по теме сотрудники отдела НИКС поддерживали широкие связи со многими научными организациями в странах-участницах ОИЯИ, а также других странах. Как правило, сотрудничество оформлялось совместными протоколами или соглашениями. В России наиболее активное сотрудничество велось с близкими по тематике организациями, такими как РНЦ КИ, ПИЯФ, МГУ, ИФМ, ИК РАН, ИЯИ РАН и др.

Главными направлениями научных исследований, реализация которых осуществлялась сотрудниками НЭО НИКС, являются:

- Исследование структуры и свойств новых кристаллических материалов и наносистем методом дифракции нейтронов;
- Исследование магнитных коллоидных систем в объеме и на границах раздела;
- Исследование структуры углеродных наноматериалов;
- Магнетизм слоистых наноструктур;
- Исследование надмолекулярной структуры и функциональных характеристик биологических, коллоидных и полимерных нанодисперсных материалов;
- Исследования наноструктуры и свойств липидных мембран и липидных комплексов;
- Исследование атомной динамики наносистем и материалов методом неупругого рассеяния нейтронов;
- Исследование текстуры и свойств минералов и горных пород;
- Анализ внутренних напряжений в объемных материалах и изделиях.

1. Научные результаты

1.1. Структурные исследования новых оксидных материалов

Продолжалось нейтронное дифракционное исследование атомной и магнитной структуры 314-кобальтитов типа $Sr_3YCo_4O_{10.5+\delta}$ (или $Sr_{0.75}Y_{0.25}CoO_{2.625+\delta/4}$), в которых А-позиции являются идеально упорядоченными. Для этих составов было найдено, что атомы Со, находящиеся в различных позициях элементарной ячейки, имеют различную величину магнитного момента, которая коррелирует с кислородным окружением атома, т.е. впервые для перовскитоподобных кобальтитов была установлена прямая связь между зарядовым и спиновым состояниями атомов Со. В составах с разным содержанием кислорода был установлен G-тип АФМ структуры, без признаков наличия ферромагнитной компоненты момента [1]. В 2009 г. изучались составы с частичным замещением Sr на Ca, а именно,

$\text{Sr}_{0.75-x}\text{Ca}_x\text{Y}_{0.25}\text{CoO}_{3-y}$ с $x \approx 0.30$ и $y \approx 0.35$, для которых из косвенных данных были получены указания на частичную стабилизацию ферромагнетизма вследствие влияния Ca на зарядовое состояние Co. Для проверки этой модели на дифрактометре HRPT (PSI) были измерены нейтронные дифракционные спектры в интервале температур от 1.5 до 300 К (рис. 1). Предварительный анализ показал наличие магнитного фазового перехода при $T \approx 260$ К с появлением AFM структуры и возможной небольшой FM компонентой.

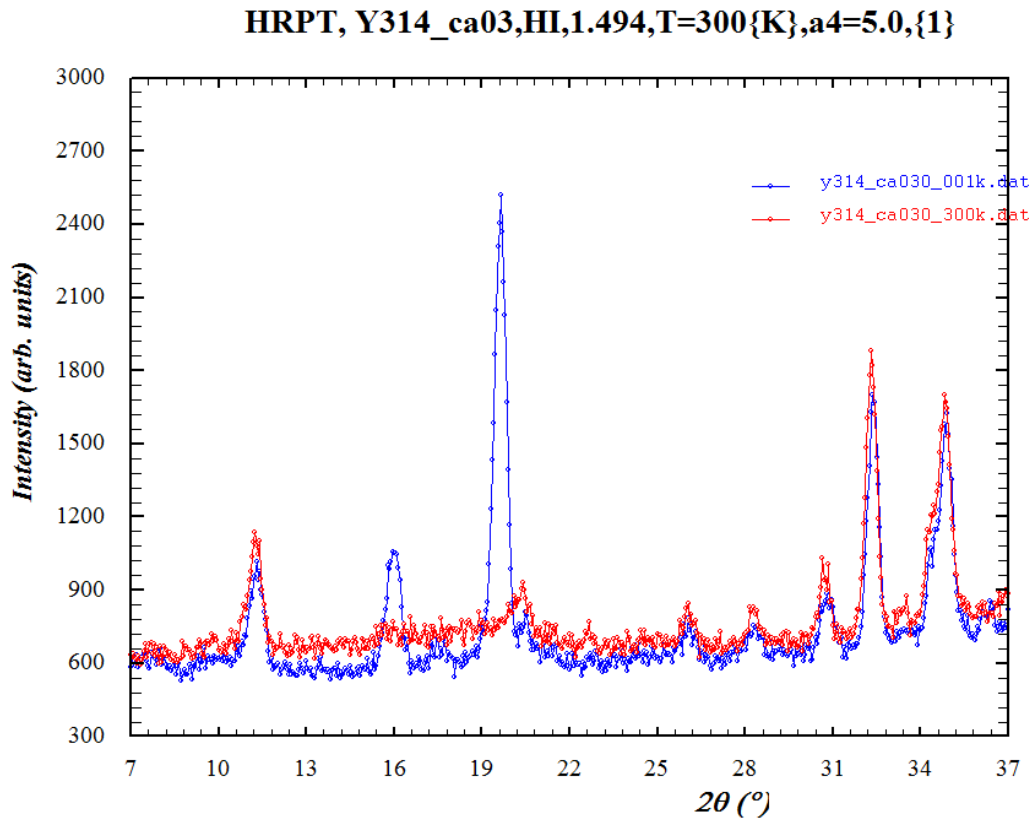


Рис. 1. Дифракционные спектры состава $\text{Sr}_{0.75-x}\text{Ca}_x\text{Y}_{0.25}\text{CoO}_{3-y}$ с $x \approx 0.30$, измеренные при температурах 1.5 и 300 К. Предварительный анализ показал, что различие в интенсивности отдельных пиков обусловлено возникновением дальнего магнитного порядка при понижении температуры.

Продолжались исследования влияния высокого давления на кристаллическую и магнитную структуры сложных анион-дефицитных оксидов кобальта в широком диапазоне температур. В соединении $\text{Sr}_{0.7}\text{Y}_{0.3}\text{CoO}_{2.62}$ обнаружено изменение спиновой конфигурации ионов Co^{3+} при воздействии высокого давления, которое приводит к изменению симметрии антиферромагнитного состояния [2].

Методами рентгеновской дифракции и малоуглового рассеяния нейтронов исследованы структурные характеристики оптически-активных наноструктурированных оксидных материалов состава $0.95\text{GeO}_2-0.05\text{Eu}_2\text{O}_3$, $0.949\text{GeO}_2-0.05\text{Eu}_2\text{O}_3-0.001\text{Ag}$ и $0.999\text{GeO}_2-0.001\text{Ag}$, отожженных на воздухе до $T = 900^\circ\text{C}$. Система $0.999\text{GeO}_2-0.001\text{Ag}$, полученная при $T_0 = 150^\circ\text{C}$ образует аморфную фазу, а при $T_0 = 200^\circ\text{C}$ – кристаллизуется в тригональной фазе симметрии $P3_221$. Системы $0.95\text{GeO}_2-0.05\text{Eu}_2\text{O}_3$ и $0.949\text{GeO}_2-0.05\text{Eu}_2\text{O}_3-0.01\text{Ag}$, полученные при $T_0 = 150-800^\circ\text{C}$ также имеют тригональную кристаллическую структуру симметрии $P3_221$. Методом малоуглового рассеяния нейтронов обнаружено образование полидисперсных кластеров в системах $0.95\text{GeO}_2-0.05\text{Eu}_2\text{O}_3$ и $0.949\text{GeO}_2-0.05\text{Eu}_2\text{O}_3-0.01\text{Ag}$ в диапазоне температур отжига $350-555^\circ\text{C}$. Рассчитаны функции распределения кластеров по

размерам (рис. 2). При $T_0 = 850$ °C наблюдается распад кластеров. Установлено, что значительное изменение относительной интенсивности полос возбуждения люминесценции ионов Eu^{3+} при введении серебра коррелирует с уменьшением характерных размеров полидисперсных кластеров, образующихся при отжиге [3].

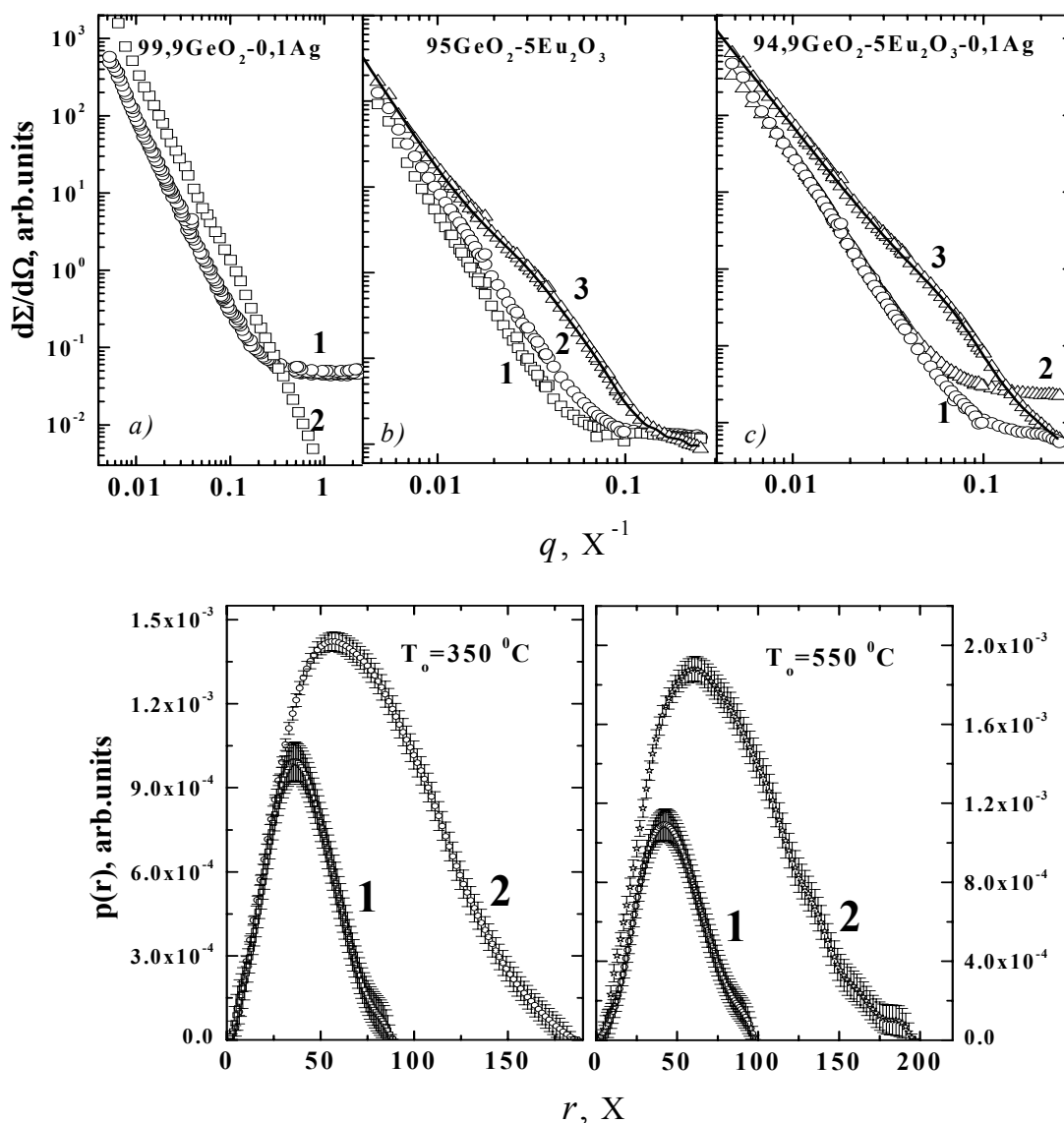


Рис. 2. Вверху: кривые малоуглового рассеяния нейтронов ксерогелей $99,9\text{GeO}_2-0,1\text{Ag}$ (a), $95,0\text{GeO}_2-5\text{Eu}_2\text{O}_3$ (b) и $94,9\text{GeO}_2-5\text{Eu}_2\text{O}_3-0,1\text{Ag}$ (c) для температур отжига $T_0=150$ (1), 550 (3) и 850 °C (2). Для кривых, соответствующей $T_0=550$ °C, представлена теоретическая кривая, рассчитанная по формуле (2). Внизу: функция распределения размеров промежуточных агрегатов для ксерогелей $94,9\text{GeO}_2-5\text{Eu}_2\text{O}_3-0,1\text{Ag}$ (1) и $95,0\text{GeO}_2-5\text{Eu}_2\text{O}_3$ (2) для температур отжига 350 (слева) и 550 °C (справа).

1.2 Исследования магнитных жидкостей

Завершено комплексное исследование эффекта регулирования размера наночастиц магнетита в феррожидкостях с неполярными органическими основами при стабилизации монокарбоновыми кислотами. Исследования проведены с применением анализа статической намагниченности, просвечивающей электронной микроскопии, дифракции и малоуглового

рассеяния синхротронного излучения, малоуглового рассеяния поляризованных нейтронов. Подтверждено, что при замене ненасыщенной олеиновой кислоты (C_{18}), используемой в классической процедуре стабилизации, насыщенными кислотами из ряда лауриновая (C_{12}), миристиновая (C_{14}), пальмитиновая (C_{16}), стеариновая (C_{18}) кислоты происходит уменьшение эффективного размера стабилизированного магнетита [4]. В частности, дифракция и малоугловое рассеяние синхротронного излучения указывают на различия в размере когерентной области рассеяния магнетитом между образцами со стабилизацией олеиновой кислотой и насыщенными жирными кислотами. Совместное использование двух методов позволяет сделать четкий вывод о том, что обнаруженный эффект связан с изменением в размере диспергированного магнетита, а не с различиями в возможной агрегации. В результате исследований показано, что характерный размер магнетита при использовании различных смесей ПАВ можно изменять в диапазоне 5 – 8 нм.

С использованием метода малоуглового рассеяния нейтронов проведены исследования ряда водных биосовместимых магнитных жидкостей. Исследуемые системы рассматривались как источники и среды для хранения магнитных наночастиц, используемых в биомедицинских приложениях. Получены структурные характеристики частиц и их агрегатов. Исследована структурная стабильность жидкостей в различных условиях.

1.3 Исследование углеродных наноматериалов

С помощью малоуглового рассеяния нейтронов определена структура агрегатов наноалмазных частиц (детонация), диспергированных в полярные жидкости (вода, ДМСО) согласно специальной процедуре «мокрого» размалывания. Получены размер и фрактальные характеристики агрегатов, а также структурные особенности наноалмазных частиц (размер, характер поверхности). Проведено сравнение со структурой агрегатов в изначальных наноалмазных порошках. Анализ зависимости структурного фактора от числа частиц в растворе указывает на перекрытие разветвленных кластеров при концентрировании дисперсий. Вариация контраста с использованием смесей протонированных и дейтерированных растворителей позволила определить среднюю плотность частиц, составляющих кластер, и сделать вывод о существовании неалмазной компоненты на поверхности наноалмазов. Благодаря данным исследованиям завершено описание всех состояний коллоидных наноалмазных дисперсий (рис. 3) на основе различных дополняющих методов (просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская дифракция, малоугловое рассеяние нейтронов) [5].

Продолжены комплексные исследования кластерообразования фуллеренов (C_{60}) в слабополярных (сероуглерод, толуол, бензол) и полярных (N-метил-2-пирролидон) растворителях, а также их смесях. Исследования проводились с применением спектроскопии и экстракции, масс-спектрометрии, малоуглового рассеяния нейтронов. Подтверждено, что для слабополярных растворов рост кластеров в ряде случаев можно инициировать неравновесными условиями приготовления раствора (ультразвук, интенсивное долгое перемешивание). Для полярных растворов, где кластеры появляются всегда, проанализированы изменения во времени спектров поглощения (временной сольватохромный эффект) и экстракции, которые связаны в той или иной степени с ростом кластеров. Проведено сравнение влияния добавки воды или толуола в кластерный раствор C_{60} - N-метил-2-пирролидон. Показано, что в обоих случаях наблюдается уменьшение видимого размера кластеров.

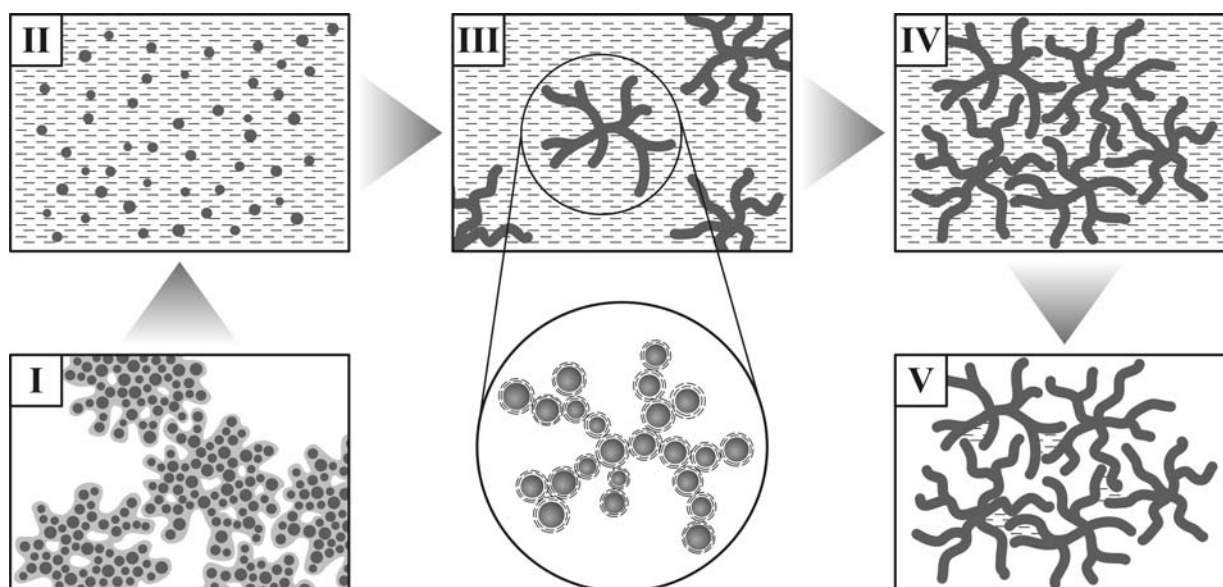


Рис. 3. Условное представление о различных состояниях коллоидных нанодIAMАННЫХ дисперсий. **(I)** изначальные порошки; размер плотных (химически стабильных) агрегатов составляет более 40 нм; агрегаты имеют развитую поверхность с характерной размерностью $D_s \sim 2.5$; закрытые поры организуют фрактальную структуру с размерностью $D \sim 1.26$; **(II)** жидкая дисперсия сразу после процедуры жидкого размола; нанодIAMАННЫЕ частицы разделены; **(III)** жидкая дисперсия низкой концентрации ($C \sim 1$ вес. %) после образования агрегатов с фрактальной размерностью $D \sim 2.3$ и размером более 40 нм; характерный размер кристаллита алмаза составляет ~ 7 нм; толщина неалмазной компоненты на поверхности наночастиц ~ 0.5 нм; **(IV)** жидкая дисперсия после коцентрирования ($C \sim 10$ вес. %); агрегаты проникают друг в друга благодаря разветвленной структуре; **(V)** дисперсия при испарении объемного растворителя; вода частично удерживается в мелких порах с характерным размером ~ 7 нм.

1.4 Исследование магнитных слоистых наноструктур

Продолжались экспериментальные исследования по проблеме сосуществования ферромагнетизма (F) и сверхпроводимости (S). Магнитное состояние бислоя Fe/V было исследовано с помощью нейтронного волнового резонатора MgO/V/Cu [6]. Поведение бислоя в действительности соответствовало поведению трёхслойной структуры F/F-S/S, в которой промежуточный слой F-S представлял собой смесь атомов ванадия и железа. Наблюдались прямой и обратный эффект близости. Прямой эффект, заключающийся в установлении сверхпроводящего параметра порядка в ферромагнетике F-S, проявился при переходе слоя ванадия (S) в сверхпроводящее состояние ($T=T_c$) в виде уменьшения и поворота вектора намагниченности к направлению внешнего магнитного поля. Обратный эффект близости, заключающийся в установлении ферромагнитного порядка в сверхпроводнике F-S, наблюдался при температуре $0.6 T_c$ и состоял в увеличении вектора намагниченности и его повороте от направления магнитного поля (**рис. 4**).

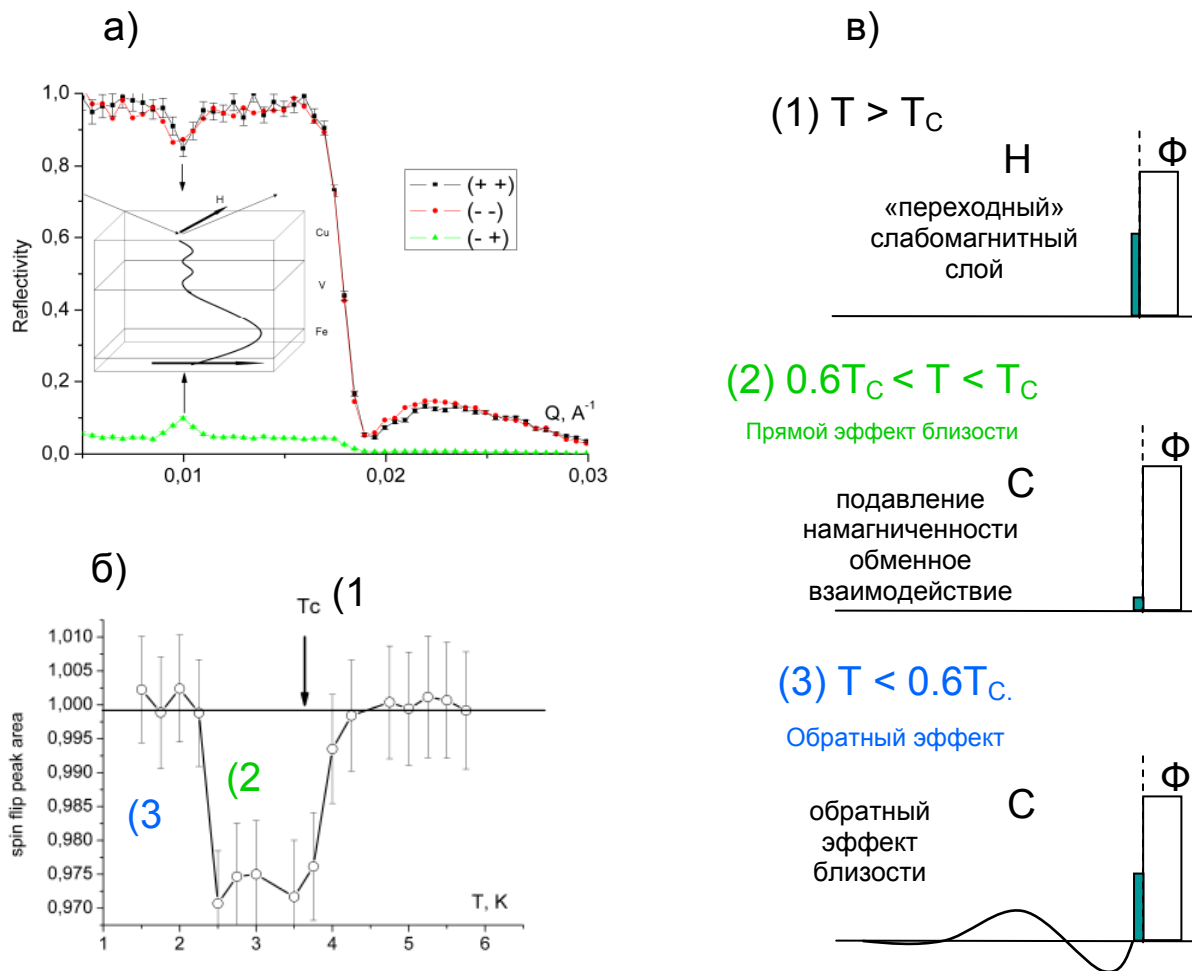


Рис.4. Коэффициент отражения поляризованных нейтронов от сверхпроводяще-ферромагнитной гетероструктуры Cu(32нм)/V(40нм)/Fe(1нм)/MgO с резонатором стоячих нейтронных волн (а); температурное поведение резонансного спин-флоп пика (б); изменение магнитного профиля вблизи границы раздела для различных температурных областей (1)-(3) (в).

Изучены особенности прохождения поляризованных и неполяризованных нейтронов через двухслойные и трёхслойные магнитные наноструктуры. При этом, в частности, обнаружено, что прохождение неполяризованных нейтронов через некомпланарные структуры при некоторых условиях является лево-право асимметричным. Одним из следствий этого является то, что подобные некомпланарные магнитные структуры, созданные искусственно или существующие в природе, могут быть фильтром, позволяющим селективировать неполяризованный ансамбль атомов (молекул) в зависимости от величины их магнитного момента [7].

1.5 Исследование биологических наносистем

Методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) была исследована поверхность митопластов (митохондрий, лишенных внешней мембраны). С помощью АСМ на поверхности митопластов были обнаружены складки, толщина которых равна 30-40 нм (рис. 5) и совпадает с толщиной "сухих крист" митохондрий, измеренной с помощью малоуглового рассеяния нейтронов и электронной микроскопии. Полученные результаты свидетельствуют о существовании специальной системы, поддерживающей определенную конфигурацию мембраны митопластов, сходную с конфигурацией, которую приобретает

внутренняя мембрана интактных митохондрий в условиях их набухания в гипотонических средах. В работе показана перспективность использования АСМ для изучения конфигурации поверхности внутренней мембраны митохондрий и соответственно других биологических мембранных систем [8].

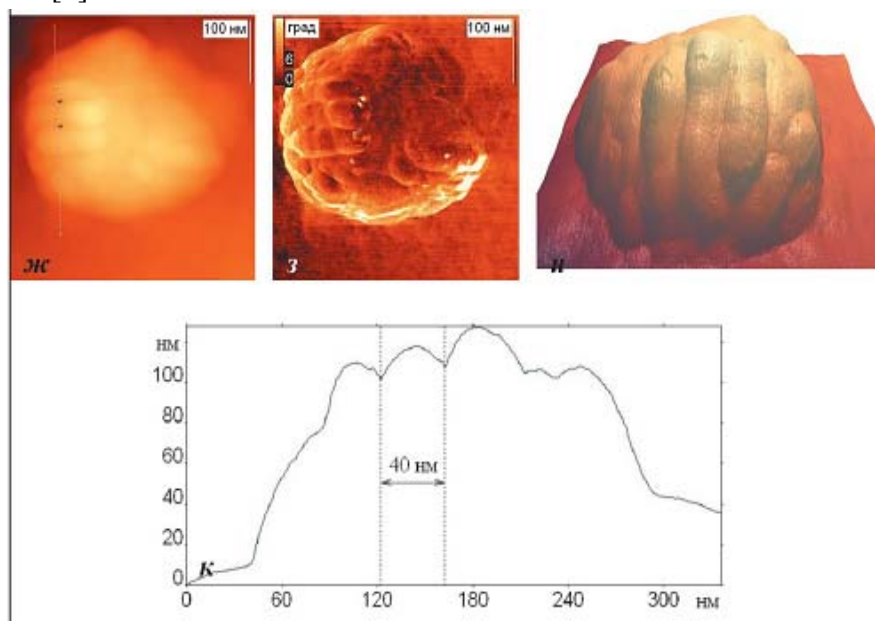


Рис. 5. ж)-и) – АСМ-изображения митопластов печени крысы с наличием «сухих крист»; к) – сечение, проведенное вдоль пунктирной линии, показанной на ж). ж - АСМ-изображения, записанные по каналу «высота»; з – по каналу «фаза», и – трехмерное представление. Размер масштабного отрезка на всех изображениях составляет 100 нм. Максимальный перепад высоты на АСМ-изображении ж) составляет 172 нм.

Были изучены образцы, содержащие биогенные наночастицы ферригидрита, полученные с помощью бактерий *Klebsiella oxytoca*. В частности, с помощью оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии и малоуглового рентгеновского рассеяния исследовался эффект возраста бактерий (продолжительность роста), влияющий на свойства наночастиц [9].

Методом рентгеновской дифракции исследованы водные растворы мультислойных везикул многокомпонентных мембран, моделирующих слизистую оболочку ротовой полости человека (Oral Stratum Corneum, OSC) и мембран входящих в их состав смеси сфингомиелен/дипальмитоилфосфатидилхолин/дипальмитоилфосфатидилэтаноламин (SM/DPPC/DPPE) [10]. Системы смеси SM/DPPC/DPPE (при массовом соотношении 1/1/1, 1/2/1) характеризуется ламеллярной структурой с периодом повторяемости $\sim 71 \text{ \AA}$. При увеличении массовой доли DPPE часть липида образует отдельную ламеллярную фазу ($d \sim 56 \text{ \AA}$) и обратную гексагональную фазу ($a \sim 56 \text{ \AA}$). Многокомпонентные мембраны OSC на основе церамида 6 и церамида 3 являются сложными многофазными системами, приходящими в фазовое равновесие после приготовления образцов несколько дней.

1.6 Исследование полимерных и коллоидных наносистем

Методом малоуглового рассеяния нейтронов исследована структура кремнийорганических дендримеров девятой генерации с четырехфункциональным ядром и бутильными концевыми группами. Показано, что исследуемые дендримеры являются монодисперсными объектами анизометричной формы. С помощью метода вариации контраста определены значения парциального объема и значение средней рассеивающей

плотности. Демонстрируется идентичность между собой исследуемых дендримеров по габаритным размерам и распределению рассеивающей плотности. Установлено, что 20% габаритного объема дендримера доступно для проникновения растворителя. Выполнено моделирование с использованием метода Монте-Карло и восстановлено пространственное распределение плотности длины рассеяния в исследуемых дендримерах, обнаружено изменение исключенного объема для разных контрастов.

Методом малоуглового рассеяния нейтронов исследованы мицеллообразование додецил(сульфофеокси)бензолсульфоната натрия и нонилбензолдекаэтиленоксида в нейтральных и щелочных растворах электролитов различной концентрации. Показано, что образующиеся в растворах мицеллы имеют цилиндрическую (эллипсоидальную) форму. Определены характерные размеры мицелл в функции концентраций ПАВ и добавляемого электролита. Получена корреляция структурных данных с геометрией и динамикой травления “трековых” нанопор в растворах, содержащих ПАВ и разработана модель влияния ПАВ на получение пор специфической геометрии [11].

1.7. Атомная динамика

Методом неупругого рассеяния нейтронов исследованы колебательные спектры гексана и изомеров гексанола. Проведено теоретическое моделирование колебательных спектров с использованием теории функционала плотности. Рассчитаны частоты низкоэнергетических торсионных мод относительно С-С связей и С-С-С изгибающих мод для плоских и изогнутых конформаций молекул гексана и изомеров гексанола в диапазоне до 500 см^{-1} . В целом, расчетные спектры плотности колебательных состояний для изолированных молекул имеют качественное согласие с экспериментальными спектрами. Однако для описания динамики гидроксильных групп необходимо учитывать формирование водородных связей между молекулами гексанола. Показано, что расчеты динамики молекул с образованием водородной связи в димере позволяют правильно интерпретировать динамику гидроксильных групп в конденсированном состоянии этих спиртов (**рис. 6**).

Проведен подробный анализ нейтронографических данных сверхкритической воды, имеющей перспективы для использования в качестве теплоносителя в реакторах следующего поколения и являющейся уникальным растворителем при окислении органических отходов. Была подтверждена и уточнена двухструктурная модель, предложенная ранее для описания микродинамики сверхкритической воды. На основе этой модели был получен ряд нейтронно-физических характеристик сверхкритической воды, необходимых при оценках параметров ядерных реакторов, использующих в качестве теплоносителя воду при сверхвысоких параметрах [12].

1.8. Прикладные работы

К прикладным работам в отделе НИКС ЛНФ традиционно относятся экспериментальные исследования текстуры горных пород и минералов, внутренних напряжений в них и определение внутренних напряжений в объемных материалах и изделиях, включая инженерные материалы и детали машин и устройств. В основном, эти исследования ведутся с помощью дифракции нейтронов.

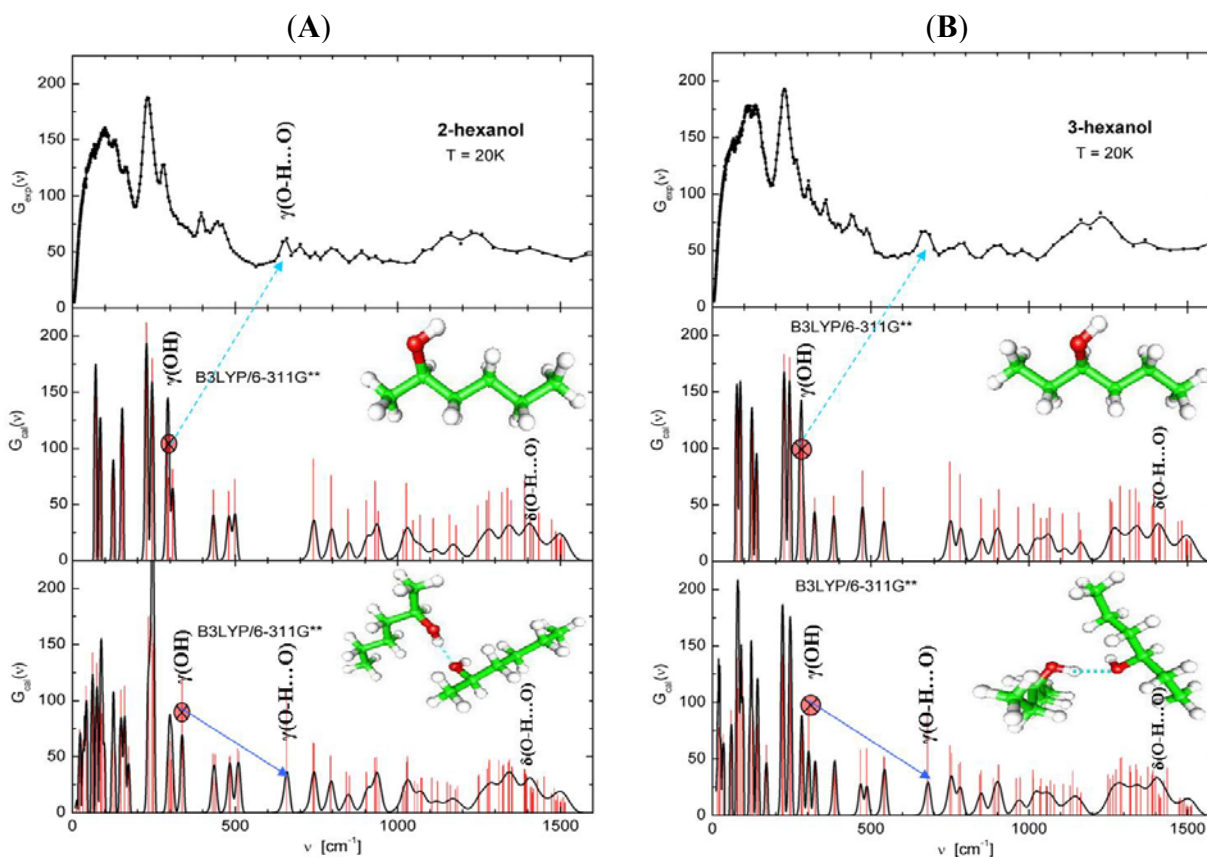


Рис. 6. Сравнение экспериментальных и расчетных спектров НМР свободных молекул и их димеров с водородной связью для 2-гексола (А) и 3-гексола (В).

Завершена работа по изучению температурного поведения образцов стали ЭК-181. Из дифракционных спектров, обработанных по методу Ритвельда, для интервала температур 15 – 973 К определены температурные зависимости параметра кристаллической решетки, внутренних напряжений 3-го рода и фактора Дебая-Валлера этой стали [13]. Оказалось, что в области низких температур ход температурной зависимости параметра решетки в стали ЭК-181 не соответствует таковому в чистом железе и бинарных железо-хромистых сплавах с 12 и 16% Cr. Наряду с этим замечено уширение рефлекса (200) в дифракционных спектрах стали ЭК-181 и сплава Fe-12Cr, не наблюдаемое на спектрах Fe-16Cr и чистого железа.

По данным нейтронографии определена структура специальных сталей, графита, ниобата циркония (различные процессы изготовления). Восстановлена функция распределения кристаллитов по ориентациям (ФРО), проведено моделирование объемных упругих свойств этих конструкционных материалов. Показано, что аустенитная наплавка корпуса реактора ВВЭР-1000 имеет острую радиальную текстуру (вращение зерен вокруг нормали к плоскости (002) стали), что приводит к сложному распределению остаточных напряжений в ней, при этом минимальные значения модуля Юнга достигаются в направлении нормали к поверхности корпуса реактора. Для реакторного графита ГР-280 показано, что анизотропия упругих свойств качественно связана с кристаллографической текстурой (рис.7), которая характеризуется концентрацией осей 6-го порядка графита перпендикулярно направлению экструзии [14]. При этом наблюдается различие между реальными (измеренными ультразвуковым методом) и модельными (рассчитанными с помощью усреднения упругого тензора по ФРО) скоростями продольных упругих волн (около 5 раз при атмосферном давлении и около 3-х – при 150 МПа).

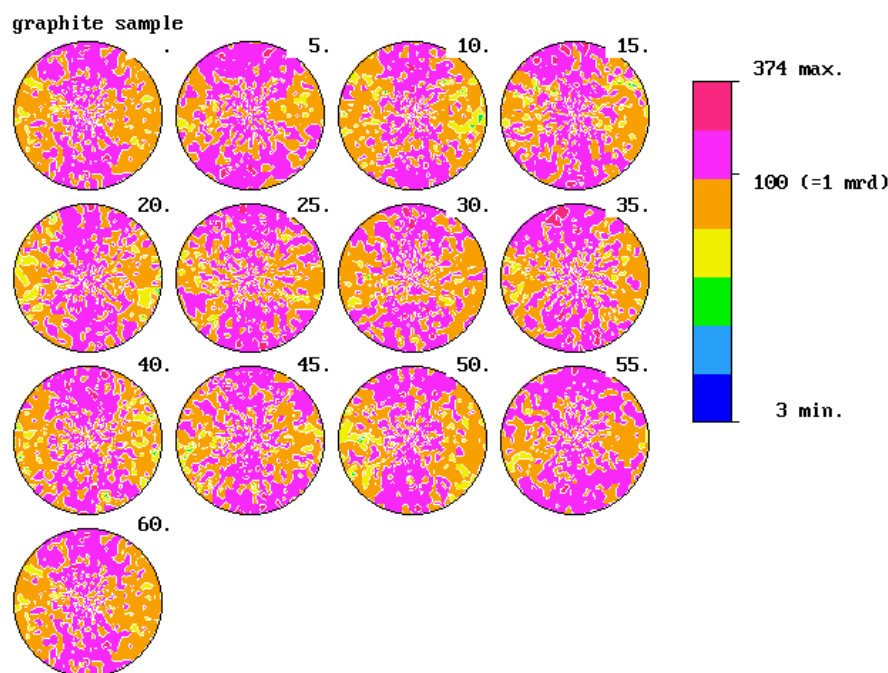


Рис. 7. ФРО графита в образце Gra2, γ -сечения (стереогра-фические проекции). $f_{min}=0.03$, $f_{max}=3.74$, $F2=1.21$.

В ниобате циркония процесс изготовления стержня приводит к формированию острой радиальной текстуры с вращением кристаллитов вокруг нормали к плоскости (2-70). При этом материал становится практически изотропным по своим упругим свойствам. На основании текстурных измерений были сформулированы требования к эксперименту по исследованию внутренних напряжений в ниобате циркония.

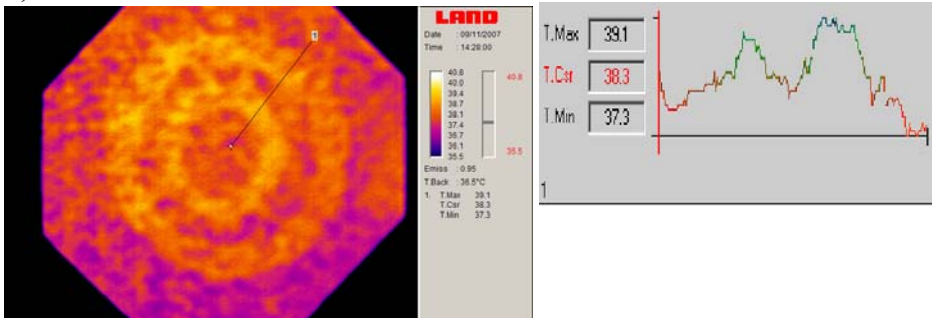
Проведены исследования физических свойств и флюидопроницаемости соли для оценки ее барьерных свойств при проектировании хранилищ радиоактивных отходов [15]. Аналитически рассчитано температурное распределение, возникающее в соляной породе вблизи размещенного в ней теплоизлучающего источника. При начальной температуре соли 20°C , радиусе каверны с отходами 5 м, интенсивностях тепловыделения до 100 Вт/м^3 и временах хранения до 100 лет температура среды не превышает 90°C , а максимальный градиент составляет 0.1°C на 1 см. Получена теоретическая оценка максимальных скоростей движения включений в монокристалле NaCl под действием градиента температур, создаваемого радиоактивным источником. Для включений размерами 0.005-0.2 см, находящихся на расстоянии порядка 1 м от стенки хранилища при интенсивности излучения 100 Вт/м^3 (начальная температура раствора включения при этом составляет 58.45°C , постоянный внешний тепловой градиент 0.08°C на 1 см) скорости движения лежат в диапазоне $(0.2-0.5) \cdot 10^{-10} \text{ см/с}$. При этом, скорость перемещения включения увеличивается с возрастанием его размеров. Теоретически рассмотрена динамика движения, наблюдается вытягивание включения в направлении перпендикулярном градиенту температуры, а также его распад с тыльной стороны на более мелкие части, что может вызывать нарушение кристаллической решетки соли.

Изучено воздействие сильнофокусированных импульсных пучков релятивистских электронов на механизм кратерообразования в образцах горных пород (солей, гранитов и лабродаритов). Для экспресс-оценки состояния поверхности образцов и для установления барьерных свойств геоматериала проведена апробация метода тепловизионного мониторинга. Показано, что проведение подобного рода комплексных экспериментов целесообразно для изучения свойств горных пород, имеющих определяющее значение при выборе мест для захоронения

радиоактивных отходов. Возможным механизмом кратерообразования при облучении твердых тел пучками высокоэнергетических электронов (рис. 8) может быть термоудар, в результате которого образуются термонапряженные участки, а разрушение происходит по границе расплава.

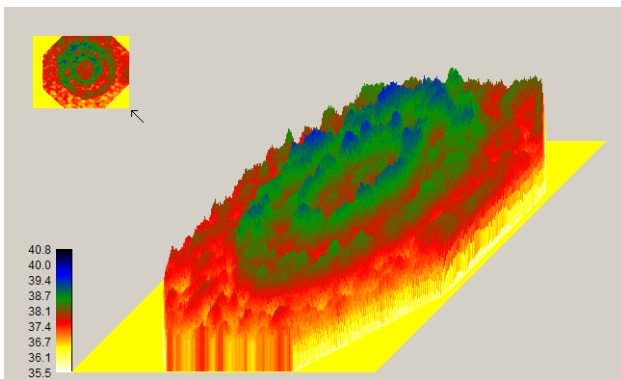


а)



б)

в)



г)

Рис. 8. а) Образец серого гранита, облученного 20 импульсами высокоэнергетических импульсных пучков релятивистских электронов (СИПРЭ); б) фронтальное ИК-изображение облученного образца серовато-розового гранита, подвергнутого тепловому воздействию; в) температурный профиль поверхности вдоль линии на рис. б; г) трехмерное изображение распределения температурного поля.

Проведены исследования текстуры и внутренних напряжений образцов горных пород из Центральных Альп (Швейцария) в районе туннеля Gotthard-Base-Tunnel. Полученные результаты важны для оценки влияния работ по устройству туннеля на геомеханическое состояние горных массивов его окружения туннеля.

Проведено исследование анизотропных свойств образцов мрамора и гранита, а также моделирование с целью выработки практических рекомендаций по оптимизации добычи природного камня в каменоломнях [16].

Проведено исследование ошибок измерения полюсных фигур – экспериментальной информации о текстуре, получаемой на спектрометре СКАТ. Исследование проводилось на примере магниевого сплава $Mg+4.5Al+1\%Zn$. Ошибки измерений оценены в каждой из 1368 точек на полюсной фигуре. Выявлено, что на формирование ошибок на полюсной фигуре главным образом влияют ошибки оценки полуширины дифракционного пика. Полученный вывод подтвержден путем расчета ошибок полюсных фигур, извлеченных из модельных индивидуальных спектров. Моделировался набор из 1368 индивидуальных нейтронных дифракционных спектра. Моделирование спектров проводилось на основе экспериментальных и модельных полюсных фигур (рис.9). Показано, что распределение ошибок полюсных фигур качественно совпадает с распределением ошибок вычисления полуширины пика, причем это верно как для экспериментальных полюсных фигур, так и для полюсных фигур, полученных из модельных спектров [17].

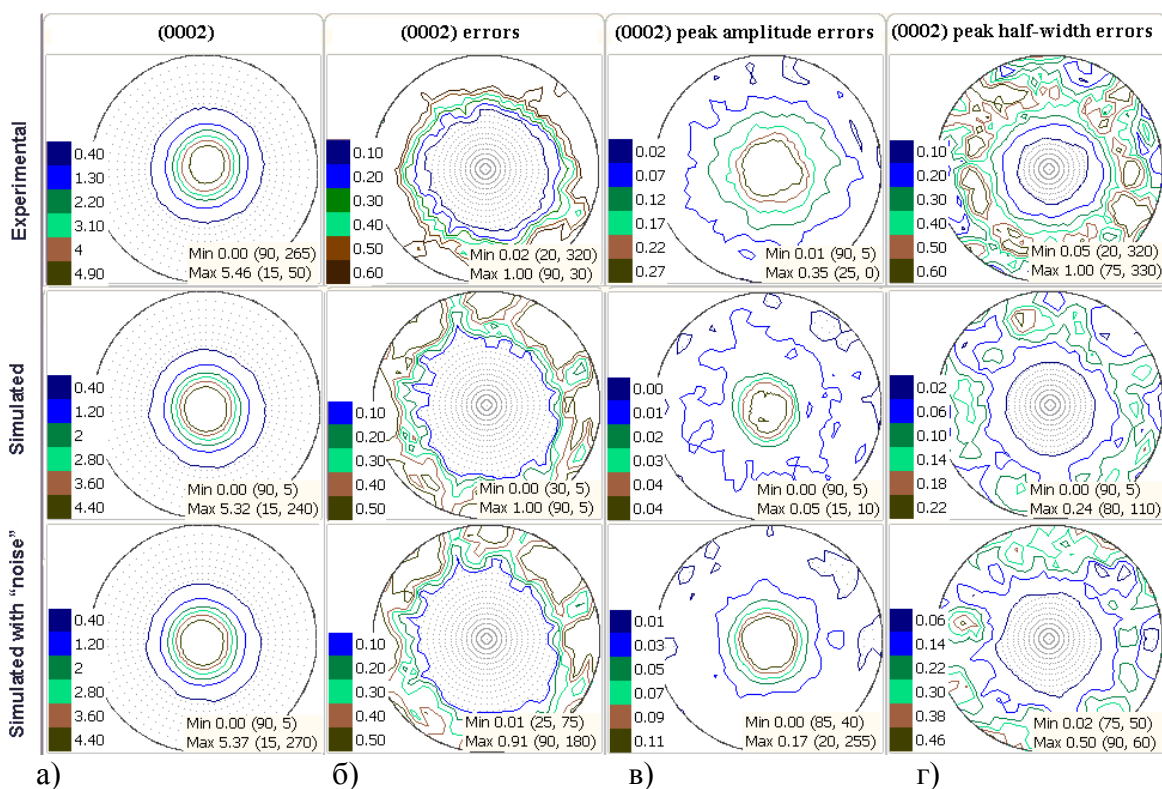


Рис. 9. а) Полюсная фигура (0002) для образца из сплава $Mg+4.5Al+1\%Zn$. Интенсивности даны в единицах изотропного распределения б) Относительная ошибка полюсной фигуры (0002). в) Ошибка определения амплитуды пика. г) Ошибка определения полуширины пика. В верхнем ряду представлены экспериментальная полюсная фигура, измеренная на текстурном дифрактометре СКАТ, и ошибки, рассчитанные для экспериментальных данных; во втором ряду – полюсная фигура, извлеченная из модельных спектров, и соответствующие ошибки; в третьем ряду – полюсная фигура, извлеченная из спектров, смоделированных с "экспериментальной" ошибкой ("шумом") и также соответствующие ошибки.

2. Методические результаты

Завершено изготовление головной части зеркального вакуумного нейтроновода и проведена ее установка на 6 канале реактора ИБР-2М в рамках реализации проекта создания дифрактометра для исследования микрообразцов ДН-6 (рис. 10). Продолжено изготовление

вакуумного кожуха для хвостовой части нейтроновода. Начато проектирование газового ПЧД детектора.



Рис. 10. Головная часть зеркального вакуумного нейтроновода, установленная на 6-м канале реактора ИБР-2 в рамках реализации проекта по созданию нового дифрактометра для исследования микрообразцов ДН-6.

Завершено изготовление, проведены вакуумное тестирование и установка головной части рефлектометра ГРЭЙНС на реакторе (рис. 11). Начато изготовление рельсового основания и кожуха системы формирования пучка. Проведено тестирование элементов данной системы (изменяемые щели, отклоняющие зеркала). Подготовлена рабочая документация на изготовление механического прерывателя барабанного типа.

Проведены работы по подготовке рабочей площадки для установки зеркального нейтроновода на спектрометре ДИН 2ПИ. Закуплены зеркальные сегменты, материалы эффективной биологической защиты нейтроновода первой пролетной базы спектрометра и механические узлы для юстировки нейтроновода. Завершена обработка экспериментальных данных по моделированию на спектрометре ДИН 2ПИ макета криогенного замедлителя, планируемого к постановке на реакторе ИБР-2М.

Подготовлен эскизный проект нового детектора обратного рассеяния для дифрактометра ФДВР на основе ZnS-элементов (рис. 12). Телесный угол нового детектора в ~10 раз превышает телесный угол существующего детектора, что позволит, в случае реализации проекта, значительно улучшить условия проведения структурных экспериментов на ФДВР.



Рис. 11. Головная часть многофункционального рефлектометра GRAINS.

Back Scattering detector

1.67 Strad - 10 % => $\Omega = 1.5 \text{ Strad}$

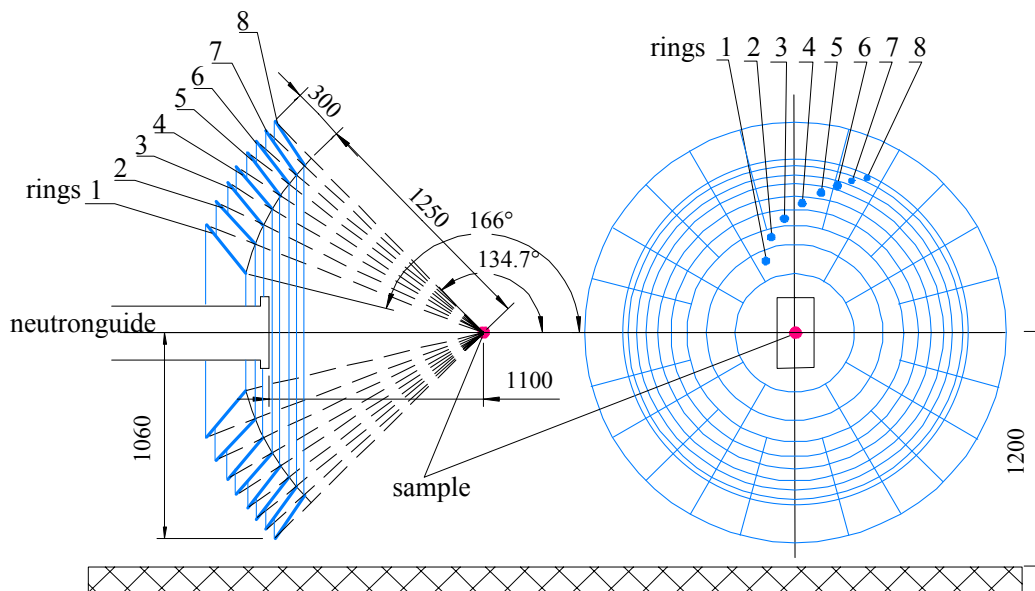


Рис. 12. Проект нового детектора обратного рассеяния для дифрактометра ФДВР на основе ZnS-элементов

Продолжена работа по изучению возможности создания суперзеркал с периодической структурой, в рамках которой были проведены эксперименты по рефлектометрии поляризованных нейтронов на образцах с 2, 4, 8 бислоями NiTi и подложкой floatglass (MIRROTRON, Будапешт, Венгрия).

Проведено исследование эффекта усиления спин-флип сигнала в нейтронном волновом резонаторе. Показано, что в нейтронном волновом резонаторе спин-флип сигнал от

магнитно-неколлинеарного слоя может быть усилен во второй или даже третьей степени по отношению к уже усиленному сигналу от ядерного слоя. Это делает возможным проведение исследований субатомных магнитных слоёв толщиной до 10^{-5} нм или нанослоёв со сверхмалой намагниченностью величиной 10^{-3} Гс [18].

В рамках проекта создания изогнутых зеркальных нейтронотодов спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ на канале 7а реактора ИБР-2 продолжались работы по проектированию и изготовлению механических и оптических узлов нейтронотодов [19]. В частности, разработаны проекты вакуумной системы и фоновой защиты спектрометров Эпсилон и Скат и участка стыковочного нейтронотода спектрометра НЕРА-ПР, разработаны и заканчивается изготовление дискового фонового прерывателя и 3-х барабанных λ -прерывателей. Разработана, изготовлена и отлажена система управления прерывателями на базе электроприводов фирмы Toshiba. Завершена реконструкция несущей колонны ИБР-2 и биологической защиты головной части 7 канала для размещения на канале трех нейтронотодов. Изготовлены стойки и юстировочные опоры головной части нейтронотода. Продолжается изготовление 92 вакуумных кожухов изогнутых нейтронотодов для спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ.

Главным результатом работ по проекту создания изогнутых зеркальных нейтронотодов спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ в 2009 году является монтаж двух секций головной части (сплиттера) 7 канала, включающий установку внутренних секций и юстировку, а также установку вакуумных кожухов (рис. 13).



Рис. 13. Головная часть сплиттера 7-ого канала реактора ИБР-2М для нейтронотодной системы дифрактометров ЭПСИЛОН (7А-1), СКАТ (7А-2) и НЕРА (7В). Установка сплиттера производится в рамках проекта ВМВФ по модернизации нейтронотодной системы дифрактометров ЭПСИЛОН и СКАТ на канале 7А реактора ИБР-2М.

Литература

1. D.V. Sheptyakov, V.Yu. Pomjakushin, O.A. Drozhzhin, S.Ya. Istomin, E.V. Antipov, I.A. Bobrikov, A.M. Balagurov "Correlation of chemical coordination and magnetic ordering in $\text{Sr}_3\text{YCo}_4\text{O}_{10.5+\delta}$, $\delta=0.02$ and 0.26 " Phys. Rev. B, v.80, pp. 024409 (1-9) (2009).

2. N.O.Golosoza, D.P.Kozlenko, L.S. Dubrovinsky, O.A. Drozhzhin, S.Ya. Istomin, and B.N. Savenko "Spin State and Magnetic Transformations in $\text{Sr}_{0.7}\text{Y}_{0.3}\text{CoO}_{2.62}$ at High Pressures", *Phys. Rev. B*, v. 79, pp. 104431 (1-5) (2009).
3. А.В. Белушкин, С.Е. Кичанов, Д.П. Козленко, Е.В. Лукин, Б.Н. Савенко, С.К. Рахманов, Г.П. Шевченко, В.С.Гурин, Г.Е.Малашенко, В. Гарамус, Д.К. Погорельый, К.М. Подурец "Исследование структурных аспектов формирования оптических свойств наносистемы $\text{GeO}_2\text{-Eu}_2\text{O}_3\text{-Ag}$ ", направлено в ФТТ (2009).
4. M.V.Avdeev, D.Bica, L.Vekas, V.L.Aksenov, A.V.Feoktystov, O.Marinica, L.Rosta, V.M.Garamus, R.Willumeit. Comparative structure analysis of non-polar organic ferrofluids stabilized by saturated mono-carboxylic acids. *J. Colloid Interface Sci.* 334 (2009) 37–41.
5. M.V.Avdeev, N.N.Rozhkova, V.L.Aksenov, V.M.Garamus, R.Willumeit, E.Osawa, Aggregate structure in concentrated liquid dispersions of ultrananocrystalline diamond by small-angle neutron scattering, *J. Phys. Chem. C* 113 (2009) 9473–9479.
6. V.L.Aksenov, Yu.N.Khaidukov, Yu.V.Nikitenko, "Peculiarities of magnetic states in Ferromagnet/Superconductor heterostructures due to proximity effects", subm. to *Journal of Physics: Conference Series*.
7. В.К. Игнатович, Ю.В. Никитенко, А.А. Фраерман, Прохождение поляризованных нейтронов через магнитные некопланарные слоистые системы, *ЖЭТФ*, т. 138, вып. 1 (2010).
8. Е.В. Дубровин, Т.Н. Муругова, К.А. Мотовилов, Л.С. Ягужинский, И.В. Яминский. Применение технологии атомно-силовой микроскопии для структурного анализа внутренней мембраны митохондрий. *Российские нанотехнологии*, 4, №9-10, 2009, с. 66-68.
9. Yu. L. Raikher, V.I.Stepanov, S.V.Stolyar, V.P.Ladygina, D.A.Balaez, L.A. Ishchenko, M.Balasoiiu, „Magnetic properties of biomineral nanoparticles produced by *Klebsiella oxytoca* bacteria”, *Physics of Solid State*, Vol.52, No.2 (2010)277-284.
10. Н.Ю.Рябова, М.А.Киселёв, О.В.Найда, А.В.Забелин, С.Данте, Т.Хаусс, А.М.Балагуров "Нейтронное и синхротронное исследование структуры модельных липидных мембран *oral stratum corneum*", РСНЭ-НБИК (сборник тезисов), Москва, 16-20 ноября, 2009.
11. Ю. С. Ковалев, Н. В. Левкович, А. И. Куклин, П. Ю. Апель. Агрегация поверхностно-активных веществ в растворах, применяемых для травления треков, и ее возможное влияние на форму пор в трековых мембранах. *Коллоидный журнал*, 2009, том 71, №5, с. 616-622.
12. Ю.В.Лисичкин, А.Г.Новиков, Л.А.Сахарова, Структурно-динамические особенности воды в сверхкритическом состоянии. Препринт ФЭИ-3148, Обнинск, 2009, 36с.
13. В.В.Сумин, В.Г.Симкин, С.Г.Шевверев, М.В.Леонтиева-Смирнова, В.М.Чернов. Температурная зависимость параметра кристаллической решетки и фактора Дебая-Валлера стали ЭК-181. *ФММ* 2009, т. 108, с. 1-6.
14. Lokajicek T., Lukas P., Nikitin A.N., Papushkin I.V., Sumin V.V., Vasin R.N. Elastic properties of reactor graphite GR-280 and their anisotropy from neutron diffraction and ultrasonic measurements. 2010. Carbon, submitted.
15. Никитин А.Н., Почепцова О.А., Маттис З. Учет тепловых и транспортных свойств кристаллической соли при проектировании хранилищ радиоактивных отходов в галоидных формациях. *Кристаллография*, 2009, принята в печать.
16. Mosch, S.Nikolayev, D., Siegesmund, S. & O. Ewiak. 3D Modelling of quarry block size volumes. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* (submitted).
17. T. A. Lychagina, D.I. Nikolayev, F. Wagner "Using Individual Spectra Simulation for the Study of Pole Figures Errors," *Texture, Stress, and Microstructure*, Hindawi, vol. 2009 (2009), Article ID 237485, 10 pages, 2009. doi:10.1155/2009/237485; www.hindawi.com/journals/tsm/2009/237485.html.
18. В.Л. Аксёнов, Ю.В. Никитенко, патент на изобретение "Способ определения пространственного распределения магнитного момента в нанослое, № 2360234 от 27.06.09
19. Manoshin, S.A., Belushkin, A.V., Kulikov, S.A., Shabalin, E.P., Walther, K., Scheffzueck, C. & Zhuravlev, V.V. (2009): Optimization of a moderator-neutron guide system for diffractometers of beam line 7A of the IBR-2M reactor. *Nuclear Instruments and Methods in Physics A*: 608 (3), 447-453.

1.2. НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Введение

В 2009 в ЛНФ ОИЯИ была введена в строй первая очередь импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН. Определены параметры этой установки в текущей конфигурации, начались работы по подготовке и проведению экспериментов на ИРЕН. Также продолжились методические работы по подготовке экспериментов на реакторе ИБР-2М, велись исследования на ускорителе ЭГ-5. Основная часть фундаментальных и прикладных исследований в области нейтронной ядерной физики проводилась на нейтронных пучках ядерных центров России, Германии, Республики Корея, Китая, Франции. Работы велись в традиционных направлениях: изучение процессов нарушения пространственной и временной четности при взаимодействии нейтронов с ядрами; изучение процесса деления; экспериментальное и теоретическое исследование электромагнитных свойств нейтрона и его бета-распада; гамма-спектроскопия нейтронно-ядерных взаимодействий; структура атомного ядра; получение новых данных для реакторных приложений и для ядерной астрофизики; эксперименты с ультрахолодными нейтронами; прикладные исследования.

1. Развитие первой очереди установки ИРЕН

В январе 2009 года был завершен монтаж последнего участка электроновода в мишенном зале установки ИРЕН и осуществлена проводка пучка ускоренных электронов до неразмножающей нейтронопроизводящей мишени. В течение года проводились работы по наладке и развитию отдельных систем ускорителя и мишенного комплекса, оптимизации режимов работы магнитооптических элементов системы транспортировки пучка. Параллельно осуществлялась работа ускорителя на нейтронную мишень для экспериментов на выведенном нейтронном пучке и прикладных исследований. К концу 2009 года были достигнуты следующие параметры:

- Средняя энергия ускоренных электронов – 30 МэВ;
- Импульсный ток на мишени – 3 А;
- Частота повторения импульсов – 50 Гц;
- Интегральный выход нейтронов – $7,7 \cdot 10^{10}$ н/с;

На рисунке 1 показаны экспериментально измеренные спектры нейтронов на пролетной базе 10 метров третьего экспериментального канала.

Neutron flux density at the sample position (IREN beamline #3) January -December 2009

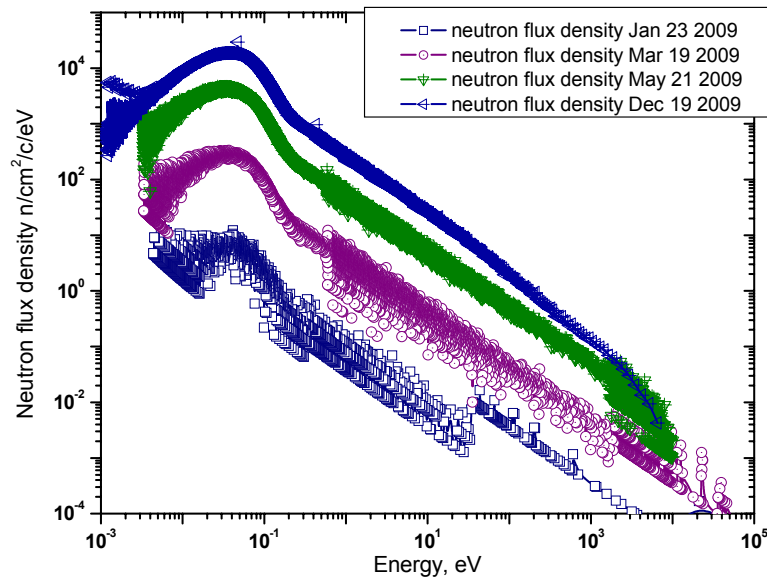


Рис. 1: спектральная плотность потока нейтронов (измерения в период январь – декабрь 2009г.)

При разработке нейтронопроизводящей неразмножающейся мишени в 2007-2008 г.г. были выполнены расчеты длительности нейтронного импульса на поверхности замедлителя для разных диапазонов энергий нейтронов и энергетического разрешения ИРЕН для пролетной базы 10 метров (рисунки 2 и 3).

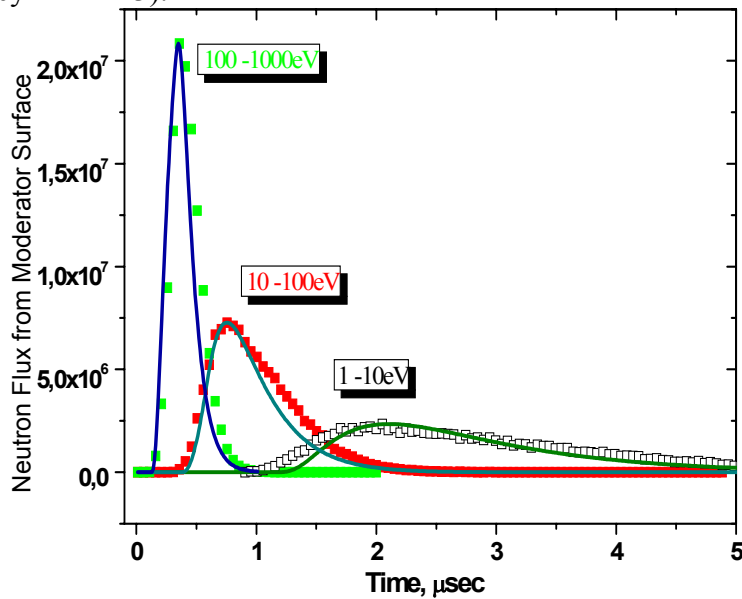


Рис. 2: Длительность импульса нейтронов на поверхности замедлителя толщиной 5 см для диапазонов энергии нейтронов 1-10 эВ, 10-100 эВ и 100-1000 эВ. Длительность импульса электронов 200 нс. Сплошные кривые – аналитический расчет, точки – расчет MCNP.

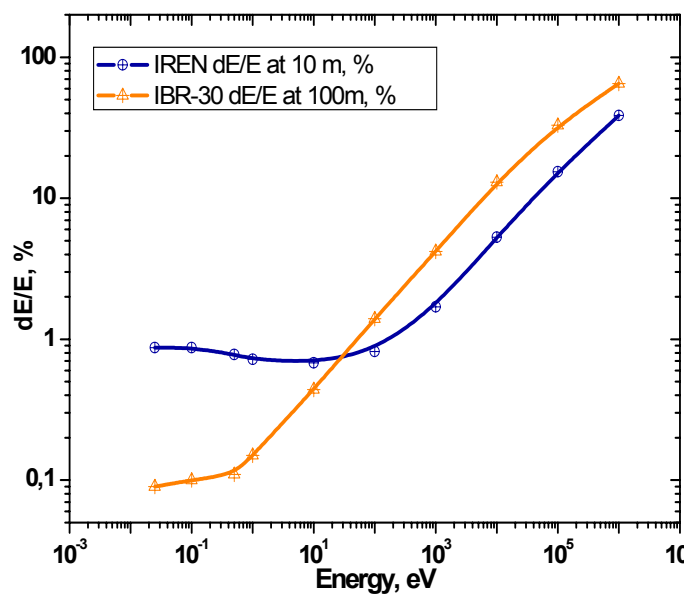


Рис. 3: Сравнение энергетического разрешения ИБР-30 на пролетной базе 100 метров и ИРЕН на пролетной базе 10 метров. Учтено только энергетическое разрешение, связанное с длительностью импульса быстрых нейтронов и влиянием замедлителя.

Экспериментальная оценка энергетического разрешения была выполнена в экспериментах на ИРЕН (см. раздел «Эксперименты на ИРЕН») и может быть проиллюстрирована сравнением времяпролетных спектров гамма-квантов после захвата нейтронов ядрами ^{181}Ta (рисунок 4).

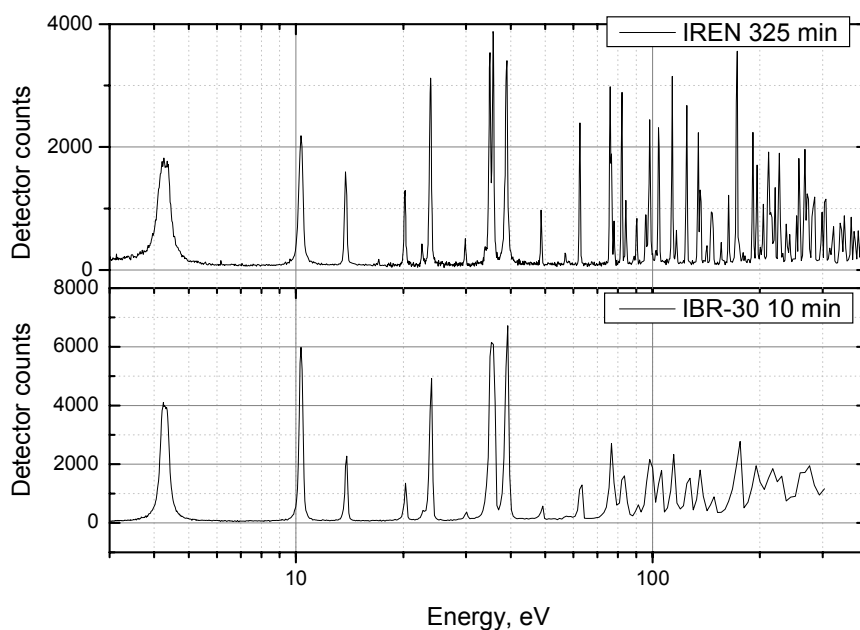


Рис. 4

2. Экспериментальные исследования

2.1 Эксперименты на ИРЕН.

На пучке нейтронов источника ИРЕН проведены измерения радиационного захвата нейтронов. Детектором служил жидкостный сцинтиллятор (n, γ) – детектор объемом 250 литров, содержащий шесть независимых секций. Регистрирующая электроника позволяет организовывать режим совпадений любой кратности. В качестве мишеней в первых измерениях были использованы тантал, серебро и медь. Одной из задач было определение плотности потока нейтронов в экспериментальном павильоне № 52, где располагался детектор. На Рис. 5 показан участок спектра по времени пролета, снятый (n, γ) - детектором с серебряной фольгой в качестве мишени. Для определения потока использовалось соотношение

$$\sum N = F(E)\varepsilon_{\gamma} \frac{\Gamma_{\gamma}}{\Gamma} A$$

Здесь $\sum N$ - число отсчетов по площади резонанса за время измерения, $F(E)$ - число нейтронов, падавших на всю площадь мишени за время измерения, ε_{γ} - эффективность регистрации (n, γ) – реакции, Γ_{γ} и Γ - радиационная и полная ширина резонанса, A – доля захваченных нейтронов, определяемая как функция параметров резонанса, Γ_{γ} , Γ , A – табл. параметры.

Известные параметры резонансов и полученные в измерении площади резонансных пиков позволили определить величины

$$F(E)\varepsilon_{\gamma} = \frac{\sum N \cdot \Gamma}{\Gamma_{\gamma} A}$$

Для ряда резонансов. Отсюда были получены значения плотности потока нейтронов в зд. 52 ($L=58\text{м}$).

$$\phi(E) = \frac{0,22}{E^{0,9}} \text{н/см}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{эВ}$$

Энергетическая зависимость потока вида $E^{-0,9}$ хорошо согласуется с расчетами и аналогичными измерениями на ИБР-30.

Для более детальной оценки разрешающей способности в экспериментах на ИРЕН при более высокой энергии были проведены измерения с медной мишенью. Измерения были выполнены с двумя ширинами временных каналов в области высоких энергий нейтронов (1 мкс и 250 нс). Видно хорошее разрешение резонансов в области энергии до нескольких кэВ (см. Рис. 6).

Для комплексной проверки работы нейтронного источника и сцинтилляционного детектора с γ -конвертером на времяпролетной базе 60 м, было выполнено измерение пропускания нейтронов через образец ^{181}Ta толщиной 2 мм. Затем спектры нейтронной трансмиссии в диапазоне до 450 эВ были профитированы с помощью R-матричного формализма с целью получения параметров нейтронных резонансов. Полученные значения параметров известных резонансов хорошо соответствуют табличным значениям. Участок трансмиссионного спектра от 5 до 100 эВ представлен на Рис. 7. Таким образом, экспериментально продемонстрирована возможность значительного расширения энергетического диапазона измерений нейтронных сечений по сравнению с ИБР-30.

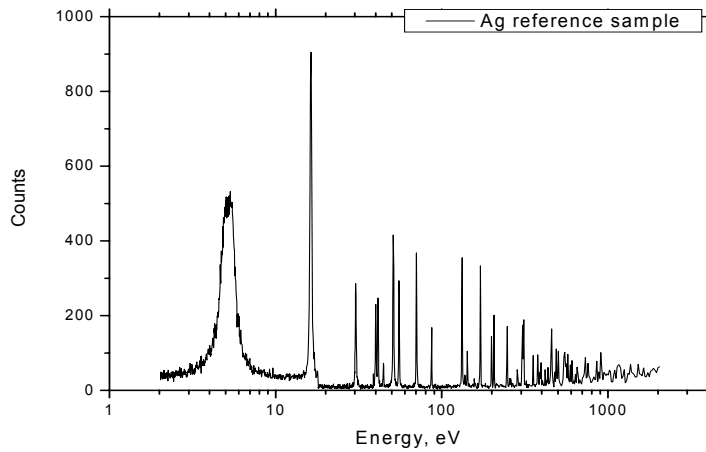


Рис. 5

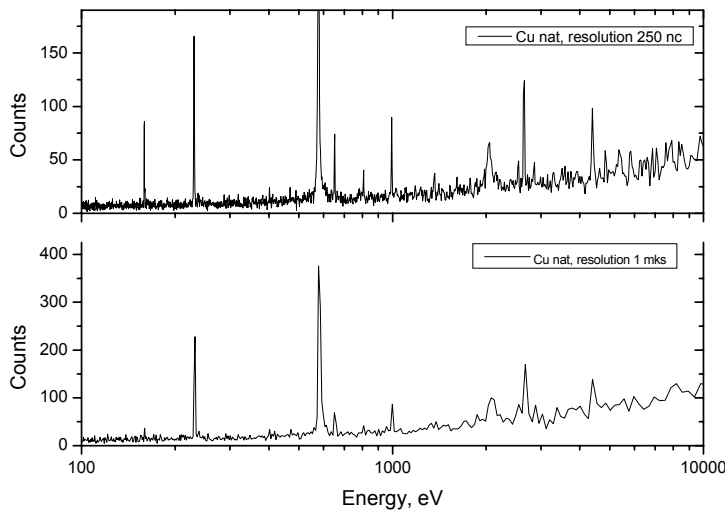


Рис. 6

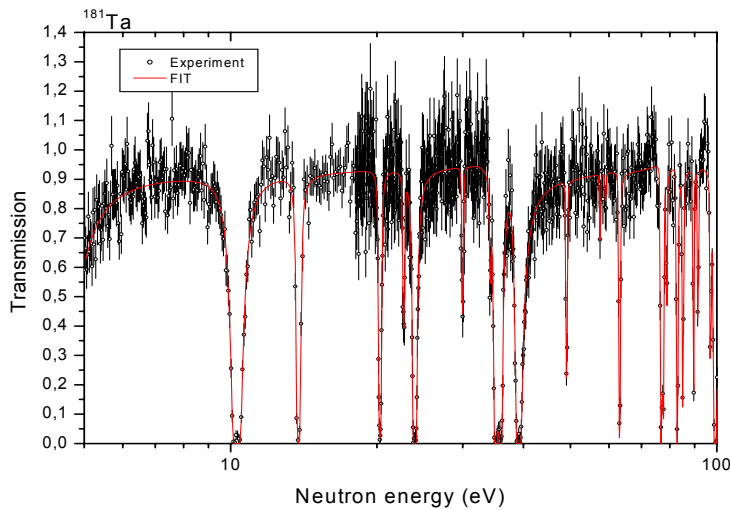


Рис. 7

2.2 Измерение P-нечетной асимметрии вылета γ -квантов реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}^* \rightarrow ^7\text{Li} + \gamma$

Были продолжены исследования P-нечетной асимметрии эмиссии вторичных частиц в реакциях с поляризованными холодными нейтронами на легких ядрах ^6Li и ^{10}B с целью изучения нейтрального слабого тока в нуклон-нуклонном взаимодействии. Результаты на текущий: Асимметрия вылета тритонов в реакции $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ $\alpha_{P\text{-odd}}^{6\text{Li}} = -(8.8 \pm 2.1) \cdot 10^{-8}$; асимметрия вылета гамма-квантов в ядерной реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}^* \rightarrow \gamma \rightarrow ^7\text{Li}(g.s.)$ $\alpha_{P\text{-odd}}^{10\text{B}} =$

$+(0.8 \pm 3.9) \cdot 10^{-8}$. С использованием этих величин в рамках кластерной модели была извлечена константа слабого нейтрального тока: $f_{\pi}^{6Li} \leq 1.1 \cdot 10^{-7}$ and $f_{\pi}^{10B} \leq 2.4 \cdot 10^{-7}$ (90% ур. достоверности). Оба этих результата противоречат «лучшему» значению DDH $f_{\pi}^{DDH} = 4.6 \cdot 10^{-7}$.

В октябре-ноябре 2009 г. был проведен новый эксперимент по измерению α^{10B}_{P-odd} . 50-суточное измерение выполнено на пучке холодных поляризованных нейтронов реактора ИЛЛ, Гренобль. Основным отличием этого эксперимента от предыдущих было улучшение геометрии: если ранее борная мишень устанавливалась на нейтронном пучке перед детекторами прямо в воздухе, сейчас помещалась в заполненный гелием нейтронный канал. Это позволило на 20 процентов снизить общий фон и улучшить вдвое точность. Предварительные результаты основного эксперимента (без поправок на поляризацию пучка и средний косинус угла вылета): $-(1.60 \pm 2.01) \cdot 10^{-8}$. Проведен также «нуль»-эксперимент: $-(1.01 \pm 1.25) \cdot 10^{-8}$. Результаты обрабатываются.

2.3 Исследования реакций (n,p), (n,альфа)

Продолжено изучение реакций (n,p), (n,альфа) на быстрых нейтронах. Эксперименты проводятся на ускорителях Ван-де-Граафа ЭГ-5 в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и ЭГ-4,5 Института физики тяжелых ионов Пекинского университета совместно с Пекинским университетом при участии сотрудников Лодзинского (Польша) и Монгольского национального университетов и Ок-Риджской национальной лаборатории, США.

Данные о реакциях с вылетом заряженных частиц, вызванных быстрыми нейтронами, представляют значительный интерес как при создании конструкционных материалов для ядерной энергетики, так и при изучении механизмов ядерных реакций и определении параметров оптического потенциала.

Анализ существующих экспериментальных данных для изотопов ^{147}Sm , ^{143}Nd , ^{95}Mo показывает, что большая часть представлена для тепловых и резонансных энергий нейтронов, а так же в области $E_n \sim 14$ МэВ. В то же время в области энергий нейтронов 1-7 МэВ данных практически нет. Результатом этого факта является большое расхождение между оценками сечений, приводимыми различными библиотеками ядерных данных.

В рамках программы совместных исследований на ускорителе ЭГ-4.5 Института физики тяжелых ионов при Пекинском университете (Китай) были проведены измерения реакций $^{143}\text{Nd}(n,\alpha)^{140}\text{Ce}$ и $^{95}\text{Mo}(n,\alpha)^{92}\text{Zr}$ при энергиях нейтронов $E_n = 4.0, 5.0$ и 6.0 МэВ, реакции $^{147}\text{Sm}(n,\alpha)^{144}\text{Nd}$ при $E_n = 5.0$ и 6.0 МэВ. Получены энергетические спектры заряженных частиц. Обработка данных и теоретические расчеты были закончены в 2009 г. Были проведены сравнения полученных нами экспериментальных данных с существующими данными, оценками и модельными расчетами (**Рис. 8, 9**). Необходимо отметить, что анализ новых данных о сечениях на быстрых нейтронах проводился совместно с имеющимися данными по этим реакциям на резонансных нейтронах.

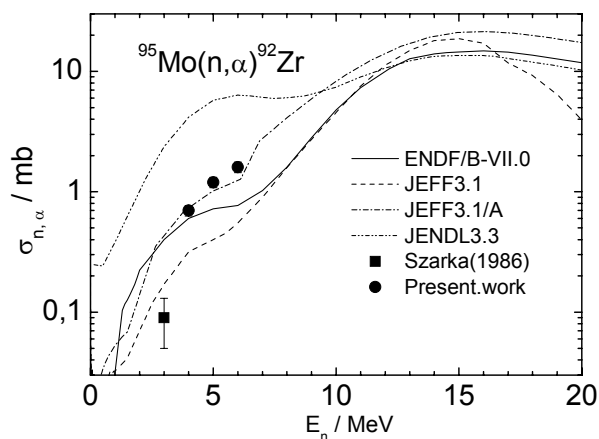


Рис. 8 Сечения реакции $^{95}\text{Mo}(n, \alpha)^{92}\text{Zr}$ в сравнении с существующими данными и оценками

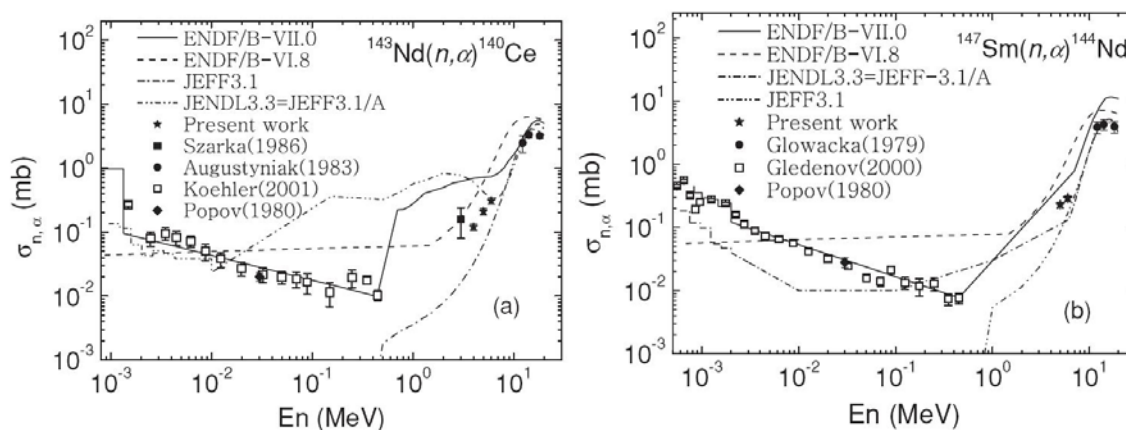


Рис. 9. Сечения реакций $^{143}\text{Nd}(n, \alpha)^{140}\text{Ce}$ и $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$ в сравнении с существующими на сегодняшний день данными и оценками

Также было проведено измерение полного сечения реакции $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)^{64}\text{Ni}$ при $E_n = 6.0$ МэВ, что является продолжением работ по исследованию изотопов Zn (исследования реакции $^{64}\text{Zn}(n, \alpha)^{61}\text{Ni}$ проведены ранее в области энергий $E_n = 2.5 \div 6.0$ МэВ). Измерения планируется продолжить при других энергиях нейтронов. Значение сечения $\sigma_{n, \alpha} = 7.3 \pm 1.1$ мб.

В октябре-ноябре 2009 г. с использованием ионизационных камер начаты измерения полных сечений и соотношения «вперед/назад» для реакции $^{149}\text{Sm}(n, \alpha)^{146}\text{Nd}$.

2.4 Новый эксперимент по наблюдению эффекта ускоряющегося вещества в нейтронной оптике.

Эффектом ускоряющегося вещества (ЭУВ) называют оптическое явление, состоящее в изменении частоты волны при прохождении через преломляющий образец, движущийся с ускорением. В соответствии с общими принципами при этом изменяется и энергия кванта излучения или энергия массивной частицы, если речь идет о последней.

Существование ЭУВ в нейтронной оптике было впервые продемонстрировано в 2005-2007 гг. в экспериментах группы ЛНФ и Института Лауэ-Ланжевена (Гренобль, Франция) В этих работах методами прецизионной спектроскопии регистрировалось изменение энергии ультрахолодных нейтронов (УХН) прошедших через образец, движущийся с ускорением несколько десятков м/с^2 . Изменение энергии составляло при этом величину порядка 10^{-10} эВ.

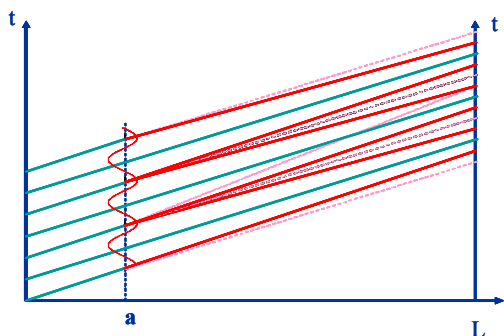


Рис. 10. Координатно-временная схема, иллюстрирующая принцип слабой фокусировки нейтронов во времени. В точке *a* расположено образец, движущийся с ускорением, периодически зависящим от времени. Он, изменяет скорость изначально монохроматических нейтронов таким образом, что в точке расположения детектора *L*, плотность нейтронов периодически изменяется.

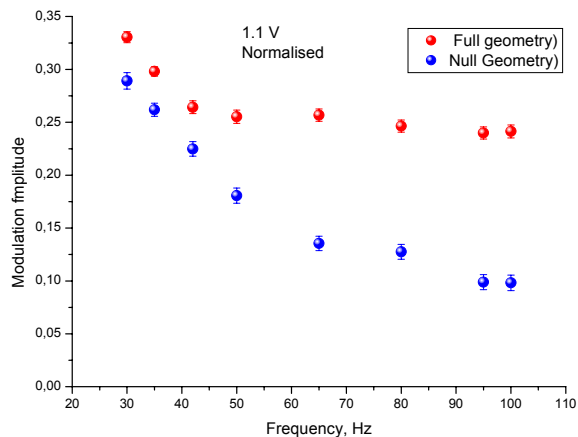


Рис. 11. Амплитуда модуляции скорости счета после учета калибровки глубины модуляции в зависимости от частоты колебания образца. Красные точки - 1 (эффект ЭУВ + скоростной эффект). Синие точки – геометрия 2 (только скоростной эффект)

Поскольку ЭУВ наблюдался до настоящего времени только в одном эксперименте, то представлялось принципиально важным зарегистрировать его каким-либо иным методом. Такой новый эксперимент и был поставлен в 2009г. Ультрахолодные нейтроны проходили через тонкий (2мм) кремниевый образец, совершавший гармоническое колебание в пространстве с частотой несколько десятков колебаний в секунду. Мгновенное ускорение образца достигало величины 70 м/с^2 . Вследствие эффекта ускоряющегося вещества, нейтроны, прошедшие через движущийся таким образом образец периодически меняли свою энергию и скорость. Соответственно, изменялось и время пролета нейтронов от образца до детектора.

Такое периодическое изменение времени пролета приводило к модуляции скорости счета нейтронов вследствие слабой временной фокусировки нейтронов, что иллюстрируется рисунком 10.

Проблема, однако, состояла в том, что при периодическом колебании образца менялось не только его ускорение, но и скорость. Вследствие изменения относительной скорости нейтронов и образца прозрачность последнего менялась, что также приводило к модуляции потока.

Поэтому измерения велись в двух геометриях. В первой, амплитуда модуляции скорости счета определялась двумя эффектами – искомым эффектом ускоряющегося вещества и систематическим скоростным эффектом. Во второй геометрии поток модулировался только скоростным эффектом. Измерения проводились для набора частот колебания образца, причем величина максимального ускорения $a_{\text{max}} = A\Omega^2$ оставалась постоянной ($\Omega = 2\pi f$, f – частота колебания). Кроме того, для количественной обработки результатов проводилась специальные эксперименты для калибровки глубины модуляции.

Результаты эксперимента иллюстрируются рисунком 11. Видно, что в отсутствии ЭУВ (синие точки) амплитуда модуляции существенно меньше, чем в случае, когда модуляция потока определяется обоими эффектами. Разность измерений в двух геометриях (см. рис.12) характеризует сам эффект ускоряющегося вещества. Количественная обработка результатов

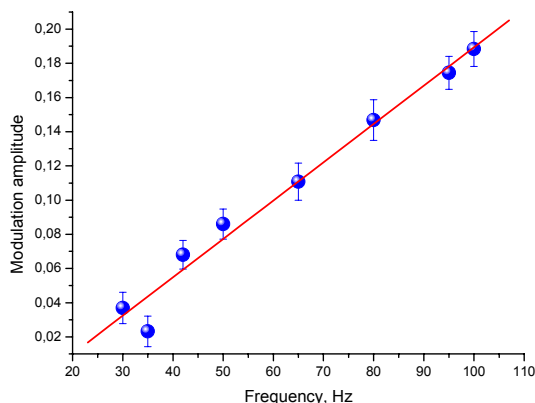


Рис. 12. Эффект ускоряющегося вещества в зависимости от частоты осцилляции образца. Точки и красная прямая – разность измерений в двух геометриях и их линейный фит.

нескольких измерений свидетельствует о согласии измеренной величины эффекта с расчетной в пределах точности 15%.

Таким образом, эффект ускоряющегося вещества был зарегистрирован новым методом, чувствительным к изменению времени пролета УХН после их прохождения через ускоряющийся образец.

2.5 Исследования структуры ядра.

Продолжается работа по накоплению и анализу информации о параметрах различных ядер при энергиях возбуждения ниже энергии связи нейтрона в них.

Выполняется анализ опубликованных данных по интенсивностям двухквантовых каскадов при захвате медленных нейтронов в рамках разработанной в Дубне методики безмодельного определения плотности возбужденных уровней и радиационных силовых функций связывающих их гамма-переходов. При этом выявляются источники ошибок и оценивается их возможная величина в данных по ядерным параметрам других групп.

Выполненный в ЛНФ реанализ данных по двухквантовым каскадам при захвате тепловых нейтронов в ^{95}Mo показал, что и в этом ядре плотность уровней имеет ярко выраженную ступенчатую структуру, а сумма радиационных силовых функций дипольных электрических и магнитных переходов имеет очень ярко выраженный максимум в области уровней преимущественно коллективного типа.

Параметры аппроксимации плотности уровней моделью В М Струтинского и силовых функций - предложенной в Дубне полуфеноменологической моделью не противоречат аналогичным данным для соседних четно-четных сферических ядер. Различие параметров ядра, представляемых пражской группой и норвежской коллаборацией полностью объяснено ошибками в используемых ими методиках анализа данных эксперимента.

Опубликованы результаты реанализа накопленных во всем мире экспериментальных данных по интенсивностям первичных гамма-переходов с их усреднением по многим нейтронным резонансам. Во всех ядрах наблюдается ступенчатая структура в плотности уровней. При этом сопоставление ее величины с аналогичными данными, извлеченными из интенсивностей каскадов, указывает на возможное завышение плотности уровней из реакции $(n,2\gamma)$. Часть этого завышения может быть отнесена на недостаточность полученных в ЛНФ экспериментальных данных о зависимости силовых функций дипольных гамма-переходов от энергии возбуждения ядра (структуры волновых функций уровней, связываемых гамма-переходом).

Выявлена необходимость в получении из имеющихся в мире данных по параметрам нейтронных резонансов более точной информации о среднем расстоянии между ними (один из источников систематической ошибки определения плотности уровней в любой

существующей в мире методике определения этого ядерно-физического параметра). И, что более существенно, требуется доказательство наличия/отсутствия существенного изменения структуры нейтронных резонансов с изменением энергии нейтронов или их нейтронной ширины. Для этой цели разработана и тестируется методика определения наиболее вероятного среднего значения нейтронной амплитуды $A = \sqrt{\Gamma_n^o}$ и ее наиболее вероятной дисперсии. Результаты такого анализа необходимы для предварительного выбора мишеней и последующей интерпретации результатов предполагаемого эксперимента на ИРЕН по поиску зависимости интенсивности полных гамма-спектров от структуры нейтронных резонансов. Необходимость проверки и такой гипотезы следует из результатов анализа интенсивностей двухквантовых каскадов.

2.6 Работы в рамках подготовки и проведения эксперимента по прямому измерению сечения рассеяния нейтрона на нейтроне на реакторе ЯГУАР (РФЯЦ-ВНИИТФ, г.Снежинск)

В 2009 году были проведены работы связанные с исследованием возможности уменьшения десорбции атомов с поверхности камеры пп-рассеяния в момент импульса реактора. Был изготовлен экспериментальный стенд, включающий систему откачки и систему измерения вакуума с необходимой электроникой. Стенд позволяет получать вакуум на уровне $\sim 7 \cdot 10^{-7}$ мбар, моделировать импульсное изменение вакуума в объёме (за времена менее миллисекунды) в диапазоне ($10^{-7} \div 10^{-3}$) мбар и регистрировать это изменение вакуума. Проведём большой объём работы по изучению возможностей достижения предельного вакуума и возможностей системы регистрации изменения давления. В 2010 году планируется провести измерения с созданной системой регистрации вакуума на реакторе ЯГУАР.

Разработана установка для исследования процессов дегазации поверхности под действием пучка протонов. Исследования различных типов поверхностей планируется провести на ЭГ-5 в конце 2009 – 2010 году.

2.7 Работы в рамках исследования взаимодействия нейтронов с наночастицами.

На пучке холодных нейтронов были измерены концентрация атомов водорода в алмазном нанопорошке до и после обезгаживания, полное сечение рассеяния на водороде, оставшемся после обезгаживания и его температурная зависимость. Концентрация измерялась по измерению относительной интенсивности потока характеристических гамма квантов $n(p,d)\gamma$ реакции от исследуемых образцов и образца полиэтилена.

Получено, что количество водорода в нанопорошке до и после обезгаживания может быть выражено отношениями C_8H и $C_{15}H$ соответственно. Полное сечение рассеяния атома водорода составляет в этом случае ~ 120 барн. Изменение этого сечения при изменении температуры от 500К до 80К не превышает 3%.

Дополнительно были измерены спектры возбуждения атомов водорода в обезгаженном и необезгаженном образцах. Полученные результаты указывают на то, что водород, удаляемый из порошка путём откачки и прогрева, находится в виде воды адсорбированной на поверхности образца. Атомы водорода, не удаляющиеся из порошка откачкой и прогревом до $150^\circ C$ находятся в химической связи с атомом углерода, находящимся в состоянии sp^3 гибридизации.

Таким образом, охлаждение до температуры жидкого азота ловушки для очень холодных нейтронов из алмазного нанопорошка с целью подавления канала потерь представляется нецелесообразным. Для увеличения вероятности отражения необходимо либо удалять/замещать химически связанный с углеродом водород либо вести глубокое охлаждение порошка до температуры жидкого гелия.

3. Теоретические исследования

3.1 О нейтронных поверхностных волнах

Ранее в литературе было высказано предположение, что нейтроны могут существовать в виде поверхностных волн на границах раздела различных сред, и это может объяснить известную аномалию в коэффициенте потерь ультрахолодных нейтронов. Например, утверждалось, что поверхностная нейтронная волна может существовать на поверхности пленки с конечным оптическим потенциалом, которая напылена на подложку с бесконечным потенциалом, как показано на рисунке. Однако из обычного уравнения Шредингера

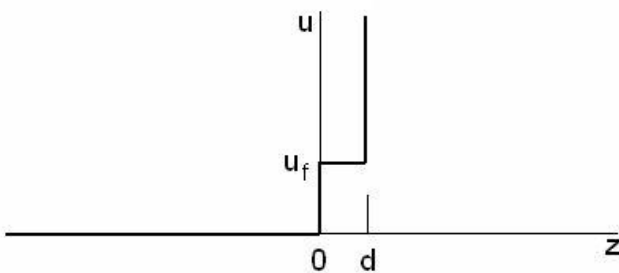


Рис. 12.

$$[\Delta + k_0^2 - u(\mathbf{r})]\psi(\mathbf{r}) = 0$$

следует, что поверхностная волна не может удовлетворить граничным условиям непрерывности волновой функции и ее производной так, чтобы при этом выполнялся закон сохранения энергии. Из последнего следует, что при отсутствии поглощения (α в вакууме оно отсутствует) волновой вектор частицы обязан быть строго вещественным.

В случае потенциала, показанного на рисунке, решение уравнения существует, но оно не удовлетворяет закону сохранения энергии. Состояния, похожие на поверхностные могут существовать в пленках с отрицательным потенциалом. Однако волновая функция нейтрона в этом случае описывает не поверхностное, а связанное состояние, которое экспоненциально убывает при удалении от пленки в даль норми и соответствует свободному движению вдоль пленки.

Был исследован вопрос, чем отличаются упругие и электромагнитные волны от нейтронных волн, и почему в случае упругих и электромагнитных волн поверхностные состояния могут существовать. Главное различие состоит в формулировке граничных условий. Если в случае нейтронных волн граничные условия следуют из самого уравнения Шредингера, то в случае упругих и электромагнитных волн граничные условия формулируются из дополнительных требований: из непрерывности нормальных компонент тензора напряжений для упругих волн и из необходимости удовлетворить уравнениям Максвелла для полей в случае электромагнитных волн.

3.2 Пределы нуклон-нуклонного монополю-дипольного взаимодействия, извлеченные из деполяризации ультрахолодных нейтронов в ловушках

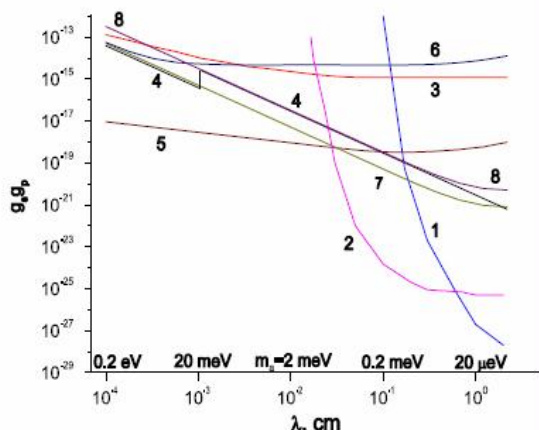


Рис. 13

границу на величины g и λ . В настоящей работе исследовано как влияет аксионное взаимодействие на деполяризацию ультрахолодных нейтронов от стенок сосудов хранения при наличии слабого внешнего поля. Результаты расчета привели к новой кривой, характеризующей границу сосуществования g и λ . Эта кривая на указанном рисунке обозначена цифрой 6 в случае если вероятность переворота спина нейтрона оценена величиной 10^{-6} при внешнем поле 50 Гс и цифрой 7 когда вероятность переворота равна 4×10^{-5} и внешнее поле равно 0.01 Гс. При этом в обоих случаях принималось, что нейтроны хранятся в сосуде со стенками толщиной 1 см и их скорость равна 3 м/с. По вертикальной оси отложен параметр, который обозначен здесь g . [6]. Кривые, отмеченные другими цифрами, показывают ограничения, полученные в других работах.

3.3 Исследование эффектов преломления и отражения нейтронов в среде с поляризованными ядрами.

Исследованы эффекты преломления и отражения первоначально не поляризованных медленных нейтронов в среде с поляризованными ядрами. В такой среде пучок нейтронов характеризуется двумя показателями преломления, соответствующими проекциям спина нейтрона на вектор поляризации ядер, равными $(+1/2)$ и $(-1/2)$. Показано, что с учетом этого факта, при ненулевом угле падения на границу между средой с поляризованными ядрами и вакуумом, пучок не поляризованных нейтронов пространственно расщепляется на два пучка нейтронов, полностью поляризованных в противоположных направлениях. Угол между преломленными поляризованными пучками растет с уменьшением энергии нейтронов и при приближении к касательному падению. Показано, что в условиях полного внутреннего отражения для одного из показателей преломления отраженные и преломленные нейтроны полностью поляризованы в противоположных направлениях вдоль и против вектора поляризации ядер.

Проведены численные оценки для случая жидководородной полностью поляризованной мишени. При угле падения 85° и энергии нейтронов 10^{-4} эВ угол между пучками преломленных нейтронов, полностью поляризованных в противоположных направлениях, составляет порядка $1,5^\circ$, и соответствующие пучки могут быть в принципе пространственно разделены.

В физике элементарных частиц давно ведутся поиски гипотетической псевдоскалярной частицы аксиона, которая порождает P- и T-нечетное монополю-дипольное взаимодействие $(\sigma \mathbf{n})gV(r)$ между спинорными частицами и веществом. Здесь σ -- вектор матриц Паули, $\mathbf{n} = \mathbf{r}/r$ -- единичный вектор вдоль радиуса вектора между материальной частицей и аксионом, g -- безразмерная константа взаимодействия, и $V(r) \propto \exp(-r/\lambda)$ -- функция, экспоненциально спадающая на расстоянии λ . Поиски аксиона пока не увенчались успехом, и в лабораторных экспериментах устанавливают

4. Прикладные исследования

4.1 Прикладные исследования на установке ИРЕН

На установке ИРЕН проводились измерения потока тепловых, резонансных и быстрых нейтронов с помощью активационной методики. Активируемые образцы (Au, Cu, In и др.) помещались на поверхности замедлителя. После облучения измерялись спектры гамма-квантов с помощью полупроводникового детектора с высоким разрешением.

В результате были получены следующие значения: поток резонансных нейтронов - $2.5 \cdot 10^6$ н·см⁻²сек⁻¹; поток тепловых нейтронов $\Phi_{th} = 2.0 \cdot 10^7$ н·см⁻²сек⁻¹; поток быстрых нейтронов $\Phi_{fast} = 2.0 \cdot 10^7$ н·см⁻²сек⁻¹. Эти значения находятся в неплохом согласии с результатами, полученными на выведенном пучке нейтронов.

Кроме, того, было проведено облучение геологических образцов из Монголии с целью определения содержания редких металлов в руде. Результаты измерений переданы в Академию наук Монголии. Эти исследования будут продолжаться.

В 2009 году были начаты работы с использованием ИРЕН как источника тормозного излучения. Сотрудниками ЛНФ были проведены расчеты интенсивности гамма-квантов и получены оценки выхода изотопов ⁹⁹Mo и ^{117m}Sn, которые могут использоваться в медицинских целях (Г.Г. Бунатян, В.Н. Николенко, А.Б. Попов, Сообщения ОИЯИ Е6-2009-182). Результаты расчетов подтверждаются данными, полученными на микротроне. Показана перспективность увеличения выхода изотопов с увеличением энергии электронов.

Был проведен эксперимент по облучению ряда элементов гамма-квантами. В этом эксперименте электронный пучок попадал на мишень из вольфрама толщиной 2 мм. Полученные в результате торможения электронов гамма-кванты попадали на образцы Sn, Au, Cu, Zr. Целью эксперимента было определение потока гамма-квантов. Полученные данные находятся в качественном согласии с данными, полученными на микротроне ЛЯР. Кроме того, была сделана попытка определения выхода изомера ^{117m}Sn (T_{1/2}=14 дн.), представляющим интерес для использования в медицине. Эта работа была проведена вместе с сотрудником исследовательского центра NECSA из ЮАР. Полученные данные требуют более тщательного исследования.

4.2 Ядерно – физические аналитические методики на базе пучков заряженных частиц.

Ядерно – физические аналитические методики на базе пучков заряженных частиц от ускорителя ЭГ – 5 в 2009 году использовались для решения важных прикладных задач. В современных микроэлектронных и полупроводниковых приборах выпрямляющие и невыпрямляющие (омические) контакты формируются с использованием пленок металлов, нанесенных на поверхность полупроводника. После осаждения металлической пленки на

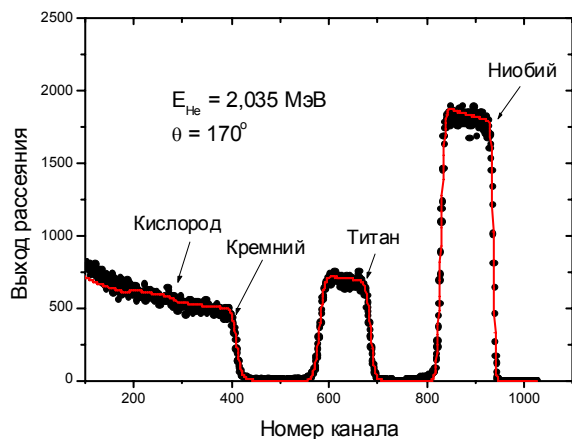


Рис.14. Спектр резерфордского обратного рассеяния ионов гелия на образце, содержащем слой ниобия (170 нм) и слой титана (263 нм) на кремниевой подложке.

монокристаллический кремний обычно производят термический отжиг, в ходе которого в системе пленка – полупроводник возможны, как процессы гетеродиффузии, так и химические реакции взаимодействия атомов металла с атомами кремния, приводящие к образованию химических соединений (силицидов, интерметаллидов). Сформированная в ходе отжига физико - химическая структура межфазной границы во многом определяет электрические свойства контактов металл – полупроводник. В контактах полупроводниковых приборов предлагается использовать тугоплавкие металлы Nb и Ti.

В результате проведенного исследования были изучены процессы фазообразования и перераспределения компонентов в системе пленка Nb – монокристаллический кремний.

Таким образом, неразрушающие ядерно – физические аналитические методики позволяют получить весьма важную информацию о химическом составе и структуре наноразмерных слоёв материалов, используемых в современных технологических процессах производства полупроводниковых и микроэлектронных приборов.

4.3 Аналитические исследования на реакторе ИБР-2

Подготовка к аккредитации сектора НАА

В рамках проекта Технической кооперации с МАГАТЭ «Гармонизация системы контроля качества в соответствии с ISO-17025 и международными стандартами в лабораториях Российской Федерации, использующих ядерно-физические аналитические методы» в 2009 г. в секторе НАА продолжалась подготовка к аккредитации, планируемой на 2011 год после пуска реактора ИБР-2М. Подготовлен основной пакет документов, сделан капитальный ремонт химической лаборатории, при финансовой поддержке МАГАТЭ приобретена часть оборудования для химической лаборатории и радиоаналитического комплекса РЕГАТА на реакторе ИБР-2.

Развитие экспериментальной базы сектора НАА

ИБР-2М Были продолжены работы по усовершенствованию спектрометрического и сервисного оборудования установки РЕГАТА и химической лаборатории. Проведены измерения значений фона естественной радиоактивности в различных помещениях лабораторного корпуса, в том числе в бомбоубежище ЛНФ, с целью выбора места для проведения измерений природной и антропогенной радиоактивности образцов.

ИРЕН Совместно с «Базой развития и внедрения по физике (БРВ-физика)», София, Болгария, и КБ ЛНФ разработан технический проект на изготовление пневмотранспорта для проведения НАА на установке ИРЕН.

Биомониторинг

В 2009 году завершён цикл работ и публикаций, выполненных в рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе – оценки на основе анализа мхов-биомониторов». Эти работы охватывают некоторые регионы Центральной России (Вергель и др., 2009) и Южного Урала (Панкратова и др., 2009), Белоруссии (Frontasyeva, Aleksiyenak et al., 2009;), Болгарии (Marinova et al., 2009), Словакии (Meresova et al., 2009), Сербии (Krmar et al., 2009), Хорватии (Spiric et al., 2009), а также Монголии (Балжинням и др., 2009) и Вьетнама (Nguyen Viet et al., 2009). Завершена и опубликована большая методическая работа по калибровочным измерениям содержания элементов в атмосферных осадках и мхах-трансплантах, используемых для оценки атмосферных выпадений тяжелых металлов и других элементов, которая была выполнена совместно с Институтом физики в Белграде, Сербия, и Норвежским Университетом науки и технологии в Трондхейме (Anicic et al., 2009).

Оценка состояния экосистем

В 2009 году успешно завершён двухлетний проект РФФИ – Румынская Академия наук «Геохронология и изучение ретроспективных загрязнений незатвердевших донных

отложений из кислородосодержащих и бескислородных акваторий западной части Черного моря», результатом которого явилась публикация 7 работ в международных реферируемых журналах. Цикл работ подан на Конкурс ОИЯИ 2009 года по разделу «Научно-технические и прикладные работы» (Duliu, Frontasyeva, Culicov et al, 2009). Продолжено сотрудничество с монгольскими учеными в рамках проекта РФФИ-Монголия «Разработка системы комплексного мониторинга тяжелых металлов и радионуклидов в Монголии с использованием ядерно-физических аналитических методов». Результаты докладывались на нескольких международных конференциях (напр., N. Baljinnyam, Sh. Gerbish et al., 2009). Работа Н. Балжинням была отмечена первой премией на конкурсе работ молодых ученых на Центрально-европейской международной конференции в Пьеховице, Польша. В 2009 году работа сектора НАА в сотрудничестве с Македонией и Словенией по созданию Атласа загрязнения почв тяжелыми металлами одного из экологически проблемных регионов Македонии была удостоена Государственной премии Правительства Республики Македония. В 2009 году материалы атласа опубликованы в виде статьи в международном журнале «Journal of Hazardous Materials» (Stafilov et al., 2009). В совместной работе с кафедрой экологии Университета Дубна изучено влияние автотранспорта на химический состав почв на территориях, прилегающих к автомагистралям на примере Дубны и Москвы (Судницын и др., 2009).

Продукты питания и здоровье человека

В 2009 году на реакторе МИФИ (Москва) продолжены работы по анализу продуктов питания в связи с проектом сектора НАА с NECSA, ЮАР: «Сравнительное изучение воздействия на здоровье детей потребления продуктов питания, выращенных в некоторых промышленных районах России и Южной Африки, с использованием ядерно-физических аналитических методов». В журнале *Агрoхимия* представлены результаты биоаккумуляции химических элементов овощными культурами на техногено загрязненных территориях Тульской области (Горелова и др., 2009). В рамках координационной программы МАГАТЭ «Воздействие токсичных и потенциально токсичных элементов на женщин репродуктивного возраста в развивающихся странах» совместно с Российским государственным медицинским университетом (Москва), Аналитическим центром Геологического института РАН и Медицинской Академией им. И.П. Сеченова в 2009 году завершена и опубликована в журнале «Общественное здоровье и профилактика» работа по определению многоэлементного анализа образцов крови специально подобранных пациентов из одного из промышленных районов Москвы (Ильченко и др., 2009). Эти исследования подтвердили гипотезу о корреляции концентраций таких токсичных элементов, как свинец, цинк и сурьма, с индексом массы тела обследуемых пациентов.

Биотехнологии

Работы по биотехнологии очистки окружающей среды от токсичных элементов (ртуть, хром и др.) ведутся в секторе НАА совместно со специалистами Института физики им. Э. Андроикашвили и Университета им. И. Чавчавадзе (Тбилиси, Грузия). В 2009 г. опубликованы новые результаты по использованию природных штаммов бактерий, выделяемых из базальтов, для восстановления токсичного хрома (VI) в нетоксичную форму хром (III). Элементный состав серии образцов бактерий *Arthrobacter oxidans* при комплексном воздействии хрома и ртути был определен методом нейтронной активации на исследовательском реакторе Университета в Дельфте, Нидерланды. Предварительные результаты доложены в декабре 2009 г. на международной конференции BioMicroWorld'2009 (Лиссабон, Португалия). В 2009 году начаты работы по освоению методик получения и обнаружения наночастиц золота, серебра и сульфида кадмия в биоматериалах.

Материаловедение

Синтез мелкокристаллических алмазов

Совместно со специалистами Института твердого тела и полупроводников Беларуси подготовлена и сдана в печать глава книги «Diamond and Related Materials» (США), посвященная изучению поведения дефектов в мелкокристаллических алмазах под воздействием нейтронного облучения в присутствии катализаторов (Дутов и др., 2009). Выполнен подготовительный этап работ в рамках проекта 2009-2010 гг. по изучению роли микропримесей в процессе синтеза кристаллов нитрида бора.

Радиоэкология

Впервые на территории Беларуси был применен метод мхов-биомониторов для оценки атмосферных выпадений радионуклидов спустя 20 лет после Чернобыльской аварии. Измерения долгоживущих радионуклидов – продуктов деления ядерного топлива – были проведены в 2008-2009 гг. совместно со словацкими специалистами в низкофоновой лаборатории Братиславского Университета. Часть проб была проанализирована специалистами NECSA в ЮАР. Показано, что уровни активности ^{137}Cs в образцах мха, собранных на территории Гомельской области, в 4 раза превышают фоновые. Отмечено также повышенное содержание ^{210}Pb . Эти результаты были доложены в сентябре 2009 г. на 5-ом международном совещании по биомониторингу воздушных загрязнений (BioMAP-5) в Аргентине (Frontasyeva, Aleksiaenak et al., 2009).

Учебный процесс

На базе установки РЕГАТА в 2009 году проводился Практикум для студентов старших курсов Университета «Дубна» и студентов Международных Летних Школ, организуемых УНЦ ОИЯИ (июль – Болгария, Чехия, Словакия; сентябрь-октябрь ЮАР, октябрь-ноябрь – Египет). За отчетный период на базе сектора НАА были выполнены две курсовых, одна бакалаврская и одна магистерская работа. Подготовлено Учебное пособие по НАА для Практикума на установке РЕГАТА (Фронтасьева, 2009).

2. ИСТОЧНИКИ НЕЙТРОНОВ

2.1. ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

Работы по модернизации ИБР-2, начиная с декабря 2006 г. после остановки реактора, ведутся в соответствии с «Программой работ на реакторе ИБР-2 в режиме временного останова (2007-2010 г.г.)» по квартальным планам, утверждаемым главным инженером ЛНФ.

Работы, завершённые в 2009 г.

1. Закончен монтаж корпуса реактора на рабочее место и внутрикорпусных устройств. Проведена загрузка в активную зону кассет-иммитаторов ТВС.
2. Установка подвижного отражателя ПО-3 в рабочее положение.
3. Замена холодной ловушки для очистки натриевого теплоносителя петли «А» 2-го контура охлаждения реактора.
4. Монтаж стационарных отражателей и водяных замедлителей на тележках откатных защит.
5. Монтаж исполнительных механизмов и органов регулирования реактора.
6. Изготовление и монтаж в реакторном зале дополнительного хранилища для отработанного топлива ИБР-2.
7. Монтаж оборудования холодильной установки КГУ 700/15 и гелиевых трубопроводов на участке между криогенной машиной и откатными защитами.

Работы, продолжающиеся по плану

1. Монтаж и поэтапная наладка пульта оператора на основном пульте управления реактором.
2. Монтаж и наладка коммуникаций и силового электрооборудования системы надежного питания, системы электроснабжения резервного щита управления и нагревателей контуров охлаждения ИБР-2М от системы резервного электропитания.
3. Монтаж оборудования и коммутационных линий системы контроля технологических параметров реактора (СКТП) и автоматизированной системы контроля и защиты (АСУЗ-12Р).
4. Подготовка к заполнению контуров охлаждения реактора жидким натриевым теплоносителем.
5. Изготовление криогенного замедлителя для пучков 7-11 (КЗ 202).
6. Монтаж экспериментального стенда для отработки режимов транспортировки мезитиленовых шариков в криогенный замедлитель.

Проблемы

Возникла непредвиденная задержка с поставкой электронного оборудования автоматизированной системы управления и защиты реактора ИБР-2М (АСУЗ-12Р). Разработчик и производитель данного оборудования не смог выполнить контрактные обязательства по поставке аппаратуры к 01 сентября 2009 г. и перенес срок окончательной поставки сертифицированного комплекса АСУЗ-12Р на 9 месяцев, на конец июня 2010 г. По этой причине начало работ по физическому пуску ИБР-2М планируется на сентябрь 2010 г.

Строительные работы для обеспечения безопасной эксплуатации реактора

1. Выполнена основная часть работ по подготовке территории, прилегающей к комплексу ИБР-2 для устройства локальной защищенной зоны для обеспечения физической защиты реактора.
2. Завершен ремонт помещений и кровли криогенного участка реактора.
3. Закончены строительные работы в помещениях для системы надежного питания.
4. Закончены работы по ремонту помещений основного и резервного пультов управления реактором, а также помещения для размещения измерительного оборудования системы диагностики состояния реактора.

План работ на 2010 г.

1. Завершение монтажа, испытания, наладка и приемка в эксплуатацию автоматизированной системы управления и защиты ИБР-2М (АСУЗ 12Р), основного резервного пультов управления реактором.
2. Наладка и испытания экспериментального стенда для отработки режимов транспортировки мезитиленовых шариков.
3. Изготовление криогенного замедлителя для нейтронных пучков 2-3 (КЗ 203). Монтаж трубопроводов подачи мезитилена для криогенного замедлителя пучков 7-11 (КЗ 202) и для криогенного замедлителя пучков 2-3 (при положительных результатах испытаний на экспериментальном стенде).
4. Подготовка к физическому пуску реактора:
 - ◆ наладка и комплексные испытания вновь смонтированного технологического и электрического оборудования и электроники;
 - ◆ подготовка необходимой организационной и технической документации;
 - ◆ комиссия приемка реактора ИБР о готовности к физпуску.
5. Физический пуск ИБР-2М.
6. Создание системы физической защиты ИБР-2М в соответствии с современными правилами.

Финансирование работ по модернизации

Финансовым планом на работы по модернизации реактора в 2009 г. предусматривались расходы в размере 1380 к\$. Реальное финансирование работ соответствовало утвержденному плану.

В 2010 г. плановые расходы на модернизацию составят 960 к\$. Дополнительно планируется выделение 1246 к\$ на создание системы физической защиты ИБР-2М.

2.2. УСТАНОВКА ИРЕН

В соответствие с решением дирекции ОИЯИ по реализации ИРЕН в нескольких этапах, были завершены конструкция электронного ускорителя и комплекс неразмножающей мешень. С началом 2009 г. проводится эксперименты на новом установке.

3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2М

В 2009 г. работы по теме велись в нескольких направлениях, связанных с созданием и модернизацией оборудования, электронных систем сбора и накопления данных, а также информационно-вычислительной инфраструктуры комплекса спектрометров ИБР-2М.

Холодные замедлители

Выполнено концептуальное проектирование, разработана техническая документация, изготовлены и смонтированы основные узлы полномасштабного стенда технологической системы криогенного замедлителя (КЗ). Стенд является полномасштабной моделью будущей системы криогенного замедлителя с копией камеры КЗ, технологической системы и системы транспортировки мезитиленовых шариков (**Рис. 1-4**). Система охлаждения стенда включает в себя два контура криогенных труб, объединенных посредством теплообменника. В первом контуре, гелий циркулирует посредством побудителя движения холодного гелия (газодувки) через теплообменник и камеру замедлителя. Во втором контуре, гелий циркулирует через теплообменник посредством холодильной гелиевой установки (ХГУ-500, 500 Вт, 15 К).

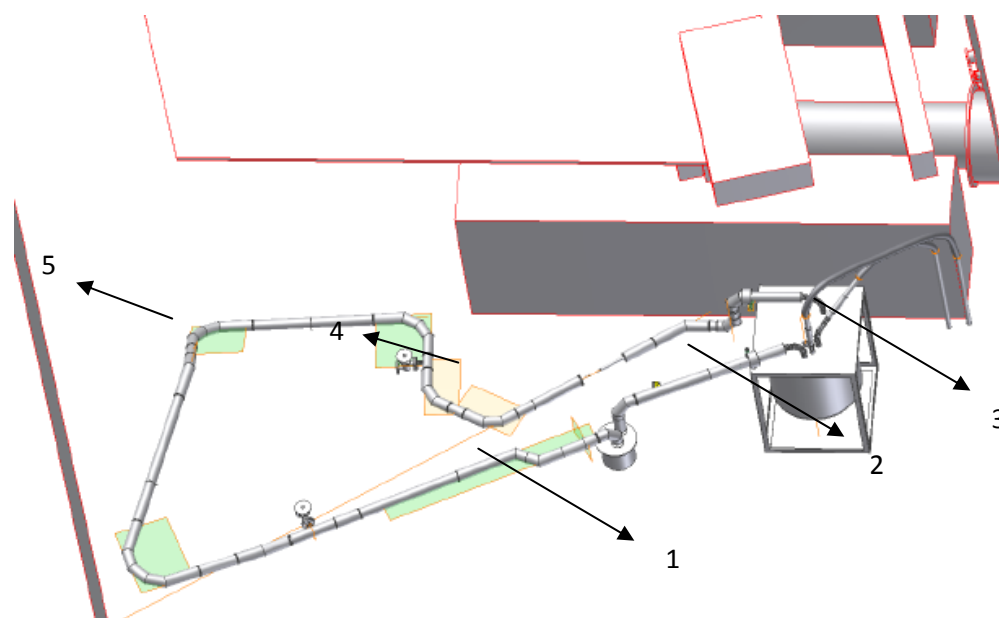


Рис.1. Главные элементы полномасштабной модели технологической системы холодного замедлителя (1- камера холодного замедлителя с вакуумной защитой, 2- теплообменник с гелиевой газодувкой, 3- криогенный трубопровод из/в гелиевого охладителя, 4- место для зарядного устройства, 5- криогенная транспортная труба).

В результате одновременной работы ХГУ и газодувки достигается необходимая температура в камере замедлителя и происходит транспортировка мезитиленовых шариков газообразным гелием от загрузочного устройства в камеру замедлителя.

В отделе НЭОКС разработана специальная интегрированная система контроля различных параметров стенда с комплексом соответствующего программного обеспечения. В состав системы входят различные датчики (всего 15 шт.), контроллер привода управления двигателем газодувки и контроллер управления шаговым двигателем дозатора поступления «шариков» в систему. Система позволяет контролировать основные параметры стенда замедлителя:

- прохождение шариков через пневмотранспортную магистраль (регистрируется оригинальным методом, основанным на газодинамических эффектах);
- заполнение шариками камеры замедлителя (наблюдается при помощи веб-камеры через кварцевые стекла);
- скорость газового потока;
- давление и температуру гелия.



Рис. 2 Монтаж криогенной транспортной трубы)

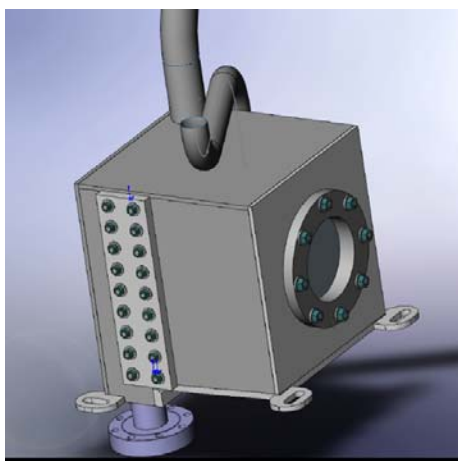


Рис.3 Макет камеры холодного замедлителя

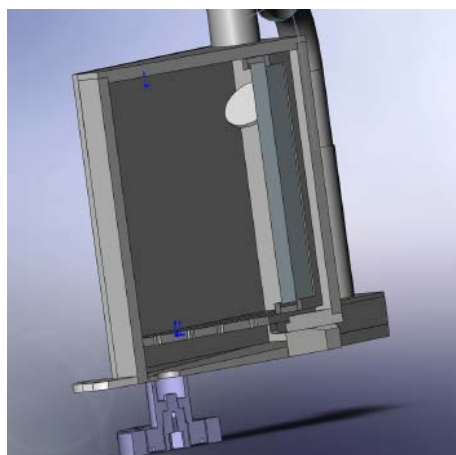


Рис. 4 Внутренняя часть макета камеры холодного замедлителя.

В настоящее время завершено изготовление элементов стенда и начаты работы по его сборке и проверке.

Тестовый пучок

Разработан технический проект создания тестового пучка на 13 канале ИБР-2М, в конструкторское бюро даны задания на разработку узлов оборудования канала. Подготовлено также техническое задание на проектирование биологической защиты (на **Рис. 5** показано предлагаемое размещение защиты). В октябре 2009 г. из ПИЯФ (Гатчина) поступило предложение об установке на 13 канале ИБР-2М Фурье-дифрактометра FSS, который будет передан ПИЯФ из GKSS в связи с остановкой там реактора FRG-1. Вероятно, это предложение будет принято.

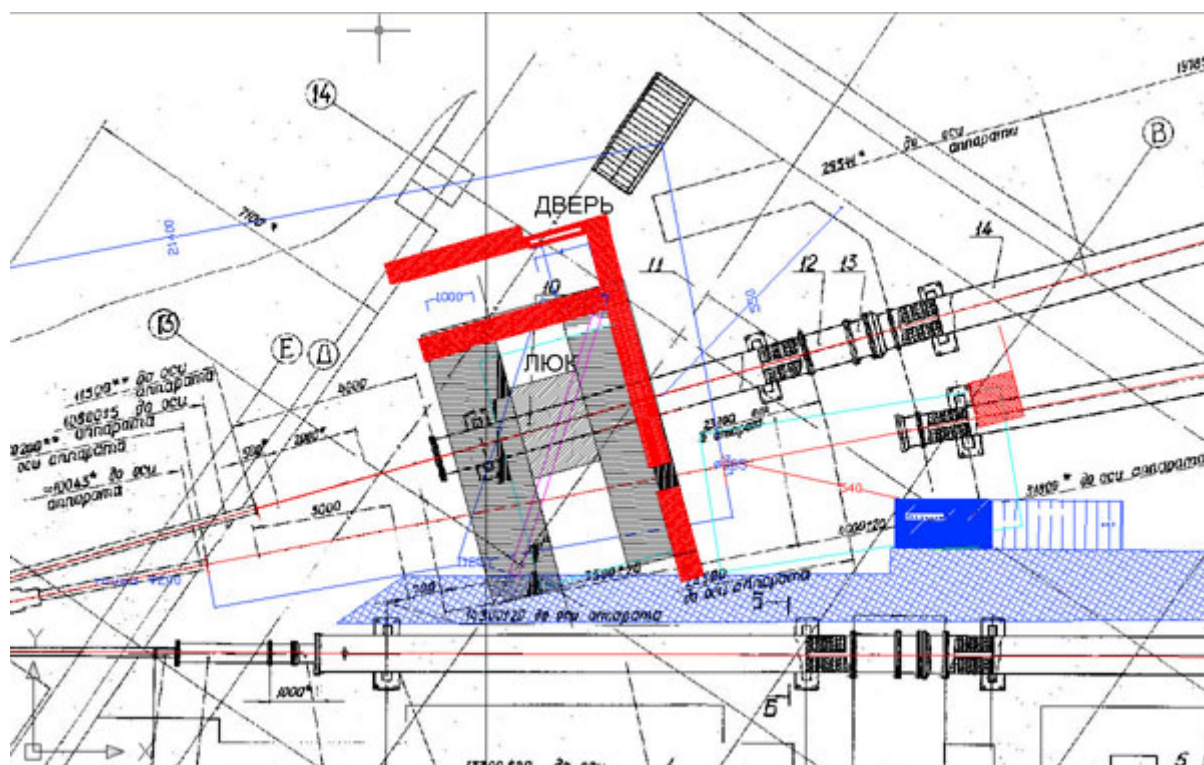


Рис. 5. Предлагаемое место размещения биологической защиты.

Это означает, что 13 пучок будет использоваться как для испытания различных элементов спектрометров, так и для проведения ограниченного числа экспериментов на дифрактометре FSS. В практическом плане выгода от принятия данного предложения состоит в том, что можно существенно сэкономить на оборудовании канала, а возможные «издержки» (эксперименты на FSS) невелики, т.к. FSS не будет включен в программу пользователей ИБР-2, к тому же ожидаемая загрузка канала работами по тестированию вряд ли превысит 50%. Таким образом, то или иное решение вопроса о размещении FSS существенно повлияет на стоимость и сроки реализации проекта.

Системы формирования нейтронных пучков

В рамках проекта создания изогнутых зеркальных нейтроноводов спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ на канале 7а реактора ИБР-2 совместно с институтами ФРГ и ПИЯФ г. Гатчина продолжались работы по проектированию и изготовлению механических и оптических узлов нейтроноводов. В частности, разработаны проекты вакуумной системы и фоновой защиты спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ и участка стыковочного нейтроновода спектрометра НЕРА-ПР, разработана документация и заканчивается изготовление дискового фонового прерывателя и трех барабанных λ -прерывателей.

Завершена реконструкция несущей колонны ИБР-2 (**Рис.6**) и биологической защиты головной части 7-го канала для размещения на канале трех нейтроноводов. Демонтировано

оборудование из закладной трубы стены кольцевого коридора. В ООО «НПО «Атом» изготовлены стойки и юстировочные опоры головной части нейтроновода (Рис.7). В ЗАО «Комтраст» продолжается изготовление 92 вакуумных кожухов изогнутых нейтронопроводов для спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ.



Рис. 6. Реконструкция несущей колонны здания 117 для проводки изогнутых нейтронопроводов спектрометров Эпсилон и Скат.



Рис. 7. Стойки и юстировочные опоры головной части нейтроновода 7 канала.

В настоящее время начинается монтаж головной части (сплиттера) 7 канала и наладка механических узлов прерывателей.

Криостенд

Разработан тестовый криостат для работы с криокулерами замкнутого цикла (Рис.8). В стадии изготовления находится пульт управления системой циркуляции гелия для дополнительных рефрижераторов, которые могут размещаться в этом криостате.



Рис. 8. Тестовый криостат криостенда (1 – криостат, 2 – стойка криостата, 3 – холодная головка, 4 – пульт управления системой циркуляции газа. 5 – бак хранения гелия-3).

На криостенде ведутся работы по наладке криогенных систем. В настоящее время проходит модернизацию криостат для неупругого рассеяния нейтронов 7-б канала реактора ИБР-2 (**Рис. 9**). Криостат содержит шахту диаметром 70мм для оперативной холодной перезагрузки образцов. Ожидаемая конечная температура - 4.5 К.

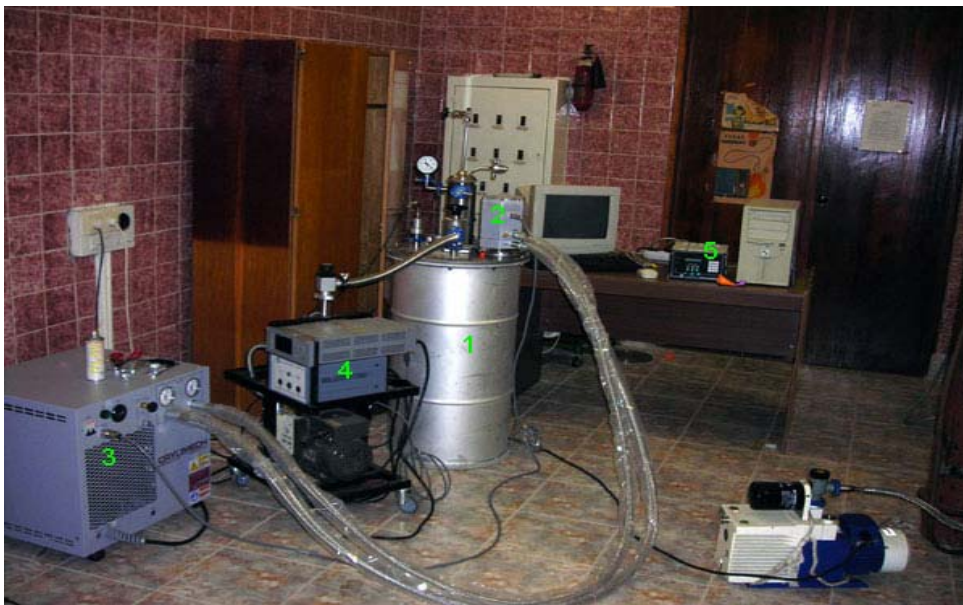


Рис. 9. Шахтный криостат (1 – криостат, 2 – холодная головка, 3 – компрессор, 4 – вакуумный пост, 5 – система контроля и управления температурой).

Развитие систем контроля и управления прерывателями.

В ЛНФ разработана, изготовлена и отлажена система управления прерывателями на базе частотных электроприводов серии VFAS1 фирмы Toshiba (**Рис. 10**) для дискового фоновго прерывателя (**Рис. 11**) и трех барабанных λ -прерывателей спектрометров ЭПСИЛОН, СКАТ и НЕРА-ПР. Электропривод имеет встроенный микропроцессор, который реализует алгоритм управления по скорости вращения и по моменту на валу двигателя. На оси двигателя устанавливается инкрементный магнитный кодирующий датчик для измерения скорости и ускорения диска и формирования сигнала, несущего информацию об открытом состоянии прерывателя. Контроллер фазировки СС-07 позволяет регулировать

фазу положения окна диска (барабана) прерывателя относительно старта реактора. Краткие характеристики параметров управления приведены в **Табл. 1**.

Табл. 1

№	Параметр	Фоновый прерыватель	λ-прерыватель	
1	Мощность двигателя (кВт)	22	2,2	
2	Частота вращения (об/мин)	300	150	75
3	Пусковой ток (А)	12	5	5
4	Номинальный ток (А)	10	3	4
5	Точность стабилизации фазы (мкс)	50	50	100
6	Время запуска и стабилизации (мин)	10	10	10



Рис.10. Электропривод фирмы Toshiba 22 кВт для фонового прерывателя (слева) и два электропривода 2,2 кВт для λ-прерывателей (справа).



Рис.11. Дисковый фоновый прерыватель 7 канала ИБР-2М.

Выполнена разработка системы контроля прерывателей, основанной на микроконтроллерах с CAN интерфейсом. В результате, контроль каждого прерывателя осуществляется компьютером соответствующего спектрометра. Контроллер управления

прерывателем подключается к шине CAN и к ПК (через преобразователь «USB-to-CAN contrast»).

Проведенные испытания показали возможность использования частотных приводов VFAS1 и систем управления для замены устаревших ЭКТ2 на прерывателях других спектрометров ИБР-2М.

Расчеты спектрометров

Завершены расчеты спектра нейтронов и оптимизация геометрии пучков от замедлителя до образца для спектрометров EPSILON-SCAT (канал 7а). Это позволит увеличить поток нейтронов на образце на 20-30%. Выполнены также предварительные расчеты для канала 10 (GRAINS). Проведено моделирование установки и ее отдельных элементов, даны рекомендации по увеличению потока нейтронов. Разработаны новые модули программного обеспечения для пакета VITESS:

- модуль для моделирования затухания нейтронного пучка при прохождении через различные элементы среды (включая газы) или комбинации элементов (сплавы, воздух);
- модуль для моделирования движущихся щелей и решеток (работа выполнена совместно с JCNS- Muenchen, Germany).

Детекторы

Изготовлены анодный и катодные электроды, произведены сборка и заполнение газовой смесью позиционно-чувствительного детектора для спектрометра GRAINS. Испытание детектора и измерение его характеристик было проведено на 5 пучке реактора ИР-8 в РИЦ «Курчатовский институт» (испытания проводились с существующей платой De-Li-DAQ).

Детекторы были заполнены тестовой смесью 70 мбар ^3He + 2000мбар CF_4 + 2400 мбар ^4He . Был выполнен цикл измерений с точечными и щелевыми кадмиевыми масками при различных значениях анодного напряжения и различных уровнях дискриминации входных сигналов. Сняты счетные характеристики ПЧД при точечной и щелевой засветке детектора. Выбраны оптимальные режимы работы детектора и измерены координатное разрешение (не более 2 мм по обеим координатам), неоднородность коэффициента усиления (не более 10%), эффективность детектора и др. С помощью детектора был также измерен профиль 5-го пучка реактора ИР-8 (Рис. 12) и установки ИРЕН (Рис .13).

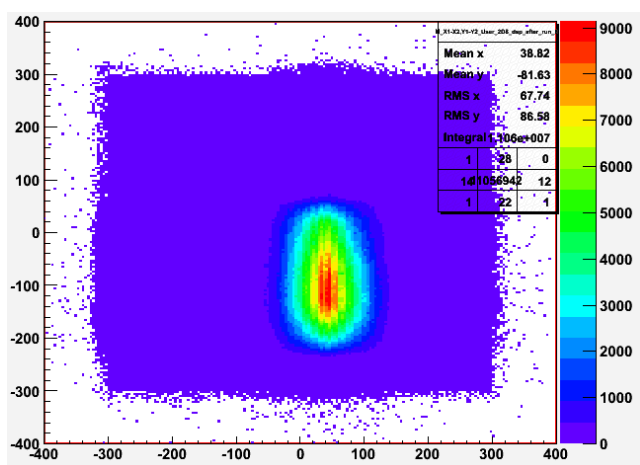


Рис.12. Профиль прямого пучка №5 реактора ИР-8.

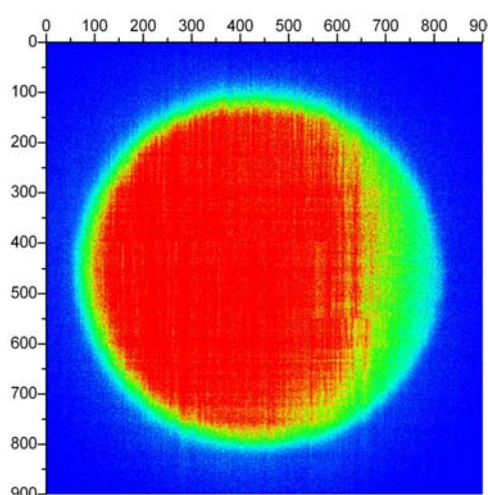


Рис.13. Профиль пучка ИРЕН в тепловой области спектра.

Разработан новый высокоскоростной счетчик нейтронов с предельной загрузкой до $3 \cdot 10^6$ нейтронов/сек (см. **Рис. 14**). Конструктивно счетчик представляет собой прямоугольник из дюралюминия с габаритами $250 \times 80 \times 40 \text{ мм}^3$ и с внутренним рабочим объемом $150 \times 30 \times 20 \text{ мм}^3$. Анодом служит многонитевая рамка, объединенная в общий электрод, выведенный через вакуумный разъем наружу. В качестве рабочего газа использовалась оптимизированная по давлению смесь ^3He и CF_4 . Разработана также электроника съема и регистрации данных от счетчика, интерфейс к PC и программное обеспечение. Испытания счетчика были проведены на рефлектометре SuperADAM (ILL, Grenoble, France).

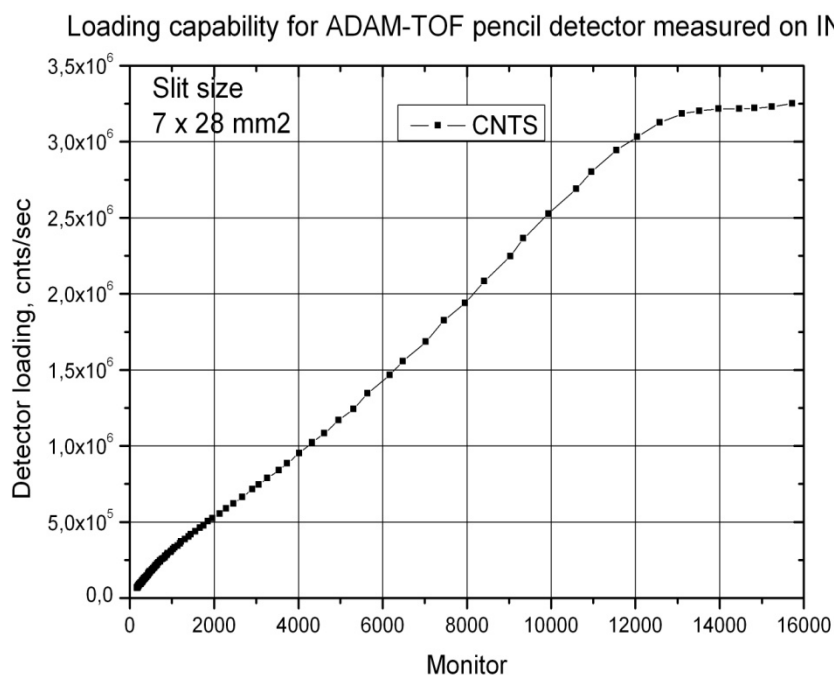


Рис. 14. Загрузочная способность счетчика.

Начата разработка нового кольцевого секционированного детектора на основе MWPC для дифрактометра ДН-6. На первом этапе предлагается создание одного кольцевого детектора для установки под углом рассеяния 90° . Преимущества кольцевого газового секционированного детектора по сравнению с ранее применявшимся на ДН-12 кольцевым детектором на основе газовых счетчиков СНМ-17:

- большие размеры рабочего объема детектора позволят в несколько раз увеличить скорость счета рассеянных нейтронов;
- общий рабочий объем позволяет иметь практически одинаковую эффективность для всех секций;
- прямоугольная геометрия счетных секций должна улучшить однородность эффективности детектора;
- меньшие размеры “мертвых зон” детектора.

Конструктивно детектор представляет собой кольцо, которое разбито на 32 секции. В каждой секции расположена электродная система, состоящая из проволочного анода и двух катодов, ограничивающих чувствительную область детектора. Входным окном для нейтронов будет являться поверхность внутреннего кольца детектора. На входное окно и заднюю стенку наклеиваются тонкие изолированные дрейфовые электроды. В центре находится анодная плоскость, с намотанными на нее 6 тонкими (10-20 мкм) вольфрамовыми проволочками, которые сориентированы по хордам детекторного кольца. Это позволяет

получить координатное разрешение вдоль пучка. Расстояние между анодными нитями ~10 мм. Общее количество измерительных каналов = 32х6=192. На дрейфовые плоскости подается отрицательное высокое напряжение ~ -3-4 кВ. Съем сигнала осуществляется напрямую с анода. Подобная схема позволяет отказаться от использования разделительных емкостей, тем самым, экономя место внутри герметичного объема детектора и повышая надежность. Рабочая газовая смесь состоит из конвертера нейтронов (^3He) и гасящего газа (CF_4).

Проектные параметры детектора приведены в **Табл. 2**, внешний вид детектора показан на **Рис. 15**.

Таб. 2. Основные проектные параметры детектора:

№	Параметр	Значение
1.	Ширина входного окна, мм	~70
2.	Количество анодных проволочек в секции	6
3.	Перекрываемый угол, градусов	360
4.	Число секций	32
5.	Число измерительных каналов	192
6.	Эффективность, % ($\lambda=4\text{\AA}$)	~70
7.	Радиус внутреннего кольца, мм	>300
8.	Радиус внешнего кольца, мм	~400
9.	Толщина входного окна, мм	~7
10.	Материал корпуса	сплав Al-Mg
11.	Толщина чувствительного объема, мм	~40

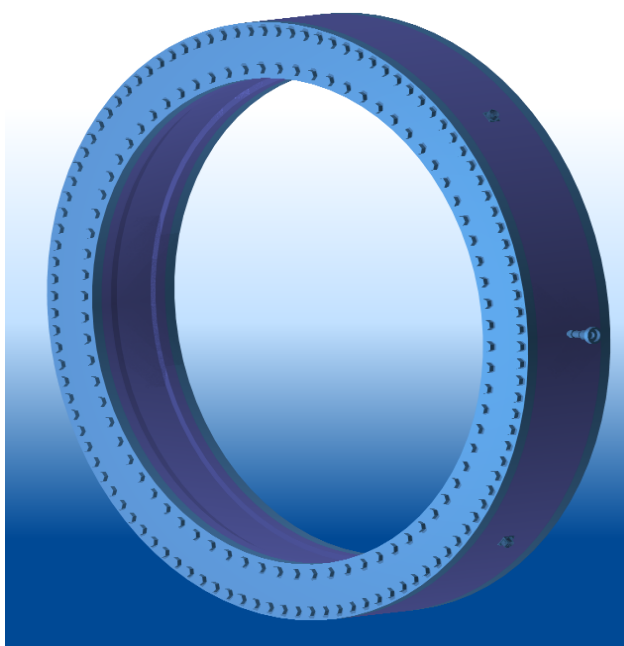


Рис. 15. Эскизный проект кольцевого секционированного детектора (внешний вид).

Электроника, компьютеринг

Согласованы технические задания и начата разработка электронных блоков для сбора и накопления сырых данных на дифрактометрах EPSILON,HRFD и DN-6. На этих дифрактометрах будут использоваться различные детекторные системы (EPSILON – до 128 гелиевых нейтронных счетчиков, HRFD – до 200 сцинтилляционных пластин с покрытием $\text{ZnS}/^6\text{LiF}$ и сбором света с помощью спектросмещающих волокон, DN-6 – кольцевой

секционированный детектор на основе многопроволочной пропорциональной камеры с числом секций – 32 и числом измерительных каналов – до 192), но общим для них является то, что все эти системы могут рассматриваться как некий массив точечных детекторов с фиксированной пространственной геометрией. Это позволяет применить единый подход к созданию систем сбора данных для указанных дифрактометров, т.е. проектировать одинаковые с точки зрения hardware электронные блоки, в которых все функции, как общие (кодирование номера детектора, регистрация времени пролета), так и специфические для конкретного дифрактометра, реализуются на уровне микропрограмм, выполняемых в FPGA соответствующего блока.

Разработана новая тестовая программа и завершено тестирование быстродействующего DAQ блока для 1D и 2D MWPC детекторов со съемом информации с линий задержки. По результатам тестирования оптимизированы все микропрограммы FPGA для работы в различных режимах накопления данных, выполнена перетрассировка печатных плат и размещен заказ на их изготовление. Указанная тестовая программа является основой для создания стандартного интерфейса к пакету Sonix+.

Разработан план-график проведения профилактических работ на спектрометрах ИБР-2, в соответствии с которым будут осуществляться модернизация и ремонт электронного оборудования и подготовка спектрометров к пуску реактора. Эти работы уже ведутся на четырех спектрометрах.

В 2009 г. в локальной вычислительной сети ОИЯИ установлено новое оборудование внешних каналов связи для работы на скоростях до 10 Гбит/с. Это в свою очередь требует частичной замены существующего коммутационного оборудования в центральном и периферийных сегментах сети ЛНФ. Проведен анализ возможных изменений в архитектуре сети и характеристик доступного на рынке оборудования с учетом перспектив дальнейшего развития сети. В условиях ограниченного финансирования принято решение приобрести в текущем году один интеллектуальный многоуровневый маршрутизатор серии WS-3560, способный работать в разных конфигурациях Fast Ethernet и Gigabit Ethernet и обеспечивающий высокий уровень доступности, масштабирования, безопасности и управления. Будет приобретен также ограниченный набор коммуникационных модулей для этого маршрутизатора. Соответствующий контракт находится в стадии реализации. После испытаний указанное оборудование будет установлено в одном из экспериментальных залов ИБР-2М. В течение года выполнен большой объем работ по поддержке и модернизации сетевой инфраструктуры ЛНФ.

Структура гидридов CeNi_3 после десорбции водорода

С.А. Лушников, И.А. Бобриков*, А.М. Балагуров*, В.П. Глазков**, В.А. Соменков**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

** ЛНФ имени И.М. Франка, Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна*

*** Российский научный центр «Курчатовский институт»*

Кристаллическую структуру интерметаллических соединений (ИМС) RT_3 (R – редкоземельный металл, T – переходный металл) принято описывать как состоящую из блоков состава RT_2 (структурный тип MgZn_2) и RT_5 (структурный тип CaCu_5), послойно наложенных вдоль оси z . Одним из интересных и еще не до конца понятых явлений, присущих соединениям RT_3 (с R-La, Ce, Pr, Nd), является необычно большая анизотропия расширения кристаллической решетки при их взаимодействии с водородом. С этой точки зрения особый интерес представляют гидриды на основе интерметаллида CeNi_3 , также входящие в группу «анизотропных гидридов» [1] и отличающиеся особенно значительным расширением вдоль z -оси решетки ($\Delta c/c$ составляет почти 30%). Блочная структура гидридов соединений RT_3 и соответственно неравновероятное заполнение водородом позиций в блоках RT_2 и RT_5 рассматривается как одна из возможных причин анизотропного расширения решетки при последовательном увеличении концентрации водорода в структуре RT_3 .

Ранее в нашей работе [1] было проведено исследование структуры гидридов CeNi_3H_x , полученных при абсорбции разного количества водорода, вплоть до $x = 5.2$. Было показано, что независимо от концентрации водорода, изученные гидриды имеют структуру исходного соединения с анизотропно расширенной элементарной ячейкой и несколько измененными позициями металлических атомов. Анизотропия расширения решетки максимальна при низкой концентрации водорода, а с увеличением x расширение становится более однородным. Не менее интересным является исследование структуры составов CeNi_3H_x , получающихся десорбцией водорода из гидридов с более высокой исходной концентрацией. В настоящей работе изложены результаты нейтронных дифракционных экспериментов, проведенных на изученных ранее в работе [1] образцах гидридов после частичной десорбции из них водорода.

Из исходных гидридов $\text{CeNi}_3\text{H}_{2.8}$, $\text{CeNi}_3\text{H}_{3.3}$, $\text{CeNi}_3\text{H}_{5.2}$ с помощью термодесорбции были получены составы с $x = 0.7$, 0.8 , а составы с $x = 1.0$, 1.8 , 3.4 и 3.8 были получены разложением на воздухе. Хотя везде для определенности говорится о гидридах, большая часть образцов была приготовлена с заменой водорода на дейтерий. Нейтронограммы измерялись на дифрактометрах ДИСК (реактор ИР-8, РНЦ КИ) и ФДВР (реактор ИБР-2, ОИЯИ). Пример измеренного и обработанного по методу Ритвельда дифракционного спектра приведен на рис. 1.

Анализ нейтронографических данных, полученных для гидридов CeNi_3H_x с $x = 0.7$ и 1.0 , показал, что их структура сохранила гексагональную симметрию исходного интерметаллида CeNi_3 ($\text{P6}_3/\text{mmc}$) с параметрами решетки практически соответствующим параметрам решетки исходного интерметаллида. В этих составах атомы водорода заполняют пустоты структурного фрагмента RT_2 и пустоты на границе между фрагментами RT_2 и RT_5 . При этом в образце гидрида $\text{CeNi}_3\text{H}_{0.7}$ пустоты на границе между фрагментами RT_2 и RT_5 заполнены незначительно по сравнению с $\text{CeNi}_3\text{H}_{1.0}$. Это указывает на предпочтительное заполнение водородом пустот в структурных фрагментах

RT₂. Возможной причиной такого распределения водорода в матрице гидридов CeNi₃H_{0.7} и CeNi₃H_{1.0} является химическое влияние Ce, содержание которого больше в огранке пустот RT₂, и который прочнее удерживает атомы водорода в этих пустотах.

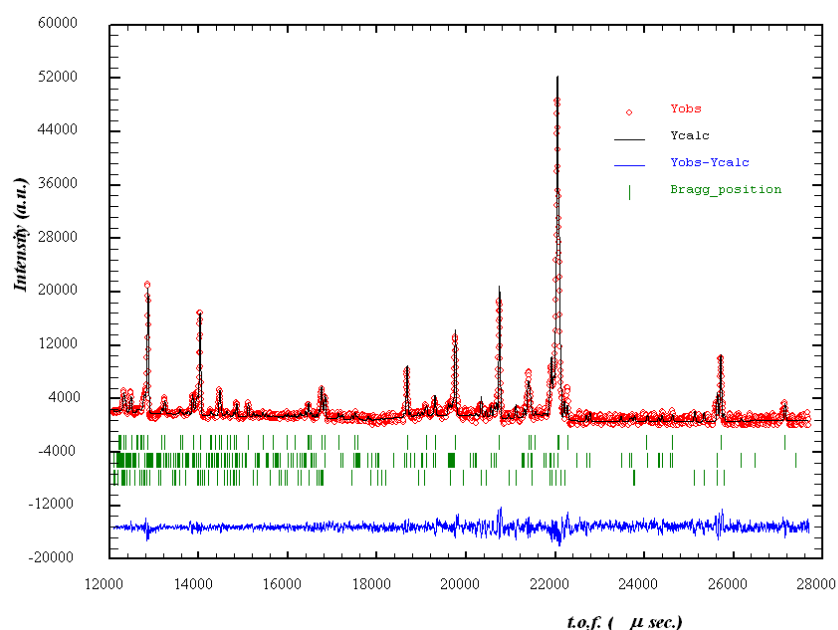


Рис. 1. Дифракционный спектр гидрида CeNi₃H_{0.8}, измеренный на нейтронном дифрактометре HRFD. Штрихи указывают положения пиков основной и двух дополнительных фаз (подробнее в тексте).

Результаты исследования образца гидрида CeNi₃H_{0.8} показали присутствие в нем трех фаз (рис. 1). Основная фаза (около 75%) представляет собой исходный интерметаллид с гексагональным структурным типом CeNi₃ (P6₃/mmc). Вторая фаза (около 20%) имеет ромбическую структуру (Pmnc) исходного гидрида CeNi₃H_{2.8}. Присутствие этих двух фаз указывает на то, что гексагональная структура металлической матрицы является более устойчивой при сравнении с ромбической матрицей. Третья фаза со структурой Ce₂Ni₇ является примесной. Полученные данные по распределению водорода в основной фазе с гексагональной структурой показывают, что в большей степени водород локализован в пустотах структурного фрагмента RT₂ и в незначительном количестве на границе между фрагментами RT₂ и RT₅.

В результате нейтронографических измерений образцов гидридов CeNi₃H_x с $x = 1.8, 3.4, 3.8$ было установлено, что структура и параметры решетки гидрида CeNi₃H_{1.8} практически такие же, как у исходного интерметаллида CeNi₃, а гидриды CeNi₃H_{3.4} и CeNi₃H_{3.8} имеют анизотропно расширенную решетку с увеличенным параметром c . При десорбции водорода из гидрида CeNi₃H_{5.2} до состава CeNi₃H_{3.8} в его структуре освобождается октаэдрическая позиция $6h$ фрагмента RT₅. Остальные занятые водородом позиции в CeNi₃H_{3.8} такие же, как и в гидриде CeNi₃H_{3.3} [6] с различием в заселенности. При дальнейшей десорбции до состава CeNi₃H_{3.4} происходит освобождение позиций $24l_2$ блока RT₅. Десорбция до состава CeNi₃H_{1.8} приводит к вакантной позиции $4f_1$ блока RT₂ и снижению заселенности позиций $24l_1$ блока RT₂ и $12k_1$ на границе между блоками RT₂ и RT₅. При переходе от CeNi₃H_{3.4} к CeNi₃H_{1.8} происходит резкое снижение объема кристаллической решетки гидрида, сопровождающиеся уменьшением параметра c . Такое поведение при десорбции связано в первую очередь с особенностями кристаллической

структуры гидрида, имеющей блочное строение. При освобождении пустоты $4f_1$ от водорода ее расположение вдоль оси z способствует сжатию тетраэдра, и соответственно, всего фрагмента RT_2 также вдоль оси z . Деформации решетки в этом направлении не препятствуют фрагменты RT_5 , которые не заполнены водородом. Снижение заселенности в позиции $24l_1$ также приводит к сжатию фрагмента структуры RT_2 . Вторым важным фактором является химическое взаимодействие водорода с металлическими атомами огранки пустот. В состав огранки пустоты $4f_1$ входит три атома Ni и один атом Ce, и это способствует ее первоочередному освобождению при сравнении с пустотами $24l_1$ и $12k_1$, содержащих в огранке по два атома Ni и Ce и сильнее удерживающих водород. Однако, снижение заселенности позиций $24l_1$ и $12k_1$, содержащих больше Ce и обладающих большими объемными эффектами, соответственно приводит к большему сжатию структурного фрагмента RT_2 . Таким образом, в гидридах $CeNi_3H_x$ ($x = 1.8, 3.4, 3.8$) по мере снижения концентрации водорода, освобождение позиций от водорода в первую очередь происходит в структурном блоке RT_5 , затем на границе между блоками RT_2 и RT_5 и в позициях блока RT_2 .

Сравнение объемных эффектов при гидридообразовании показывает, что в гидридах с низкой концентрацией $CeNi_3H_x$ ($x=0.7, 0.8, 1.0, 1.8$) они практически отсутствуют, а в гидридах с большей концентрацией $CeNi_3H_x$ ($x=3.4, 3.8$) изменение объема решетки примерно соответствует объемным эффектам гидридообразования $CeNi_3H_{3.3}$. Таким образом, вне зависимости от способа получения гидрида $CeNi_3H_x$ ($x = 0.7, 0.8, 1.0, 1.8$), при низкой концентрации водорода увеличение объема решетки при сравнении с интерметаллидом практически не происходит, несмотря на то, что водород заполняет пустоты в решетке структурного блока RT_2 с большим содержанием Ce. Это указывает на то, что находящийся в атомарном состоянии водород в междоузлиях решетки имеет небольшой положительный заряд $H^{\delta+}$.

1. Яртысь В.А. Новые аспекты структурной химии гидридов интерметаллических соединений: «изотропные» и «анизотропные» структуры. // Координац. химия. 1992, т. 18, с. 401-408.
2. Лушников С.А., Балагуров А.М., Бобриков И. А., Вербецкий В.Н., Глазков В.П., Соменков В.А. Структура и особенности химической связи в дейтеридах $CeNi_3$. // Неорг. мат., 2007. т. 43, с. 1-8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОГО СИНХРОТРОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ВЕЗИКУЛ СМЕСИ СФИНГОМИЕЛЕН/ФОСФОЛИПИДЫ

Н.Ю. Рябова^а, М.А. Киселёв^а, О.В. Найда^б, А.В. Забелин^б, А.М. Балагуров^а

^аОбъединенный институт ядерных исследований, 141980 г. Дубна, Россия

^бКурчатовский центр синхротронного излучения и нанотехнологий, РНЦ «Курчатовский институт», 119991, г. Москва, Россия

Методом рентгеновской дифракции на станции Дикси в НТК КЦСИиНТ, РНЦ «Курчатовский институт» исследованы водные растворы мультислойных везикул смеси сфингомиелен/дипальмитоилфосфатидилхолин/дипальмитоилфосфатидилэтаноламин (SM/DPPC/DPPE), входящей в их состав слизистой оболочки ротовой полости человека [1,2].

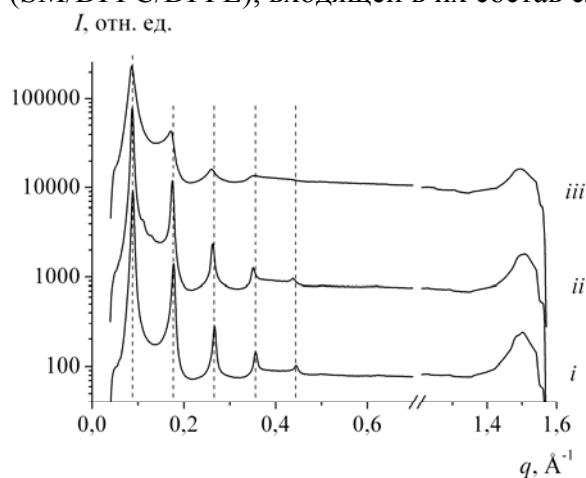


Рис. 1. Дифракционные спектры от ламеллярной ($q < 0.6 \text{ \AA}^{-1}$) и латеральной ($q \approx 1,5 \text{ \AA}^{-1}$) структуры многослойных везикул смеси фосфолипидов и сфингомиелина $PL=SM/DPPC/DPPE$ с весовым соотношением компонент (i) $PL2=1/2/1$, (ii) $PL1=1/2/2$ и (iii) $PL3=1/1/1$, измеренные на спектрометре Дикси при концентрации липидов в воде 20% (для $PL1$ и $PL2$) и 10% (для $PL3$) при комнатной температуре. Вертикальными линиями отмечены положения дифракционных пиков смеси $PL2$.

На рис. 1 представлены дифракционные спектры от структуры многослойных везикул смеси фосфолипидов и сфингомиелина $PL=SM/DPPC/DPPE$ с разным соотношением компонент, измеренные при комнатной температуре.

Система $SM/DPPC/DPPE$ при массовом соотношении компонентов 1/1/1, 1/2/1, 1/2/2 характеризуется ламеллярной структурой с периодом повторяемости соответственно 72,8 Å, 70,7 Å и 71,7 Å. При увеличении массовой доли DPPE до 40% (в смеси $PL1=1/2/2$) часть липида образует отдельную ламеллярную фазу ($d \sim 56 \text{ \AA}$) и инвертированную гексагональную фазу ($a \sim 56 \text{ \AA}$), вероятнее всего в составе с SM и DPPC, поскольку значение параметра a несколько превышает значение параметра инвертированной гексагональной фазы, образованной чистым DPPE ($a \sim 52 \text{ \AA}$).

Дифракция от углеводородных цепочек смеси 1/2/1 дает два неразрешенных пика при $q = 1,48 \pm 0,01 \text{ \AA}^{-1}$ и $1,50 \pm 0,01 \text{ \AA}^{-1}$, что соответствует

двумерной квазигексагональной решетке с параметрами $a = 4,25 \text{ \AA}$, $b = 4,19 \text{ \AA}$. Спектр от смеси 1/2/2 также содержит неразрешенные пики при $1,49 \pm 0,01 \text{ \AA}^{-1}$ и $1,51 \pm 0,01 \text{ \AA}^{-1}$, соответствующие параметрам квазигексагональной упаковки углеводородных цепочек $a = 4,22 \text{ \AA}$ и $b = 4,16 \text{ \AA}$. Увеличение доли SM приводит к разупорядочиванию цепочек смеси 1/1/1, для которой характерен широкий пик в положении $\sim 1,495 \text{ \AA}^{-1}$.

Литература

[1] Squer C.A., Critical Reviews in Oral Biology and Medicine, 2(1), (1991) 13-32.

[2] Squer C.A., Cox P, Wertz P.W., Journal of Investigative Dermatology 96, No.1, (1991) 123-126.

5. PUBLICATIONS

CONDENSED MATTER PHYSICS

1. Atomic and magnetic structures (diffraction)

1. Cornei N., Craus M.-L., Lozovan M., Mita C., **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials-SYMPOSIA**, Vol. 1, No. 2, 2009, p. 174 – 177;
2. Craus Mihail-Liviu, Lozovan Mihai, Cornei Nicoleta, Dobrea Viorel, Chiriac Horia, **Sensor Letters**, Volume 7, Number 3, June 2009, pp. 247-250(4)
3. Craus M. – L., Cornei N., Lozovan M. and Balasoiu M., **Solid State Phenomena** Vol. 152-153 (2009) pp 85-88
4. Craus M.-L., Cornei N., Lozovan M., **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials-SYMPOSIA**, Vol. 1, No. 2, 2009, p. 169 – 173.
5. Craus M.-L., Cornei N., Lozovan M., Balasoiu M., **Solid State Phenomena**, Vol.152-153 (2009) 85-88.
6. Golosova N.O., Kozlenko D.P., Dubrovinsky L.S., Drozhzhin O.A., Istomin S.Ya., and Savenko B.N., **Phys. Rev. B**, v. 79, pp. 104431-1-5 (2009).
7. Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Wasicki J., Dubrovinsky L.S., Czarnecki P., Nawrocik W., Savenko B.N., Pogorelii D.K., Podurets K.M., **Journal of Molecular Structure**, v. 921, pp. 68-71 (2009).
8. Kozlenko D.P., Jirak Z., Golosova N.O. and Savenko B.N., **Eur. Phys. J. B**, v. 70, pp. 327-334 (2009).
9. Lashkarev G. V., Sichkovskiy V. I., Radchenko M. V., Aleshkevych P., Kovalyuk Z. D., Dmitriev O. I., Butorin P. E., Yakiela R., Nedelko N., Slawska-Waniewska A., Lytvyn P. M., Balagurov A.M., Beskrovnyy A. I., Szymczak R., Dobrowolski W., **Physica B** (submitted).
10. Luca D., Craus M.L., Cornei N., Fosalau C., Mita C., Lozovan M., „The La_{0.54}Sm_{0.11}Ca_{0.35}MnO₃ perovskites doped with Cu for the sensor”, **Proc. of SPIE Vol. 7297, Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IV**, 2009, 72972J-1 - 72972J-4;
11. Luca D., Craus M.L., Mita C., Cornei N., Lozovan M., Paicu G., „Magnetic/temperature sensors and their electrical transport properties”, **Proc. of SPIE Vol. 7297, Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IV**, 2009, 72972I-1 - 72972I-4;
12. Mirmelstein A., Clementyev E., Kerbel O., Kozlenko D., Akshentsev Yu., Voronin V., Berger I., **Journal of Nuclear Materials**, v. 385, pp. 57-59 (2009).
13. Mita C., Craus M. L., Cornei N., Lozovan M., **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials-SYMPOSIA**, Vol. 1, No. 2, 2009, p. 190 – 193;
14. Pomjakushin V.Yu., Sheptyakov D.V., Pomjakushina E.V., Conder K., Balagurov A.M., **Phys. Rev. B**, 2009, accepted.
15. Sheptyakov D.V., Pomjakushin V.Yu., Drozhzhin O.A., Istomin S.Ya., Antipov E.V., Bobrikov I.A., Balagurov A.M., **Phys. Rev. B**, 2009, v.80(2), p. 024409 (1-9).
16. Wasicki J., Kozlenko D.P., Pankov S.E., Bilski P., Pajzderska A., Hancock B.C., Medek A., Nawrocik W., and Savenko B.N., **J. Pharm. Sci.** v. 98, pp. 1426-1437 (2009).
17. Авдеев М.А., Мартынов П.Н., Мельников В.П., Новиков А.Г., Пучков А.В., **ФТТ**, 2009, принято к печати.
18. Лушников С.А., Бобриков И.А., Балагуров А.М., Глазков В.П., Соменков В.А., **Неорг. мат.**, 2009, принято к печати.
19. Сумин В. В., Симкин В. Г., Шеверев С. Г., Леонтьева-Смирнова М.В., Чернов В.М., **ФММ**, 108 (2009) 1-6.
20. Сумин В.В., Шеверев С.Г., Wimproy R., **Физика твердого тела**, 2009, принята к печати.
21. Троянчук И.О., Бушинский М.В., Добрянский В.М., Карпинский Д.В., Сиколенко В., Балагуров А.М., **Письма в ЖЭТФ**, 2009, т. 89(7), с. 375-380.
22. Дмитриев А.И., Каминский В.М., Лашкарев Г.В., Буторин П.Е., Ковалюк З.Д., Иванов В.И., Бескровный А.И., **ФТТ**, 2009, том 51, выпуск 11, 2207.

2. Soft matter (small angle scattering and diffraction)

1. Anitas E. M., Balasoiu M., Bica I., Osipov V. A., Kuklin A. I., **ОАМ-РС**, 3(6), pp. 621-624, 2009.
2. Anitas E. M., Kolesnikov D. V., Kuklin A. I., Balasoiu M., Osipov V. A., **Сообщения ОИЯИ** E11-2009-154, ОИЯИ, 2009.
3. Balasoiu M., Bica I., Vatzulik B., Kuklin A.I., Almasy L., Kohlbrecher J., РСНЭ-НБИК 2009, **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РИЦ КИ, Москва, Россия, 2009. p.62,
4. Balasoiu M., Craus M. L., Anitas E.M., Bica I., Plestil J., Kuklin A. I., **Preprint JINR**. E14-2008-194.
5. Balasoiu M., Craus M. L., Plestil J., Haramus V., Erhan R., Anitas E. M., Lozovan M., Kuklin A. I., Bica I., **Preprint JINR** E14-2008-123.

6. Balasoiu M., Craus M.L., Anitas E.M., Bica I., Plestil J., Kuklin A.I., *Физика Твёрдого Тела*, ISSN:0367-3294, **Изд:ФТТ им. А.Ф. Иоффе**, 2009 (принята в печать).
7. Balasoiu M., Kuklin A.I., Orelovich O.L., Kovalev Yu.S., Arzumanian G.M., Kurkin T.S., Stolyar S.V., Iskhakov R.S., Raikher Yu.L., **Preprint JINR**. P14-2008-200.
8. Balasoiu M., Stolyar S. V., Iskhakov R.S., Ishchenko L.A., Raikher Y.L., Kuklin A. I., Orelovich O. L., Kovalev Y. S., Kurkin T. S., Arzumanian G.M., **Romanian Journal of Physics**, ISSN:1221-146X, Изд:Publishing House of the Romanian Academy, 2009 (accepted).
9. Balasoiu M., Stolyar S.V., Iskhakov R.S., Ishchenko L. A., Raikher Yu.L., Kuklin A.I., Соловьёв Д.В., Kurkin T.S., Arzumanian G.M., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. p.61.
10. Raikher Yu. L., Stepanov V.I., Stolyar S.V., Ladygina V.P., Balaev D.A., Ishchenko L.A., Balasoiu M., **Physics of Solid State**, Vol.52, No.2 (2010)277-284
11. Raikher Yu. L., Stepanov V.I., Stolyar S.V., Ladygina V.P., Balaev D.A., Ishchenko L.A., Balasoiu M., **Preprint JINR** P19-2009-112.
12. Rajewska A., **Journal of Physical Chemistry** (submitted).
13. Rajewska A., **Physical Rev E**. (submitted).
14. Ryabova N.Y., Kiselev M.A., Dante S., Hauss T., Balagurov A.M., **European Biophysics Journal** (accepted).
15. Анитас Ю.М., Черный А.Ю., Балашою М., Осипов В.А., Куклин А.И., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр.464,
16. Горшкова Ю.Е., Горделий В.И., Куклин А.И., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009., стр.69,
17. Дубровин Е.В., Муругова Т.Н., Мотовилов К.А., Ягужинский Л.С., Яминский И.В., **Российские нанотехнологии**, 4, №9-10, 2009, с. 66-68.
18. Иваньков О.И., Исламов А.Х., Куклин А.И., Булавин Л.А., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр. 80.
19. Ковалев Ю. С., Левкович Н. В., Куклин А. И., Апель П. Ю., **Коллоидный журнал**, 2009, том 71, №5,с. 616-622.
20. Киселев М.А., Ермакова Е.В., Рябова Н.Ю. и др., **Кристаллография** (в печати).
21. Киселев М.А., Ермакова Е.В., Филиппова С.Н., Сургучева Н.А., Данте С., Хаус Т., Гальченко В.Ф., **Биофизика**, 2009, т.54, в.4, с.668-674
22. Куклин А.И., Рогачев А.В., Черный А.Ю., Муругова Т.Н., Докукин Е.Б., Исламов А.Х., Иваньков О.И., Ковалев Ю.С., Соловьёв Д.В., Утробин П.К., Соловьёв А.Г., Горделий В.И.. **Сообщения ОИЯИ** P14-2009-128.
23. Куклин А.И., Рогачев А.В., Черный А.Ю., Муругова Т.Н., Докукин Е.Б., Исламов А.Х., Иваньков О.И., Ковалев Ю.С., Соловьёв Д.В., Утробин П.К., Соловьёв А.Г., Горделий В.И., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр. 344.
24. Муругова Т.Н., Горделий В.И., Куклин А.И., Иваньков О.И., Солодовникова И.М., Юрков В.И., Ягужинский Л.С., **Труды XIII научной конференции молодых ученых и специалистов ОИЯИ**, 2009, с. 23-26
25. Муругова Т.Н., Кривандин А.В., Куклин А.И., Муранов К.О., Аксенов В.Л., Островский М.А., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр. 87.
26. Рогачев А. В., Куклин А. И., Черный А. Ю., Озерин А. Н., Музафаров А. М., Татарина Е. А., Горделий В. И., **Физика Твёрдого Тела**, ISSN:0367-3294, Изд:ФТТ им. А.Ф. Иоффе, 2009 (принята в печать)
27. Рогачев А.В., Куклин А.И., Черный А.Ю., Озерин А.Н., Музафаров А.М., Татарина Е.А., Горделий В.И., **Препринт ОИЯИ**, P14-2008-192. 2008.
28. Рогачев А.В., Озерин А.Н., Черный А.Ю., Музафаров А.М., Татарина Е.А., Исламов А.Х., Горделий В.И., Куклин А.И., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов.**

Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр. 233.

29. Соловьев Д.В., Куклин А.И., Исламов А.Х., Утробин П.К., Иваньков О.И., Булавин Л.А., Горделий В.И., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр. 102,
30. Рябова Н.Ю., Киселев М.А., Dante S., Науф Т., Балагуров А.М., **Труды XIII-ой научной конференции молодых ученых и специалистов ОИЯИ – тезисы докладов** (г. Дубна, 2009 г.), с. 27-30.
31. Рябова Н.Ю., Киселев М.А., Балагуров А.М., **Кристаллография** (принята к печати)
32. Рябова Н.Ю., Киселев М.А., Балагуров А.М., **Биофизика** 54 № 5, с. 852-862.
33. Рябова Н.Ю., Киселев М.А., Бескровный А.И., Балагуров А.М., **Физика твердого тела** (принята к печати).
34. Филиппова С.Н., Киселев М.А., Ермакова Е.В., Сургучева Н.А., Забелин А.В., **Бюллетень Московского общества испытателей природы, отдел биологический** т. 114, вып. 2, прил. 1, Физиология и генетика микроорганизмов в природных и экспериментальных системах, М: МАКС Пресс, 2009. стр. 274-277.

3. Nanostructured materials (small-angle scattering)

1. Avdeev M.V., Bica D., Vekas L., Aksenov V.L., Feoktystov A.V., Marinica O., Rosta L., Garamus V.M., Willumeit R., **J. Colloid Interface Sci.** 334 (2009) 37–41.
2. Avdeev M.V., Bica D., Vekas L., Aksenov V.L., Feoktystov A.V., Rosta L., Garamus V.M., Willumeit R., **Solid State Phenomena.** 152-153 (2009) 182–185.
3. Avdeev M.V., Dubois E., Mériquet G., Wandersman E., Garamus V.M., Feoktystov A.V., Perzynski R., **J. Appl. Cryst.** 42 (2009) 1009-1019.
4. Avdeev M.V., Rozhkova N.N., Aksenov V.L., Garamus V.M., Willumeit R., Osawa E., **J. Phys. Chem. C** 113 (2009) 9473–9479.
5. Балашою М., Аксенов В.Л., Куклин А.И., Никитенко Ю.В., Дугинов В.Н., Мамедов Т.Н., Грабчев Б., Бика Д., Векаш Л., **Сборник тезисов докладов участников VII Национальной конференции «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии» РСНЭ – НБИК 2009**, ИК РАН, РНЦ КИ, Москва, Россия, 2009. стр. 70.
6. Bodnarchuk V., Cser L., Ignatovich V., Veres T., Yaradaykin S., Investigation of periodic multilayers, JINR Comm. E14-2009-127. JINR: 2009.
7. Feoktystov A.V., Avdeev M.V., Aksenov V.L., Petrenko V.I., Bulavin L.A., Bica D., Vekas L., Garamus V.M., Willumeit R., **Solid State Phenomena** 152-153 (2009) 186–189.
8. Feoktystov A.V., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Garamus V.M., Korpansky P., Timko M., Koneracka M., Zavisova V., **Ukr. J. Phys.** 54(4) (2009) 348–354.
9. Feoktystov A.V., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Vekas L., Garamus V.M., Willumeit R., **Ukr. J. Phys.** 54(3) (2009) 266–273.
10. Кузыма О.А., Коробов М.В., Avdeev M.V., Garamus V.M., Petrenko V.I., Aksenov V.L., Bulavin L.A., **Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures**, accepted (2009).
11. Petrenko V.I., Avdeev M.V., Aksenov V.L., Bulavin L.A., Rosta L., **Solid State Phenomena** 152-153 (2009) 198–201.
12. Petrenko V.I., Avdeev M.V., Almásy L., Bulavin L.A., Aksenov V.L., Rosta L., Garamus V.M., **J. Col. Surf. A** 337 (2009) 91–95.
13. Vekas L., Avdeev M.V., Bica D., **Nanoscience and Its Applications in Biomedicine**, Ed. Donglu Shi, Springer Verlag, 2009, Chapter 25, pp. 645-704
14. Авдеев М.В., Боднарчук И.А., Петренко В.И., Холмуродов Х.Т., Ярадайкин С.П., **Журнал Физической Химии** 83(7) (2009) 1275–1280. (Avdeev M.V., Bodnarchuk I.A., Petrenko V.I., Kholmurodov Kh.T., Yaradaikin S.P., The determination of the limiting partial molar volume of solutions of monocarboxylic acids in benzene by molecular dynamics simulation. Russian Journal of Physical Chemistry A 83 (7) (2009) 1129–1133)
15. Аксенов В.Л., Тропин Т.В., Кизима Е.А., Авдеев М.В., Коробов М.В., Рошта Л., **Физика твердого тела**, (в печати, 2009). (Aksenov V.L., Tropin T.V., Kuzyma O.A., Avdeev M.V., Korobov M.V., Rosta L., On fullerene cluster formation in nitrogen-containing solvents, Physics of the Solid State, in press (2009).)
16. Нагорный А.В., Петренко В.И., Авдеев М.В., Булавин Л.А., Аксенов В.Л., **Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования** (принято к публикации, 2009). (Nagorny A.V., Petrenko V.I., Avdeev M.V., Bulavin L.A., Aksenov V.L., Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, accepted (2009))
17. Петренко В.И., Авдеев М.В., Аксенов В.Л., Булавин Л.А., Рошта Л., **Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования** 2 (2009) 92–96. (Petrenko V.I., Avdeev M.V., Aksenov V.L.,

- Bulavin L.A., Rosta L., Magnetic fluids with excess of a surfactant according to the data of small-angle neutron scattering, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques* 3(1) (2009) 161–164
18. Петренко В.И., Аксенов В.Л., Авдеев М.В., Булавин Л.А., Rosta L., Vekas L., Garamus V.M., Willumeit R. **Физика Твердого Тела** (в печати, 2009). (Petrenko V.I., Aksenov V.L., Avdeev M.V., Bulavin L.A., Rosta L., Vekas L., Garamus V.M., Willumeit R.. Structure analysis of water-based ferrofluids by means of small-angle neutron scattering. *Physics of the Solid State*, in press (2009))
 19. Феоктистов А.В., Авдеев М.В., Аксенов В.Л., Булавин Л.А., Бика Д., Векаш Л., Гарамус В.М., **Поверхность. Рентген., синхротрон. и нейтрон. исслед.** 1 (2009) 3–6. (Feoktystov A. V., Avdeev M. V., Aksenov V. L., Bulavin L. A., Bica D., Vekas L., Garamus V. M., Willumeit R., Small-angle neutron scattering contrast variation on magnetite-myristic acid-benzene magnetic fluid, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques* 3(1) (2009) 1-4)

4. Thin films (reflectometry, polarized neutrons)

1. Aksenov V.L., Khaidukov Yu.N., Nikitenko Yu.V., **Journal of Physics: Conference Series** (submitted)
2. Aksenov V.L., Nikitenko Yu.V., Khaidukov Yu.N., Vdovichev S.N., Borisov M.M., Morkovin A.N., Mukhamedzhanov E.Kh., **Journal of Surface Investigation**, Vol. 3, p. 495-499 (2009)
3. Ignatovich V.K., Nikitenko Yu.V., Radu F., **NIM A**, v. 604, № 3 (2009) 653-661.
4. Ignatovich V.K., Nikitenko Yu.V., **ЖЭТФ**, т. 137, вып. 3 (2010).
5. Kozhevnikov V. F., Giuraniuc C. V., Van Bael M. J., Temst K., Van Haesendonck C., Mishonov T.M., Charlton T., Dalglish R.M., Khaidukov Yu.N., Nikitenko Yu.V., Aksenov V.L., Gladilin V.N., Fomin V.M., Devreese J.T., Indekeu J.O, **Physical Review B**, v. 78, 012502(1-4), 2009.
6. Nikitenko Yu.V., **Physics of Particles and Nuclei**, v.40, № 6 (2009) 890-947.
7. Игнатович В.К., Никитенко Ю.В., Фраерман А.А., **ЖЭТФ**, т. 138, вып. 1 (2010).

5. Atomic and magnetic dynamics (inelastic neutron scattering)

1. Hetmańczyk J., Migdał-Mikuli A., Mikuli E., Holderna-Natkaniec K., Hetmaczyk Ł., Natkaniec I., **Journal of Molecular Structure**, 923 (2009) 103–109.
2. Migdał-Mikuli A., Mikuli E., Hetmańczyk J., Hetmańczyk Ł., Holderna-Natkaniec K., Natkaniec I., **Journal of Alloys and Compounds**, 469 (2009) 73–81.
3. Smirnov L. S., Natkaniec I., Johnson M.R., Ivanov A.S., Troyanov S.I., **Crystallography Reports**, 2009, Vol. 54, No 3, pp. 477–482. (Original Russian Text published in *Kristallografiya*, 2009, Vol. 54, No. 3, pp. 510–516).
4. Smirnov L.S., Kolesnikov A.I., Flerov I.N., Laptash N.M., **Physics of the Solid State**, 51 (2009) 2362-2366. (Original Russian Text published in *Физика Твердого Тела*, 51 (2009) 2224-2228.)
5. Smirnov L.S., Natkaniec I., Belushkin A.B., Smith D., Prager M., **Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques**, 3 (2009) 847-856. (Original Russian Text published in *Поверхность, рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*, 2009, № 11, 3-13).
6. Puchkov A., Kalinin I., Kats E., Koza M., Tonon X., Lauter H., Lauter V., **ILL Annual Report 2008**, Grenoble, 2009, pp.58-59.
7. Агранович В.М., Дубовский О.А., **Физика твёрдого тела** 2009. Т.51. вып.8. с.1541-1546.
8. Благовещенский Н.М., Морозов В.А., Морозов В.М., Новиков А.Г., Пашнев М.А., Савостин В.В., Савостин Д.В., **Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук**. Вып. 14. Калуга: Издательство АНО «Калужский научный центр», 2008, с. 470 – 477.
9. Благовещенский Н.М., Новиков А.Г., В.В.Савостин, **ФТТ**, 2009, принято к печати.
10. Благовещенский Н.М., Новиков А.Г., Осава Е., Рожкова Н.Н., **ФТТ**, 2009, принято к печати.
11. Благовещенский Н.М., Новиков А.Г., Савостин В.В., Шимкевич А.Л., **Теплофизические свойства веществ и материалов. Труды XII Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ 7-10 октября 2008г.**, Москва. М.: Интерконтакт Наука, 2009, с.143 – 150.
12. Дубовский О.А., Орлов А.В., Семенов В.А., **Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук**, Издательство АНО "Калужский научный центр", Вып.14, 2009, с.110-120.
13. Дубовский О.А., Орлов А.В., **Препринт ФЭИ-3159**, 2009, 31 стр.
14. Дубовский О.А., Орлов А.В., **ФТТ**, 2009 (принято к печати).
15. Калинин И.В., Кац Е., Коца М., Лаутер В.В., Лаутер Х., Пучков А.В., **Сборник тезисов докладов на XXXV совещании по физике низких температур (НТ-35)**, Черноголовка, 29 сентября-2 октября 2009, стр.16-17.
16. Калинин И.В., Кац Е., Коца М., Лаутер В.В., Лаутер Х., Пучков А.В., **ЖЭТФ**, 2009 (направлено в печать).
17. Калинин И.В., Лаутер В.В., Пучков А.В., **Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук**, Издательство АНО "Калужский научный центр", Вып.14, 2009, с.103-109.
18. Лисичкин Ю.В., Новиков А.Г., Сахарова Л.А., журнал **Известия ВУЗов**, серия «Ядерная энергетика», 2009 (принято к печати)
19. Лисичкин Ю.В., Новиков А.Г., Сахарова Л.А., **Препринт ФЭИ-3148**, Обнинск, 2009, 36с.

20. Семенов В.А., Козлов Ж.А., Крачун Л., Матеев Г., Морозов В.М., Опря А.И., Опря К., Пучков А.В., **ФТТ**, 2009 (принято к печати).

6. Applied studies (texture, stresses, geological materials)

1. Frischbutter, A., Walther, K. & Scheffzueck, Ch., Abstract for the **Deutsche Tagung fuer Forschung mit Synchrotronstrahlung, Neutronen und Ionenstrahlen an Großgeraeten, SNI 2010**, Berlin (Germany), February 24-26, 2010.
2. Kern H., Mengel K., Strauss K.W., Ivankina T.I., Nikitin A.N., Kukkonen I.T., **Physics of the Earth and Planetary Interiors**, 2009, vol.175, 151-166.
3. Lokajicek T., Lukas P., Nikitin A.N., Papushkin I.V., Sumin V.V., Vasin R.N., **Carbon**, 20100 (submitted).
4. Lychagina, T.A., Nikolayev, D.I. & Wagner, F., **doi:10.1155/TSM, Article ID 237485**.
5. Matthies S. and Wenk H.-R., **J. Appl. Cryst.** 2009. 42, 564-571
6. Matthies S., **Solid State Phenomena. Trans. Tech. Publications**, Switzerland, 2009 (submitted).
7. Mosch, S., Nikolayev, D., Ewiak, O. & Siegesmund, S., **Optimierte Gewinnung. Naturstein** 5, 102-103, 2009.
8. Mosch, S., Nikolayev, D., Ewiak, O. & Siegesmund, S., **Steinbruch und Sandgrube**. 5, 8-11, 2009
9. Mosch, S., Nikolayev, D., Siegesmund, S. & Ewiak, O., **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, 2009 (submitted)
10. Nikitin A.N., Vasin R.N., **Neutron News**. 2009 (accepted).
11. Scheffzueck, Ch., Hempel, H., Frischbutter, A. & Walther. K., Abstract at for **Deutsche Tagung fuer Forschung mit Synchrotronstrahlung, Neutronen und Ionenstrahlen an Großgeraeten, SNI 2010**, Berlin (Germany), February 24-26, 2010.
12. Walther, K., Scheffzueck, Ch. & Frischbutter, A., Abstract for the **Deutsche Tagung fuer Forschung mit Synchrotronstrahlung, Neutronen und Ionenstrahlen an Großgeraeten, SNI 2010**, Berlin (Germany), February 24-26, 2010.
13. Mosch, S. Nikolayev, O. Ewiak & S. Siegesmund, **Optimierte, Gewinnung. Naturstein** 05/09,102-103
14. Mosch, S., Nikolayev, D., O. Ewiak & S. Siegesmund, **Steinbruch und Sandgrube**, 5, 8-11, 2009.
15. Mosch, S. Nikolayev, D., Siegesmund, S. & O. Ewiak., **Bulletin of Engineering Geology and the Environment** (submitted)
16. Базалеев Н.И., Бандурян Б.Б., Иванкина Т.И., Клепиков В.Ф., Литвиненко В.В., Лонин Ю.Ф., Никитин А.Н., **Письма в ЭЧАЯ**, 2009, т.6, № 5(154), с.684-693.
17. Никитин А.Н., Васин Р.Н., Круглов А.А., **Физика Земли**. 2009 (сдано в печать).
18. Никитин А.Н., Васин Р.Н., Родкин М.В., **Физика Земли**, 2009, № 4, с.67-75.
19. Никитин А.Н., Иванкина Т.И., Игнатович В.К., **Физика Земли**, 2009, № 5, с.57-69.
20. Никитин А.Н., Почепцова О.А., Маттис З., **Кристаллография**, 2009 (принята в печать).
21. Родкин М.В., Никитин А.Н., Васин Р.Н. **Сейсмотектонические эффекты твердотельных превращений в геоматериалах**. М.: Геос, 2009, 220 с. (монография)
22. Сумин В.В., Васин Р.Н., Папушкин И.В., Балагуров А.М., Ведерников П.А., Свириденко Ю.В., Шнайдер Р., Вимпори Р., **Атомная энергия**. 2009 (сдано в печать).

7. Instruments and Methods

1. Avdeev M.V. , Vodnarchuk V.I. , Lauter-Pasyuk V.V. , Lauter H., Rubtsov A.B. , Aksenov V.L. , Yaradaikin S.P. , Ul'yanov V.A. , Trounov V.A. , Kalinin S.I. , **Journal of Physics: Conference Series**, 2009 (accepted).
2. Manoshin, S.A., Belushkin, A.V., Kulikov, S.A., Shabalin, E.P., Walther, K., Scheffzueck, C. & Zhuravlev, V.V. **Nuclear Instruments and Methods in Physics A: 608** (3), 447-453.
3. Кожевников С.В. , Отт Ф., **Физика Твёрдого Тела** 2010 (в печати).
4. Кутузов С.А., Богдзель А.А., Балагуров Д.А., Миронова Г.М., **Сообщение ОИЯИ**, P13-2009-140, Дубна, 2009.
5. Миронова Г.М., Кутузов С.А., Богдзель А.А., Балагуров Д.А., **Тезисы VII Национальная конференция «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии (РСНЭ-НБИК 2009)** Москва, ИК РАН - РИЦ КИ, 16-21 ноября, 2009, с.596.
6. Калинин И.В., Куликов С.А., Морозов В.М., Новиков А.Г., Пучков А.В., Черников А.Н., Шабалин Е.П., **Письма в ЭЧАЯ**, 2009 (в печати).
7. Лохматов В.И., Новиков А.Г., Пучков А.В., Сиротин А.П., **ФТТ**, 2009 (принято к печати).
8. Куклин А.И., Исламов А.Х., Ковалев Ю.С., Утробин П.К. , Кутузов С.А., Иванов О.И., Муругова Т.Н., Рогачев А.В., Горделий В.И., **Сообщения ОИЯИ**, P13-2009-68.
9. Куклин А.И., Исламов А.Х., Рогов А.Д., Горшкова Ю.Е., Утробин П.К., Ковалев Ю.С., Рогачев А.В., Иванов О.И., Кутузов С.А., Соловьев Д.В. и Горделий В.И. **Сообщение ОИЯИ** P3-2009-114. Дубна, 2009.

10. Куклин А.И., Муругова Т.Н., Горшкова Ю.Е., Балашою М., Исламов А.Х., Ковалев Ю.С., Кутузов С.А., Рогачев А.В., Утробин П.К., Иваньков О.И., Горделий В.И., **Сборник тезисов докладов участников Второго Международного форума по нанотехнологиям**, 2009 стр. 239-241.
11. Khaidukov Yu.N., Nikitenko Yu.V., **NIM A**, 2009 (submitted).
12. Kozhevnikov S.V., Ott F., **Solid States Physics** (2010) (in press).
13. Kozhevnikov S.V., Ott F., Paul A., Rosta L., **European Journal of Physics Special Topics** 168 (2009) 87-92.
14. Трунов В.А., Балагуров А.М., Бескровный А.И., Голосовский И.В., Зобкало И.А., Курбаков А.И., Рыбаков В.Б., Смирнов О.П., Соколов А.Е., Ульянов В.А., Черненко Ю.П., Чернышев В.В., **Тезисы VII Национальная конференция «Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии (РСНЭ-НБИК 2009) Москва, ИК РАН - РНЦ КИ, 16-21 ноября, 2009, с. 432.**

Patents

1. В.Л. Аксёнов, Ю.В. Никитенко, патент на изобретение "Способ определения пространственного распределения магнитного момента в нанослое, № 2360234 от 27.06.09.

Reports at Schools and Conferences

1. Aksenov V.L., Peculiarities of magnetic states in Ferromagnet/Superconductor" heterostructures due to proximity effects, Polarized Neutrons and Synchrotron X-rays for Magnetism, 2-5 August 2009, Bonn, Germany.
2. Avdeev M.V., Neutron scattering in diagnostics of carbon nanostructures, 9th Biennial International Workshop Fullerenes and Atomic Clusters, IWFAС'09. School for young scientists, 6-10 July, St.-Petersburg, Russia
3. Avdeev M.V., New developments in applications of SANS contrast variation for structure research of magnetic fluids, SAS-09. 13-18 Sept. Oxford, United Kingdom
4. Avdeev M.V., On structural features of fullerene C60 dissolved in carbon disulfide: complementary study by small-angle neutron scattering and molecular dynamic simulations, 9th Biennial International Workshop Fullerenes and Atomic Clusters, IWFAС'09. 6-10 July, St.-Petersburg, Russia
5. Avdeev M.V., Small-angle neutron scattering analysis of a water-based magnetic fluid with charged stabilization: contrast variation and scattering of polarized neutrons, SAS-09. 13-18 Sept. Oxford, United Kingdom
6. Avdeev M.V., Small-angle neutron scattering study of the structure of water-based ferrofluids for brain cancer treatment, SAS-09. 13-18 Sept. Oxford, United Kingdom.
7. Avdeev M.V., Structure analysis of water-based ferrofluids for brain cancer treatment, Workshop «Smart Fluids and Complex Flows» 5-6 June 2009, Timisoara, Romania.
8. Balagurov A.M. "Advanced neutron diffraction at pulsed sources: new ideas, new technique, new science" Seminar LNS (PSI), 10.11.2009.
9. Balagurov A.M. Present day high-intensity and high-resolution neutron diffraction and neutron scattering under high pressure, International School of Crystallography, 41st Course: High-Pressure Crystallography, Erice, Italy, 4 – 14 June 2009, v.1, pp.31 – 41.
10. Blagoveshchenskii N.M., Novikov A.G., Rozhkova N.N., Osava T., Diffusion characteristics of water in the vicinity of single – nano buckydiamond as revealed by quasielastic neutron scattering, report on Int.conf. "Fullerenes and Clusters, IWAC'2009" (С. Петербург, 6 – 10 июля 2009 г.)
11. Blagoveshchenskii N.M., Novikov A.G., Investigation of liquid lithium relaxation time by means of the memory function formalism, Report on the 9-th International Conference on QENS, PSI, Switzerland, 9 -13 Feb. 2009.
12. Bodnarchuk V.I., Project of the new multifunctional reflectometer GRAINS with horizontal sample plane at the IBR-2M pulsed reactor in Dubna, International Conference on Neutron Scattering ICNS-2009, May 3 - 7, 2009, Knoxville, USA
13. Bodnarchuk V.I., Project of the new multifunctional reflectometer GRAINS with horizontal sample plane at the IBR-2M pulsed reactor in Dubna, Modelling and data analysis for grazing incidence and off-specular scattering OffSpec2009, 27-29 September, 2009, Muenchen-Feldafing, Germany, poster.
14. Bodnarchuk V.I., Small-angle neutron scattering study of the structure of water-based ferrofluids for brain cancer treatment, International Conference on Neutron Scattering ICNS-2009, May 3 - 7, 2009, Knoxville, USA
15. Ivankina T.I., Kern H., Nikitin A.N., Lokajicek T., The effect of crystallographic and shape preferred orientation on the bulk elastic anisotropy of a foliated biotite gneiss at high pressures, Десятая международная конференция "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле" памяти проф. Ю.С. Геншафта. 26 - 29 октября 2009 года. Москва. ГЕОХИ РАН, ИГЕМ РАН, ИФЗ РАН, ГО «Борок» ИФЗ РАН.
16. Kern H., Ivankina T.I., Nikitin A.N., Lokajicek T., The contribution of crystallographic and shape preferred orientation to the bulk elastic anisotropy of a foliated biotite gneiss, Abstracts of the 3rd International Conference on Texture and Anisotropy of Polycrystals (ITAP-3), 23-25 September 2009, Göttingen, Germany.
17. Kozlenko D.P., High pressure induced spin liquid phase and spin fluctuations in multiferroics RMnO3 (R=Y, Lu), International Conference on Magnetism, 26-31 July 2009, Karlsruhe, Germany

18. Kozlenko D.P., Physical phenomena in strongly correlated magnetic oxides: lessons from neutron diffraction at High pressures, International School of Crystallography, 41th Course: High Pressure Crystallography, 4-14 June 2009, Erice, Italy
19. Kozlenko D.P., "Spin fluctuations and structural modifications in frustrated multiferroics RMnO₃ (R = Y, Lu) at high pressure", International Workshop on Advanced Crystallography at High Pressure 19-22 July 2009, Harbin, China
20. Panitkova I.V., Kozlenko D.P., Lukin E.V., Tucker M.G., Park J.-G., Savenko B.N. "High pressure effects on the crystal structure of multiferroic YMnO₃ in the vicinity of para-ferroelectric phase transition", 14th International Seminar on Neutron Scattering Investigations in Condensed Matter
21. Kozhevnikov S.V. Modelling and Data Analysis for Grazing Incidence and Off-Specular Scattering, 27-29 September 2009, Feldafing (Germany). Data representation in off-specular neutron scattering
22. Kyzyma O.A., Cluster formation and solvatochromism in fullerene C₆₀ solutions based on nitrogen-containing solvents, 9th Biennial International Workshop Fullerenes and Atomic Clusters, IWFA'09. 6-10 July, St.-Petersburg, Russia
23. Kyzyma O.A., Small-angle neutron scattering studies of the influence of solvent polarity on cluster reorganization in C₆₀/N-methyl-2-pyrrolidone solutions, XIV International Conference on Small-angle scattering, SAS-09. 13-18 Sept. Oxford, United Kingdom
24. Matthies S. On the combination of self-consistent and geometric mean elements for the calculation of the elastic properties of textured multi-phase samples. Abstracts of the 3rd International Conference on Texture and Anisotropy of Polycrystals (ITAP-3), 23-25 September 2009, Göttingen, Germany.
25. Natkaniec I., Holderna-Natkaniec K., "INS and DFT investigations of low frequency dynamics of hexanol isomers". 9th International Conference on Quasielastic Neutron Scattering, QENS2009, 10-13 February, 2009, PSI, Switzerland
26. Natkaniec I., Holderna-Natkaniec K., "INS and DFT investigations of low frequency dynamics of hexane and hexanol molecules in solid state". 14th International Seminar on Neutron Scattering Investigations in Condensed Matter, UAM, Poznań, 14 -16 May 2009.
27. Natkaniec I., Holderna-Natkaniec K., "Neutron Spectroscopy and ab-initio Modeling Dynamics of Hexanol Isomers". VI Ogólnopolska Konferencja Rozpraszania Neutronów i Metod Komplementarnych w Badaniach Fazy Skondensowanej, DPT Reymontówka, k. Siedlec, 14-18 June, 2009.
28. Petrenko V.I., Nematic-isotropic phase transition in the solutions of saturated mono-carboxylic acids in non-polar solvents studied by SANS. XIV International Conference on Small-angle scattering, SAS-09. 13-18 Sept. Oxford, United Kingdom
29. Rajewska A., Aggregation in water micellar dilutes solutions of three nonionic classic surfactants: C₁₀E7 and C₁₂E7 and C₁₄E7 study by SANS method, International Conference on Neutron & X-ray Scattering, Kuala Lumpur (Malaysia), 29 June – 1 July, 2009.
30. Rajewska A., SANS study of gemini nonionic surfactant in mixed micellar solutions, XIV International Conference on Small – Angle Scattering, Oxford (UK) 13-18 September 2009.
31. Rajewska A., Aggregation of mixed surfactant system by SANS method study of aggregation in mixed micellar solutions of nonionic. 2nd FRM II User Meeting, Garching (Germany), 24 May 2009
32. S.E. Kichanov, D.P. Kozlenko, V.I. Voronin, B.N. Savenko, V.P. Glazkov, Pressure Induced Кичанов С.Е. Changes in magnetic structure of manganite La_{0.75}Ca_{0.25}MnO₃, European School on Magnetism 2009, September 1-10th 2009, Timisoara, Romania
33. Scheffzueck, Ch., Walther, K. & Frischbutter, A. (2009), Texture and residual as well as applied strain evaluation on dolomite-anhydrite rock samples by in situ neutron time-of-flight diffraction, Abstract at the 3rd Int. Conf. on Texture and Anisotropy of Polycrystals (ITAP 3), Goettingen (Germany), September 23-25, 2009, p. 69.
34. Smirnov L.S., Natkaniec I., Ollivier J., Prager M., The QENS study of ammonium ion dynamics in Me_{1-x}(NH₄)_xY (Me=K, Rb; Y=Cl, Br, I, SCN) mixed crystals, International Conference on Neutron Scattering, ICNS2009, Knoxville, May 3-7, 2009.
35. Taran Yu.V., TOF ND stress analysis of fatigue degradation and martensitic transformation of austenitic steel AISI 321 under uni- and biaxial cycling loading, The ISIS seminar of 23 June 2009, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, UK
36. Tropin T.V., Application of the nucleation theory for describing kinetics of cluster formation and growth in solutions of fullerene C₆₀, VIII Research Workshop «Nucleation Theory and Applications», 1-30 April 2009, BLTP, JINR, Dubna, Russia
37. Tropin T.V., Application of the nucleation theory for describing kinetics of cluster formation and growth in solutions of fullerene C₆₀, International Bogolyubov Conference "Problems of theoretical and mathematical physics", 21-27 August, 2009, Moscow-Dubna, Russia
38. Tropin T.V., Kinetics of fullerene cluster growth in nitrogen-containing solvents, 9th Biennial International Workshop Fullerenes and Atomic Clusters, IWFA'09. 6-10 July, St.-Petersburg, Russia

39. Vasin R.N., Crystallographic preferred orientation and properties of quartz: a neutron diffraction study of Earth's crust rocks, PAC for Condensed Matter Physics 30th meeting, 25-26 June 2009.
40. Vasin R.N., Lokajicek T., Nikitin A.N., Sumin V.V., Bulk elastic anisotropy of reactor graphite after exploitation from neutron diffraction and ultrasonic measurements, Abstracts of the 3rd International Conference on Texture and Anisotropy of Polycrystals (ITAP-3), 23-25 September 2009, Göttingen, Germany.
41. Vasin R.N., Nikitin A.N., Ivankina T.I., Ullemeyer K., Classification of quartz textures in crustal rocks derived from time-of-flight neutron diffraction data, Abstracts of the 3rd International Conference on Texture and Anisotropy of Polycrystals (ITAP-3), 23-25 September 2009, Göttingen, Germany.
42. Авдеев М.В., Магнитные наночастицы в растворах для медикобиологических применений, II Высшие курсы стран СНГ для молодых ученых, аспирантов и студентов старших курсов по современным методам исследований наносистем и материалов, Синхротронные и нейтронные исследования наносистем СИН-НАНО 2009, 28 июня - 13 июля 2009, Москва – Дубна, Россия,
43. Авдеев М.В., Малоугловое рассеяние нейтронов в диагностике магнитных наночастиц для медикобиологических применений, VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009. Москва, Россия, 16-20 ноября
44. Авдеев М.В., Малоугловое рассеяние нейтронов, Всероссийская научная школа для молодежи «Современная нейтронография: междисциплинарные исследования наносистем и материалов», 12 - 20 октября 2009, Дубна
45. Авдеев М.В., Нейтронная нанодиагностика магнитных частиц в растворах для медикобиологических применений, Роснанофорум 2009, 6-8 октября 2009, Москва, Россия
46. Аксенов В.Л., Изменения магнитного состояния слоистой гетероструктуры ферромагнетик/сверхпроводник под влиянием сверхпроводящего перехода, 35Совещание по физике низких температур (НТ-35), 29 сентября - 2 октября, Черноголовка,
47. Балагуров А.М., Нейтронные спектрометры на реакторе ИБР-2М: статус и перспективы, РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009 г., Москва.
48. Бардушкин В.В., Никитин А.Н., Чекакина И.И., Яковлев В.Б. Анизотропия эффективных физико-механических характеристик неоднородных материалов типа кварцевая матрица-биотит. Третья международная конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов» DFMN-09, Москва, ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, 12-15 октября 2009.
49. Боднарчук В.И., Проект нового многофункционального рефлектометра GRAINS с горизонтальным расположением плоскости образца на импульсном реакторе ИБР-2М в Дубне, VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био_Инфо-Когнитивные технологии", 16-21 ноября 2009, Москва, Россия
50. Бокучава Г.Д., Балагуров А.М., Сумин В.В., Папушкин И.В. "Нейтронный фурье-дифрактометр ФСД для исследования остаточных напряжений в материалах и промышленных изделиях" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009 г., Москва.
51. Васин Р.Н. Геофизические исследования с использованием нейтронографии. Всероссийская научная школа для молодежи «Современная нейтронография: междисциплинарные исследования наносистем и материалов. 2-20 октября 2009.
52. Дубовик В.М., Кривицкий В.А., Круглов А.А., Давление как динамический фактор стимулирования ядерных реакций в нано, микро и макромире, Сборник статей. Система "Планета Земля": 15 лет междисциплинарному научному семинару. 1994—2009. М.: ЛЕНАНД, 2009. с.153-158.
53. Ермакова Е.В., XIII Научная конференция Объединения молодых ученых и специалистов (ОМУС) ОИЯИ, Дубна, 16-21 февраля 2009
54. Калинин И.В., Кац Е., Коза М., Лаутер В.В., Лаутер Х., Пучков А.В., Сосуществование сверхтекучего и твердого гелия в аэрогеле, XXXV Совещание по физике низких температур (НТ-35), Черноголовка, 29 сентября-2 октября 2009, стр.16-17
55. Кизима Е.А., Особенности кластерообразования фуллерена C60 в полярных растворителях, VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009, Москва, Россия
56. Кичанов С.Е., Исследование кристаллической структуры и структурных аспектов кластерообразования в ксерогелях GeO2-Eu2O3-Ag, РСНЭ-НБИК-2009, 16 - 21 ноября 2009, г. Москва
57. Лукин Е.В, Исследование кристаллической структуры перхлората пиридина РунСЮ4 при высоком давлении и температуре, РСНЭ-НБИК-2009, 16 - 21 ноября 2009, г. Москва
58. Муругова Т.Н., Структурные изменения во внутренней мембране митохондрий, индуцированные системой объемной регуляции., 2009 Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино, 2009
59. Нагорный А.В., Моделирование малоуглового рассеяния нейтронов на магнитных жидкостях с неполярными основами. VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения,

- Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009, Москва, Россия
60. Никитенко Ю.В., Возможности нейтронных исследований характеристик магнитного слоя в осциллирующем магнитном поле, нанозифика и нанозлектроника, XIII Международнй симпозиум, 16-20 марта 2009, Нижнй Новгород
 61. Никитин А.Н., Маттис З., Юрченко О.А., Тепловые и транспортные особенности галоидных горных пород, возникающие вблизи размещенного в них радиоактивного источника. Тематический семинар «Структура и свойства кристаллов». Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН. Москва. 23 июня 2009.
 62. Петренко В.И., Переход нематик–изотропная жидкость в растворах насыщенных монокарбонных кислот по данным малоуглового рассеяния нейтронов. VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009, Москва, Россия,
 63. Рубцов А.Б., Создание нейтронного рефлектометра на тепловых нейтронах, VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009, Москва, Россия
 64. Рябова Н.Ю., Joint RID-ICTP-IAEA Advanced Workshop on Neutron probing for compositional and structural characterisation of materials and biological samples, Нидерланды, Дельфт, 10-17 мая, 2009г.
 65. Савенко Б.Н., Исследование полиморфного фазового перехода в резорциноле при высоком давлении» РСНЭ-НБИК-2009, 16 - 21 ноября 2009, г. Москва
 66. Тропин Т.В., Кинетика роста кластеров С60 в растворах в азот-содержащих растворителях, XIII научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ, ОМУС-2009, 16-21 февраля, ОИЯИ, Дубна, Россия
 67. Тропин Т.В., Кинетическая теория кластерообразования в растворах фуллеренов: новые подходы и сравнение с экспериментом, VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009, Москва, Россия
 68. Тропин Т.В., Модели кластеров в растворах фуллеренов, Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых "Структура и динамика молекулярных систем", 5-8 октября 2009, КГУ, Казань, Россия, стендовый доклад.
 69. Феоктистов А.В., Малоугловое рассеяние нейтронов на биосовместимых магнитных жидкостях для терапии рака мозга, VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучения, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов. Нано-Био-Инфо-Когнитивные технологии" РСНЭ-НБИК 2009, 16-21 ноября 2009, Москва, Россия
 70. Хайдуков Ю.Н., Neutron waveguide regime to study proximity effects at superconductor/ferromagnet interface, РСНЭ 2009, Москва, 16-21 ноября 2009
 71. Хайдуков Ю.Н., STRUCTURE AND ADSORPTION ABILITIES OF NANOPOROUS Ti,V-(N, He) COATINGS Седьмая международная конференция “Ядерная и радиационная физика”, Алматы, 8-11 сентября 2009
 72. Хайдуков Ю.Н., Эффекты близости в слоистых сверхпроводяще-ферромагнитных системах. Возможности рефлектометрии поляризованных нейтронов."XIII научная конференция “ОМУС-2009”, Дубна, 16-21 февраля 2009 года
 73. Хайдуков Ю.Н., Neutron waveguide regime to study proximity effects at superconductor/ferromagnet interface, Modelling and Data Analysis for Grazing Incidence and Off-Specular Scattering (OffSpec 2009), Мюнхен, 27-29 сентября 2009г

NEUTRON NUCLEAR PHYSICS

1. Experimental investigations

1. Atchison F. et al., **Nucl. Instr. Meth.**, A611 (2009) 252.
2. Bodnarchuck, Cser L., Ignatovich V., Veres T., Yaradaykin S., **Сообщение ОИЯИ**, E14-2009-127, (2009) Дубна, ОИЯИ.
3. Gericke M., Page S., Ramsay D., Alarcon R., Balascuta S., Barron L., Bowman J.D., Carlini R.D., Chen W., Chupp T.E., Crawford C., Cowrig S., Dabaghyan M., Freedman S.J., Gentile T.R., Gillis R.C., Greene G.L., Hersman F.W., Ino T., Jones G.L., Lauss B., Leuschner M., Losowski B., Mahurin R., Masuda Y., Mei J., Mitchell G.S., Muto S., Nann H., Penttila S.I., Salas-Bacci A., Santra S., Seo P.-N., Sharapov E.I., Sharma M., Smith T., Snow W.M., Wilburn W.S., and Yuan V., **Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res. A**, v.611 p.239, 2009.
4. Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Stolupin V.A., Guohui Zhang, Jiaguo Zhang, Hao Wu, Jiaming Liu, Jinxiang Chen, G.Hkuukhenkhuu, Koehler P.E., Szalanski P.J., **Physical Review C** 80, 044602 (2009)
5. Guohui Zhang, Jiaguo Zhang, Li'an Guo, Hao Wu, Jinxiang Chen, Guoyou Tang, Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Khuukhenkhuu G., Szalanski P.J., **Applied Radiation and Isotopes** 67 (2009) 46–49

6. Guohui Zhang, Hao Wu, Jianguo Zhang, Jiaming Liu, Yuxiang Yin, Jinxiang Chen, Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Khuukhenkhoo G., Koehler P.E., Szalanski P.J., **Applied Radiation and Isotopes** 68 (2010) 180–183
7. Guohui Zhang, Hao Wu, Jianguo Zhang, Jiaming Liu, Jinxiang Chen, Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Khuukhenkhoo G., and Szalanski P.J., **Eur. Phys. J. A** (2009) DOI 10.1140/epja/i2009-10886-2
8. Kamanin D.V., Pyatkov Yu.V., Kopach Yu.N., Krasznahorkay A., Tyukavkin A.N., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Borzakov S.B., Zhuchko V.E., Kondratiev N.A., Kuznetsova E.A., Panteleev Ts., **Сообщения ОИЯИ** 4/9/2009
9. Lychagin E.V., Muzychka A.Yu., Nekhaev G.V., Nesvizhevsky V.V., Pignol G., Protasov K.V., Strelkov A.V. **Physics Letters B** 679 (2009) 186–190
10. Mutterera M., Trzaska W.H., Kopatch Yu.N., Sillanpää M., von Kalben J., Khlebnikov S.V., Schrieder G., and Tyurin G.P., **Nuclear Instruments & Methods in Physics Research A**. Vol.608, No.2. - p.275-286
11. Pokotilovski Yu. N., Novopoltsev M. I., Geltenbort P., *Eur. Phys. Journ. AP* 45 (2009) 21202.
12. Sheets S.A., Agvaanluvsan U., Becker J.A., Bechvar F., Bredeweg T.A., Haight R.C., Jandel M., Krticka M., Mitchell G.E., O'Donnell J.M., Parker W., Reifarth R., Rundberg R.S., Sharapov E.I., Ullmann J.L., Vieira D.J., Wilhelmy J.B., Wouters J.M., and Wu C.Y., **Phys. Rev. C**, v.79 p.024301, 2009.
13. Skoy V.R., Wang T.F., Kim G.N., Oh Y.D., Cho M.H., Ko I.S., Namkung W., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**, 267, 14, (2009), 2351-2356.
14. Skoy V.R., Guinyun Kim, Manwoo Lee, and Kyung Sook Kim., **IEEE Transactions on Nuclear Science** (submitted).
15. Sukhovoј A.M., Bondarenko V.A., Honzatko J., Khitrov V.A. and Tomandl I., **Fizika** (Zagreb), 2008, B17(4), 463-480.
16. Utsuro M, Ignatovich V. K. **NEUTRON OPTICS**. Japanese edition, 2009.
17. Vesna V.A., Gledenov Yu.M., Nesvizhevsky V.V., Petukhov A.K., Sedyshev P.V., Soldner T., Shulgina E.V., **Nuclear Physics A** 827 (2009) 425c–427c
18. Vesna V.A., Gledenov Yu.M., Nesvizhevsky V.V., Petukhov A.K., Sedyshev P.V., Shulgina E.V., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A** 611 (2009) 244–247
19. Zeynalov Sh., Hamsch F.-J., Oberstedt S., Fabry I., 4th International Workshop on Nuclear Fission and Fission Product Spectroscopy, May 13-16, 2009, **AIP Conference proceedings**, V1175. pp. 359-362
20. Zeynalova O.V., Zeynalov Sh.S., Hamsch F.-J., Oberstedt S., **Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics**, 2009, Vol. 73, No. 4, pp. 506–511. © Allerton Press, Inc., 2009.
21. Зейналова О. В., Зейналов Ш., Хамбш Ф.-Й., Оберстедт Ш., Фабри И., **AIP Conf. Proc.** -- October 29, 2009 -- Volume 1186, pp. 430-439 1st International conference on applications of mathematics in technical and natural sciences;
22. Суховой А.М., Хитров В.А., **ЯФ**, 2009, 72(9), 1480-1488.
Sukhovoј A.M., Khitrov. V.A., **Physics of atomic nucleus**, 2009, 72(9), 1426-1434.
23. Суховой А.М., Хитров В.А., Фурман В.И., **ЯФ**, 2009, 72(10) 1817-1824.
Sukhovoј A.M., Khitrov V.A., Furman W.I., **Physics of atomic nucleus**, 2009, 72(10), 1759-1766.
24. Тюкавкин А.Н., Пятков Ю.В., Каманин Д.В., Копач Ю.Н., Александров А.А., Александрова И.А., Борзаков С.Б., Воронов Ю.Н., Денисов С.В., Ефимов Г.Л., Жучко В.Е., Кондратьев Н.А., Кузнецова Е.А., Лаврова Ю.Е., Митрофанов С.В., Пантелеев Ц., Саламатин В.С.и Цурин И.П., **Приборы и техника эксперимента**, No.4. (2009), с.66-76

2. Theoretical investigations

1. Ignatovich V. K., **Ядерная Физика**, 72 (2009) 47-52.
2. Ignatovich V.K., Pokotilovski Yu.N., **The European Physical Journal C** 64 (2009) 19-23.
3. Ignatovich V. K. and Phan. L.T.N., **American Journal of Physics**, 77 (2009) 1093-1117.
4. Ignatovich V.K., Nikitenko Yu.V. and Radu F., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A**. 604 (2009) 653-661.
5. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., **Ядерная физика**, 2009, т.72 (2) , сс. 340-347
Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., **Physics of Atomic Nuclei** , 2009, v.72 (2), pp. 311-318] .
6. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., **JINR Preprint** E2-2009-42 , Dubna, 2009
7. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., **Ядерная физика** (2010) (принято к печати).
8. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., Proceedings of the International Conference “Strong and ElectroWeak Matter 2008” – SEWM-2008 (Amsterdam, the Netherlands), **Nuclear Physics A**, 2009, v. 820 , pp. 311c-314c.
9. Игнатович В.К., **Кристаллография** 54 (2009) 122-128.
K. Ignatovich, **Crystallography Reports** (Kristallografiya), 54 (2009) 118-121.
11. Игнатович В.К., Фан Л.Т.Н., **Сообщение ОИЯИ**, P4-2009-39 (2009) Дубна, ОИЯИ
10. Франк И., **Ядерная физика**, 2009, т. 72, №11, с. 1878–1882.
Frank A.I., **Physics of Atomic Nuclei**, 2009, Vol. 72, No. 11, pp. 1818–1822/

3. Applied research

1. Alekseenok Yu.V., Frontasyeva M.V., Korokin A.Zh., **Proceedings of The "5th International Summer School on Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine"**, 6-15 July, 2009, Bratislava, Slovakia, American Institute of Physics, 2009, pp. 2.
2. Aničić M., Tasić M., Frontasyeva M.V., Tomašević M., Rajšić S., Mijić Z., Popović A., **Environmental Pollution**, Vol. 157, 2009, p. 673-679, <http://doi:10.1016/j.envpol.2008.08.003>
3. Aničić M., Tomašević M., Tasić M., Rajšić S., Popović A., Frontasyeva M.V.; Lierhagen S., Steinnes E., **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, March, 2009, <http://doi:10.1016/j.hazmat.2009.05.112>
4. Cristache C. I., Dului O. G., Culicov O. A., Frontasyeva M. V., Ricman C., Toma M., **Applied Radiation and Isotopes**, Vol. 67, 2009, p. 901-906.
5. Cristache C., Simion C.A., Margineanu R.M., Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Matei M., Dului O.G., **Radiochimica Acta**, Vol. 97, 2009, p. 333-337.
6. Cristache C., Culicov O., Gmeling K., Toma M., Frontasyeva M., Dului O.G., **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, 2009, Vol. 279, No. 1, p. 7-12, <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7214-z>
7. Cristache C., Culicov O., Toma M., Frontasyeva M., Dului O.G., Oaie G., **Marine Pollution Bulletin**, Vol. 58, 2009, p. 827-831, <http://doi:10.1016/j.marpolbul.2009.01.021>
8. Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Daraban L., Ghiurca V., **Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Physica**, Liv. 2, 2009, p. 41-50.
9. Dimovska S., Stafilov T., Šajn R., Frontasyeva M.V., **Radiation Protection Dosimetry**, 2009. <http://www.rpd.oupjournals.org>
10. Dului O.G., Cristache C.I., Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Szobotca S.A., Toma M., **Applied Radiation and Isotopes**, Vol. 67, 2009, p. 939-943.
11. Dului O.G., Cristache C.I., Oaie G., Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Toma M., Constantinescu E., **Journal Geo-Marine Letters** (submitted).
12. Dului O.G., Cristache C.I., Oaie G., Ricman C., Culicov O.A., Frontasyeva M.V. **American Institute of Physics Proceedings Series**. 2009 (submitted)
13. Dutov A.G., Komar V.A., Shipilo N.V., Azarko I.I., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Synthesis of fine crystalline diamonds. In book **"Diamond and Related Materials"**. Editor Frank Columbus, Nova Science Publishers, Inc., USA, 2009 (in print).
14. Kobzev A.P., Huran J., Maczka D., Turek M., **VACUUM**, vol. 83, supplement 1, pages S124 – S126, (2009).
15. Frank A.I., Geltenbort P., Jentschel M., Kulin G.V., Kustov D.V., Nosov V.G., Strepetov A.N., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A** 611 (2009) 314–317
16. Frank A.I., and Kozlov A.V., **Physica B. Condensed Matter**, 404 (2009) 2550-2552.
17. Frontasyeva M.V., **Proceedings of The "5th International Summer School on Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine"**, 6-15 July, 2009, Bratislava, Slovakia, American Institute of Physics, 2009, pp.8.
18. Frontasyeva M.V., **Ovidius University Annals of Chemistry**, Vol. 20, No. 1, 2009, p. 11-18. ISSN-1223-7221.
19. Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Mosulishvili L.M., Kirkesali E.I., Ginturi E., Kuchava N., **Ecological Chemistry and Engineering**. Vol. 16, No. S3, 2009, p. 277-285.
20. Frontasyeva M.V., Meresova J., Holy K., Sykora I., **Acta Physica Universitatis Comenianae**, Vol. L.LI, Number 1 and 2, 2010, p. 155-161.
21. Harmens H., Norris D. A., Steinnes E., Kubin E., Piispanen J., Alber R., Aleksiyenak Y., Blum O., Coşkun M., Dam M., De Temmerman L., Fernández Escribano J. A., Frolova M., Frontasyeva M., Gonzalez Miqueo L., Grodzińska K., Jeran Z., Korzekwa S., Krmar M., Kvietskus K., Leblond S., Liiv S., Magnússon S., Maňková B., Pesch R., Rühling Å., Santamaria J., Schröder W., Spiric Z., Suchara I., Thöni L., Urumov V., Yurukova L., Zechmeister H. G., **Environmental Pollution**, 2009 (submitted)
22. Kreuz M., Nesvizhevsky V.V., Schmidt-Wellenburg P., Soldner T., Thomas M., Börner H.G., Naraghi F., Pignol G., Protasov K.V., Rebreyend D., Vezzu F., Flaminio R., Michel C., Morgado N., Pinard L., Baeßler S., Gagarski A.M., Grigorieva L.A., Kuzmina T.M., Meyerovich A.E., Mezhov-Deglin L.P., Petrov G.A., Strelkov A.V., Voronin A.Yu., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A** 611 (2009) 326–330
23. Krmar M., Radnović D., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., and Pankratova Y.S., Atmospheric deposition of heavy metals and airborne radionuclides studied by the moss biomonitoring technique. In book: **Advances in Environmental Modelling and Measurements**, (Eds.) D.T. Mihailović and B. Lalić, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2009. ISBN: 978-1-60876-599-7.
24. Nguyen Viet H., Frontasyeva M.V., Trinh Thi T.M., Gilbert D., Bernard N., **Environmental Science and Pollution Research**, <http://doi:10.1007/s11356-009-0258-6>, 2009.
25. Marinova S., Yurukova L., Frontasyeva M.V., Strelkova L.P., Marinov A., Karadzhinova A.G., **Ecological Chemistry and Engineering**, (submitted)
26. Marinova S., Yurukova L., Frontasyeva M.V., Strelkova L.P., Marinov A., Karadzhinova A.G., **JINR Preprint**, E18-2009-53, Dubna, 2009, pp. 19.

27. Meresova J., Florek M., Holy K., Jeřkovský M., Sýkora I., Burda C., Melicherová T., Mankovska B., Oszlanyi J., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., **JINR Preprint**, E18-2009-27, Dubna, **2009**, pp. 18.
28. Oprea C., Szalanski P. J., Gustova M. V., Oprea I. A., Buzguta V., **Applied Radiation and Isotopes**, ISSN:0969-8043, Elsevier Science Ltd, 67, 12, 2142-2145, 2009.
29. Oprea C., Szalanski P.J., Gustova M.V., Oprea I.A., Buzguta V., **VACUUM**, ISSN:0042-207X, Elsevier, 83, Suppl. 1, S166-S168, 2009.
30. Oprea C., Maslov O.D., Gustova M.V., Belov A.G., Szalanski P.J., Oprea I.A., **VACUUM**, ISSN:0042-207X, Elsevier, 83, Suppl. 1, S162-S165, 2009.
31. Oprea A. I., Oprea C., Gledenov Yu.M., Sedyshev P.V., Pivutoiu C., Vladioiu D., **Romanian Reports in Physics**, ISSN:1221-1451, Romanian Academy of Science, 2009 (in press).
32. Oprea A. I., Oprea C., Pivutoiu C., Vladioiu D., **Romanian Reports in Physics**, ISSN:1221-1451, Romanian Academy of Science, 2009 (in press).
33. Oprea C., Maslov O. D., Gustova M. V., Oprea I.A., Belov A. G., Szalanski P. J., **Romanian Reports in Physics**, ISSN:1221-1451, Romanian Academy of Science, 2009 (in press).
34. Oprea C., Mateescu G., Oprea I.A., Kozlov Zh.A., Semenov V.A., Craciun L., Puchkov A.V., **Romanian Reports in Physics**, ISSN:1221-1451, Romanian Academy of Science, 2009 (in press).
35. Popovic D., Bozic T., Stevanovic J., Frontasyeva M.V., Todorovic D., Ajtic J., Spasic Jokic V., **Environmental Science and Pollution Research**, 2009. <http://DOI: 10.1007/s11356-009-0274-6> (accepted)
36. Spiric Z., Frontasyeva M.V., Steinnes E., Stafilov T., **Journal of Hazardous Materials**, 2009 (submitted)
37. Spiric Z., Frontasyeva M.V., Stafilov T., Steinnes E., Bukovec D., Gundorina S.F., Ostrovnaya T.M., Enimiteva V., **JINR Preprint**, E18-2009-149, Dubna, **2009**, pp. 28.
38. Stafilov T., Šajn R., Pančevski Z., Boev B., Frontasyeva M.V., Strelkova L.P., **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, August, 2009, <http://doi:10.1016/j.jhazmat.2009.10.094>
39. Tsibakhashvili N.Ya., Mosulishvili L., Kirkesali E., Kalabegishvili T., Kerkenjia S., Frontasyeva M.V., Zinicovscaia I., **Chemistry** (Journal of Moldova) General, Industrial and Ecological Chemistry, 2009 (submitted)
40. Афонин Н.Н., Логачева В.А., Шраменко Ю.С., Ховив А.М., Вахтель В.М., Кобзев А.П., **Конденсированные среды и межфазные границы**, том 11, №1, стр. 21 – 30, (2009).
Afonin N.N., Logacheva V.A., Shramenko Yu.S., Noviv A.M., Vachtel V.M., Kobzev A.P., **Condensed mediums and interphasic borders**. V. 11, №1, pp. 21 – 30, (2009).
41. Балжинням Н., Ганболд Г., Гэрбиш Ш., Лодойсамба С., Фронтасьева М.В., Павлов С.С., **Препринт ОИЯИ**, P18-2009- 90, Дубна, **2009**.
42. Быстрицкий В.М., Герасимов В.В., Замятин Н.И., Зубарев Е.В., Кадышевский В.Г., Кобзев А.П., Крылов А.Р., Ноздрин А.А., Рапачкий В.Л., Рогов Ю.Н., Садовский А.Б., Саламатин А.В., Сапожников М.Г., Сисакян А.Н., Слепнев В.М., **Письма в ЭЧАЯ**. Том 6, №6(155), стр. 831 – 840, (2009).
Bystritsky V.M., Gerasimov V.V., Zamjatin N.I., Subarev E.V., Kadyshevsky V.G., Kobzev A.P., Krylov A.R., Nozdrin A.A., Rapatsky V.L., Rogov Yu.N., Sadovsky A.B., Salamatin A.V., Sapozhnikov M.G., Sissakian A.N., Slepnev V.M., **Physics of Particles and Nuclei Letters**. Vol. 6, N6(155), pp. 831 – 840, (2009).
43. Вергель К.Н., Фронтасьева М.В., Каманина И.З., Павлов С.С., **Экология урбанизированных территорий**, вып. 3, 2009, с. 88-95.
Vergel' K.N., Frontasyeva M.V., Kamanina I.Z., Pavlov S.S., **Ecology of Urbinized Terrotories** (RF), Vol. 3, 2009, p. 88-95 (in Russian).
44. Гэрбиш Ш., Ганболд Г., Балжинням Н., **Физик** (Монголия), Том 309, № 15, 2009, с/ 47-50.
Gerbish Sh., Ganbold G., Baljannyam N., **Physic** (Mongolia), Vol. 309, No. 15, 2009, p. 47-50 (in Russian).
45. Горбунов А.В., Ляпунов С.М., Окина О.И., Фронтасьева М.В., Павлов С.С., **Препринт ОИЯИ**, D-18-2009-17, Дубна, 2009.
46. Горелова С.В., Песцов Г.В., Гинс М.С., Кононков П.Ф., Фронтасьева М.В., Ермакова Е.В., Ляпунов С.М., Горбунов А.В., Окина О.И., **Агрохимия**, № 9, 2009, с. 76–87.
Gorelova S.V., Pestsov G.V., Gins M.S., Kononkov P. F., Frontasyeva M.V., Ermakova E.V., Lyapunov S. M., Gorbunov A.V., and Okina O.I., **Agrochemistry**, No. 9, 2009, p. 76-82 (in Russian).
47. Грабовський В., Дзендзелюк О., Трофімук А., Фронтасьева М., Сватюк Н., Маслюк В., Направлена в **ДАН України** (Направлена в печать)
Grabovsky V., Dzendzelyuk O., Trofimuk A., Frontasyeva M., Svatyuk N., Maslyuk V., **Communication of the Academy of Sciences of Ukraine**, 2009 (submitted)
48. Ильченко И.Н., Былова Н.А., Фронтасьева М.В., Ляпунов С.М., Окина О.И., Горбунов А.В., Павлов С.С., Куликова О., Арутюнов Г.П., **Общественное здоровье и профилактика заболеваний**. 2009, № 2, стр. 8-11.
Ilchenko I.N., Bylova N.A., Frontasyeva M.V., Lyapunov S.M., Pavlov S.S., Culicov O.A., Okina O.I., Gorbunov A.V., Aroutiounov G.P., **Public Health and Disease Prevention**, No. 2, 2009, p. 8-11 (in Russian).
49. Никитин А.Н., Иванкина Т.И., Игнатович В.К., **Физика Земли**, 45 (2009) 57-69.
Nikitin A.N., Ivankina T.I. and Ignatovich V.K., **Izvestiya, Physics of the Solid Earth** 45 (2009) 424–436.

50. Панкратова Ю.С., Зельниченко Н.И., Фронтасьева М.В., Павлов С.С., **Общественно-научный журнал «Проблемы региональной экологии»**, № 1, 2009, с. 57-63.
Pankratova Yu. S., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Zelnitchenko N.I., **Problems of Regional Ecology**, No.1, 2009, p.57-63.
51. Реутов В.Ф., Залужный А.Г., Кобзев А.П., Сохачкий А.С., **Журнал технической физики**, том 79, вып. 9, с. 63 – 70, (2009).
Reutov V.F., Saluznyj A.G., Kobzev A.P., Sochatskij A.S, **Journal of Technical Physics**. V.79, supplement 9, pp.63 -70, (2009).
52. Судницын И.И., Крупенина И.И., Фронтасьева М.В., Павлов С.С., **Агрохимия**, № 7, Июль 2009, с. 66-70. <http://www.maiconline.com/maik/showArticle.do?auid=VAFWSTFZTN>
Sudnitsyn I.I., I.I. Krupenina, M.V. Frontasyeva, S.S. Pavlov., **Agrochemistry**, No. 7, July 2009, p. 66-70.
44. Франк А.И., **Успехи физических наук**, (2009) т. 179, №4, с. 424-434.
Frank A.I. **Physics-Uspexhi**. v.52, No. 4, 397-406
53. Фронтасьева М.В., Павлов С.С., Аксенова Н.Г., Мосулишвили Л.М., Белокобыльский А.И., Киркесали Е.И., Гинтури Э.Н., Кучава Н.Е., **Журнал аналитической химии**, Том 64, № 7, 2009, с. 776-789. УДК 543.522
Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Aksenova N.G., Mosulishvili L.M., Belokobylsky A.I., Kirkesali E.I., Ginturi, E.N. Kuchava Y.E., **Journal of Analytical Chemistry**, Vol. 64, No. 7, 2009, p. 776-789 (in Russian). УДК 543.522
54. Фронтасьева М.В., **Методическое пособие. УНЦ-2009-38**, Дубна, 2009.

Reports at Schools and Conferences

1. Aleksiyayenak Yu., Frontasyeva M.V., Vermaercke P., Korokin A., Trace element atmospheric deposition study in Belarus based on moss analysis. ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p.16; Book of Abstracts BioMAP-5.
2. Baljinnyam N., Gerbish Sh., Ganbold G., Lodoysamba S., Frontasyeva M.V., Heavy metals in the environmental objects of non-ferrous industrial region of Mongolia, the town of Erdenet. The 2nd International Conference on X-Ray Analysis, Proceeding of Conference, p. 185-193, Ulaanbaatar, Mongolia, 2009.
3. Baljinnyam N., Gerbish Sh., Ganbold G., Lodoysamba S., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Heavy metals in the environmental objects of non-ferrous industrial region of Mongolia, the town of Erdenet. ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna; p. 70.
4. Coskun M., Frontasyeva M.V., Gorelova S., Pantelica A., Saitanis K., Tomasevic M., Yurukova L., Biomonitoring of air quality using plants. ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna; Book of Abstracts BioMAP-5, p. 21, 20-24 September 2009, Buenos Aires, Argentina.
5. Dului O.G., Cristache C.I., Oaie G., Ricman C., Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Epithermal Neutron Activation Analysis of Some Geological Samples of Different Origin. Proceedings of The 7th General Conference of BPU (Alexandroupolis, Greece, 9-13 September 2009, <http://bpu7.phys.uoa.gr/>).
6. Dului O.G., Cristache C., Oaie G., Culicov O.A., and Frontasyeva M.V., Cs-137 geochronology, epithermal neutron activation analysis, and principal component analysis of heavy metals pollution of the Black Sea anoxic continental shelf sediments. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-4992, European Geosciences Union General Assembly, EGU 2009, Vienna, Austria, 18-24 April 2009.
7. Dului O.G., Cristache C., Oaie G., Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Toma M., On the distribution of major and trace elements as determined by epithermal neutron activation analysis in unconsolidated sediments of the anoxic continental platform of the Black Sea. Book of Abstracts, ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p. 25.
8. Florek M., Merešová J., Holý K., Ješkovský M., Sýkora I., Burda C., Melicherová, T. Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Comparison of Elemental Concentrations in the Atmosphere in Bratislava with other Slovakian and European Sites. ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p. 28.
9. Frontasyeva M.V., Radioanalytical investigations at FLNP JINR for Life Sciences. Book of Abstracts, Int. Conf. on Radiochemistry. Mariánské Lázně, Czech Rep., 18-21 April, 2010.
10. Frontasyeva M.V., Aleksiyayenak Yu.V., Steinnes E., Florek M., Sykora I., Jeskovsky M., Ramatlhabe I., Faanhof A., Moss biomonitoring of long-lived radionuclides in Belarus: 20 years after Chernobyl. Book of Abstracts of The 22nd Task Force Meeting UNECE ICP Vegetation (February 2-5, 2009, Braunschweig, Germany).
11. Frontasyeva M.V., Aleksiyayenak Yu.V., Steinnes E., Florek M., Holy K., Jeskovsky M., Sykora I., Ramatlhabe I., Faanhof A., Atmospheric deposition of radionuclides in Belarus and Slovakia: 20 years after Chernobyl. Book of Abstracts, ISINN-17, 27-30 May, 2009, p. 29; Dubna; Book of Abstracts BioMAP-5, 20-24 September 2009, Buenos Aires, Argentina.
12. Furman W.I., Muzichka A.Yu., Crawford B.E., Howell C.R., Kandiev Ya., Levakov B.G., Litvin V.I., Lychagin E.V., Lyzhin A.E., Mitchell G.E., Nekhaev G.V., Sharapov E.I., Shvetsov V.N., Stephenson S.L., Strelkov A.V., Tchernukhin Yu.I., and Tornow W., Current status of the experiment on direct measurement of neutron-neutron scattering length at the reactor YAGUAR, Proceedings of the First Ulaanbaatar Conference on Nuclear Physics and Applications, AIP Conf. Proc., v.1109, p.53, 2009.
13. Gagarski A., Petrov G., Guseva I., Zavarukhina T., Gonnenwein F., Mutterer M., von Kalben J., Trzaska W., Sillanpaa M., Kopatch Yu., Tiourine G., Soldner T., Nesvizhevsky V., Detailed study of the effects following from

- rotation of the scissioning nuclei in ternary fission of ^{235}U by cold polarized neutrons ("ROT" and "TRI" effects), Proceedings of 16th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei. Dubna, June 11-14, 2008. Dubna 2009., p. 356
14. Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Stolupin V.A., Khuukhenkhuu G., Szalanski P.J., Jiaguo Zhang, Lian Guo, Hao Wu, Jinxiang Chen, Guoyou Tang, Guohui Zhang, Cross Section Measurement for the $^{147}\text{Sm}(n,\alpha)^{144}\text{Nd}$ Reaction at 5.00 and 6.00 MeV. In: Proc. of the 16 International Seminar on Interaction of Neutron with Nuclei (ISINN-16), Dubna, 2009,) E3-2009-33, p. 248-254.
 15. Goryaynova Z.I., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Pavlov D.F., Heavy metals and REE in bottom sediments and dreissenids of the Rybinsk reservoir. Proceedings of ISINN-16 (11-14 June, 2008, Dubna), pp. 5, 2009.
 16. Ignatovich V.K., Analytical calculation of the neutron spectrum for direct measurement of nn scattering at pulsed reactor yaguar, Proceeding of XVI ISINN p. 61-68, JINR Dubna 2009.
 17. Khitrov V.A., Sukhovoij A.M., Maslov V.M., Level density and radiative strength functions of the ^{237}U nucleus from the (n,γ) reaction, XVI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, June 2008, E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 164-181.
 18. Khuukhenkhuu G., Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., and Odsuren M., The Systematic Study of (n,p) Cross Sections for 18 and 20 MeV. In: Proc. of the 16 International Seminar on Interaction of Neutron with Nuclei (ISINN-16), (Dubna: JINR, 2009) E3-2009-33, p. 255-260.
 19. Korokin A., Frontasyeva M.V., Assessment of air pollution levels in urban areas by using bioindication. ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna; p. 41.
 20. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., The medium with polarized nuclei and effects of low-energy neutron refraction and reflection, Proceedings of the XVII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei -- ISINN-17 (Dubna, May 27 -30, 2009)
 21. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., Low-energy scattering of a polarized neutron on a polarized proton, Proceedings of XVI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei -- ISINN-16, JINR E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 342-349.
 22. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., Angular correlations in the decays of $\Lambda\Lambda$ and $\Lambda\bar{\Lambda}$ pairs produced in relativistic heavy ion collisions, Proceedings of the XIII International Conference on Selected Problems of Modern Physics, dedicated to the 100-th anniversary of the birth of D.I.Blokhintsev, JINR E1,2-2009-36, Dubna, 2009, pp. 192-195.
 23. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., Spin correlations of the electron and positron in the two-photon process $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$ // Proceedings of the XIII Advanced Research Workshop on High Energy Spin Physics – DSPIN-09 (Dubna, September 1 - 5, 2009) (in press)
 24. Lyuboshitz V.L., Lyuboshitz V.V., Spin correlations in the $\Lambda\Lambda$ and $\Lambda\bar{\Lambda}$ systems generated in relativistic heavy ion collisions // Proceedings of the XIII International Conference on Elastic and Diffractive Scattering – EDS-09 (Geneva, Switzerland, June 29 – July 3, 2009) (in press).
 25. Mazurkevich A.N., Piotrovsky Yu.Yu., Frontasyeva M.V., Strelkova L.P., Neutron activation analysis of ceramics dated from neolithic age. Book of Abstracts, ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p. 72.
 26. Oprea C., Oprea A.I., Sedyshev P.V., Gledenov Yu.M., Stepanenko V.A., Spectra processing in asymmetry (n,p) reactions, 2009 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).
 27. Oprea C., Gustova M.V., Maslov O.D., Belov A.G., Niculescu M., Oprea I.A., Mihul A., Nuclear and atomic methods applied for researches concerning trace element content of medicinal plants, 2009 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).
 28. Oprea C., Velichkov A., Oprea I.A., Filosofov D.V., The method of perturbation of the $\square\square$ angular correlations and HFI used for essential oil researches, authors, , 2009 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).
 29. Oprea C., Gustova M.V., Oprea I.A., A FA neural network –based approach for human exposure analysis in urban areas, 2009, 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).
 30. Oprea C., Maslov O.D., Gustova M.V., Belov A.G., Oprea I.A., Ciofu R., Mihul A., Studies concerning the influence of inorganic pollutants on the quality of agricultural soils, 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).
 31. Oprea A.I., Pirvutoiu C., Vladoiu D.N., Oprea C., Sedyshev P.V., Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., On the forward - backward effect in the (n,p) reaction on ^{35}Cl and ^{14}N , , 2009, 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).
 32. Oprea A.I., Pirvutoiu C., Vladoiu D., Oprea C.D., Sedyshev P.V., Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Evaluation of the (n,α) cross section using the Hauser – Feshbach approach for ^{64}Zn and ^{147}Sm nuclei with incident neutron energy up to some MeV, 17th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN17), FLNP - JINR, Dubna, Russia (in press).

33. Pantelica A., Culicov O., Frontasyeva M.V., Badita C.R., Călinescu I.C., Elemental concentrations in vegetable species from industrial zones in Romania determined by INAA. Book of Abstracts, Int. Conf. on Radiochemistry. Marianske Lazne, Czech Rep., 18-21 April, 2010.
34. Pantelica A., Frontasyeva M.V., Georgescu J.I., Pincovschi E., Trace element concentrations in vascular plants (tree leaves) around a fertilizer plant in Romania determined by INAA. Book of Abstracts, ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p. 53.
35. Popescu I.V., Frontasyeva M.V., Ene A., Stihi C., Gheboianu A., Culicov O., Vlaicu Dh., Comparative studies on heavy metal content of mosses used in environmental biomonitoring. International symposium on applied physics materials science, environment and health, Dunarea de Jos University of Galati, Romania, November 28-29, 2009.
23. Saitanis K., Frontasyeva M.V., Ostrovnyaya T.M., Gundorina S.F., Tzamgizos L., Ambient air monitoring with moss bag technique in the Thriassion Plain, Attika, Greece. Book of Abstracts of The 22nd Task Force Meeting UNECE ICP Vegetation (February 2-5, 2009, Braunschweig, Germany).
24. Saitanis K., Frontasyeva M.V., Steinnes E., Trace elements monitoring with moss bags in Greece. Book of Abstracts, ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p. 56; Book of Abstracts BioMAP-5, 20-24 September 2009, Buenos Aires, Argentina.
25. Shvetsov V.N., Sharapov E.I., Stephenson S.L., and Crawford B.E., Comparison of calculated and measured yields of medical isotopes produced by electron bremsstrahlung, Proceedings of the XVII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: ISINN-17, Dubna, May 27-30, 2009 (in press).
36. Spiric Z., Frontasyeva M., Stafilov T., Enimiteva V., Bukovec D., Mercury biomonitoring in Croatia, 9th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (9 ICMGP), Guiyang, China; June 7-12, 2009. www.mercury2009.org/introduction.htm - 13k
37. Steinnes E., Frontasyeva M.V., Barandovski L., Coskun M., Krmar M., Marinova S., Pavlov S.S., Spiric Z., Stafilov T., Urumov V. and Yurukova L., Assessment of trace metal air pollution in some Balkan countries based on large-scale application of moss biomonitoring. Book of Abstracts of BioMAP-5, 20-24 September 2009, Buenos Aires, Argentina.
38. Stephenson S.L., Crawford B.E., Yager-Elorriaga D.A., Pagan C.F., Sharapov E.I., Showalter-Bucher R.A., Muzichka A.Yu., Furman W.I., Lychagin E.V., Krylov A. R., Nekhaev G.V., Shvetsov V.N., and Strelkov A. V., On the gas desorption problem in the nn-experiment at the YAGUAR reactor, XVII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, ISINN-17 Abstracts, E3-2009-50, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, p. 59, 2009.
39. Sukhovoij A.M., Furman W.I., Khitrov V.A., Status and problems of experimental study of excited nucleus superfluidity. In: XVI International Seminar on interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, June 2008, E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 181-192.
40. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Parameters of distribution of the primary gamma-transition intensities following resonance neutron capture and some properties of compound nuclei ^{157,159}Gd, XVI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, June 2008, E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 192-203.
41. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Possibility of experimental determination of reliable parameters of the compound-state gamma-decay and some errors of analysis: ⁹⁶Mo as an example. XVI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, June 2008, E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 203-220.
18. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Radiative capture of thermal and resonance neutrons, main parameters of the gamma-decay process and properties of the ¹⁷⁴Yb Nucleus, XVI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, June 2008, E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 220-230.
19. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Parameters of cascade gamma-decay of compound-nuclei ¹⁴⁶Nd, ¹⁵⁶Gd, ¹⁷²Yb, ¹⁸²Ta, ¹⁸⁴W, ¹⁹¹Os, ^{231,233}Th, ²³⁹U, ²⁴⁰Pu from experimental data of reaction (n,γ). In: XVI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Dubna, June 2008, E3-2009-33, Dubna, 2009, pp. 230-237.
20. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., About nucleus "superfluid-normal" state transition dynamics, Proceedings of the 2-nd international conference "Current problems in nuclear physics and atomic energy", Part 2, Kyiv, 2009, pp. 511-515.
21. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Radiative capture of resonance and thermal neutrons, main parameters of the gamma-decay process and the properties of nucleus ¹⁷⁴Yb. Proceedings of the 2-nd international conference "Current problems in nuclear physics and atomic energy", Part 2, Kyiv, 2009, pp. 560-566.
42. Sukhovoij A.M., Furman W.I., Khitrov V.A., Precise approximation of sums of experimental radiative strength functions of dipole gamma-transition, Proceedings of the 2-nd international conference "Current problems in nuclear physics and atomic energy", Part 2, Kyiv, 2009, pp. 552-559.
43. Vesna V.A., Gledenov Yu.M., Nesvizhevsky V.V., Petukhov A.K., Sedyshev P.V., Soldner T., Shul'gina E. V., Zimmer O., Measurement of the P-odd asymmetry of γ-quanta from ¹⁰B(n,α)⁷Li*→Li(g.st.) reaction at Heightened Frequency of Neutron Polarization Switching. ISINN-16. Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics. (Dubna: JINR, 2009) E3-2009-33, 83-90

44. Tsibakhahsvili N., Mosulishvili L., Kirkesali E., Kerkenjia S., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Zinicovscaia I.I., Bode P., and van Meerten Th.G., NAA for studying detoxification of Cr and Hg by *Arthrobacter globiformis*. Book of Abstracts, Int. Conf. on Radiochemistry. Marianske Lazne, Czech Rep., 18-21 April, 2010.
45. Tsibakhahsvili N., Mosulishvili L., Kirkesali E., Kerkenjia S., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Zinicovscaia I.I., Bode P., and van Meerten Th.G., NAA for studying effects of potentially toxic metals (Cr, Hg) on *Arthrobacter globiformis*. III International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology (Fostering cross-disciplinary applied research in microbiology and microbial biotechnology). BioMicroWorld 2009 (2-4 December, 2009, Lisbon, Portugal).
46. Tsibakhashvili N., Mosulishvili L., Kirkesali E., Kalabegishvili T., Kerkenjia S., Frontasyeva M.V., Zinicovscaia I., Holman H-Y., Application of epithermal neutron activation analysis to study heavy metal interactions with indigenous bacteria. Book of Abstracts of The 12th Annual Meeting of the Israel Analytical Chemistry Society, ISRANALYTICA-12 (Tel Aviv, Izrael, 20-21 January, 2009).
47. Tsibakhashvili N., Mosulishvili L., Rcheulishvili A., Kalabegishvili T., Rcheulishvili O., Frontasyeva M.V., Kirkesali E., Zinicovscaia I., Effects of heavy metals on the chromium detoxification by *Arthrobacter* species. Book of Abstracts, ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna, p. 65.
48. Tsibakhashvili N., Mosulishvili L., Kirkesali T., Kalabegishvili T., Kerkenjia S., Frontasyeva M.V., Zinicovscaia I., Elemental content of indigenous bacteria under different chromium loadings. ISINN-17, 27-30 May, 2009, Dubna; p. 64.
49. Tyakavkin A.N., Pyatkov Yu.V., Kamanin D.V., Kopatch Yu.N., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Borzakov S.B., Voronov Yu.N., Denisov S.V., Efimov G.L., Zhuchko V.E., Kondratyev N.A., Kuznetsova E.A., Lavrova Yu.E., Mitrofanov S.V., Panteleev Ts., Salamatin V.S., Tsurin I.P., *Measuring of the fragments nuclear charges at the MINI-FOBOS spectrometer*, Proceedings of 16th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: "Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics". Dubna, June 11-14, 2008. Dubna 2009., p. 393-401,
50. Zeynalov Sh., Zeynalova O.V., Hamsch F.-J., Oberstedt S., Fabry I., DSP algorithms for fission fragment and prompt fission neutron spectroscopy, Scientific Workshop on Neutron Measurements, Theory and Applications, 28-30 April 2009 IRMM, Geel, Belgium.
51. Zeynalov Sh., Hamsch F.-J., Oberstedt S., Fabry I., Neutron emission in fission of ²⁵²Cf(sf). 4th International Workshop on Nuclear Fission and Fission Product Spectroscopy, May 13-16, 2009, CEA Cadarache, France
52. Быстрицкий В.М., Герасимов В.В., Ильгузин Д.А., Кобзев А.П., Крылов А.Р., Паржицкий С.С., Ананьин П.С., Дудкин Г.Н., Каминский В.Л., Нечаев Б.А., Падалко В.Н., Петров А.В., Быстрицкий Вит.М., Возняк Я., Филиппович М., Тулеушев Ю.Ж., Гази С., Гуран Й. Экспериментальное определение фактора усиления реакции d(d,n)³He в ZrD₂ и TiD₂ в области астрофизических энергий, 7 Международная конференция «Ядерная и радиационная физика» (Алматы, 8 – 11 сентября 2009г.)
53. Зейналова О.В., Зейналов Ш., Хамбш Ф.-Й., Оберстедт Ш., Фабри И., Спектроскопия продуктов деления ²⁵²Cf(sf) с применением цифровой обработки сигналов, Международной конференция ЯДРО-2009, Чебоксары, 15-19 июня 2009 г.
26. Зейналова О.В., Зейналов Ш., Хамбш Ф.-Й., Оберстедт Ш., Фабри И., DSP Algorithms for Fission Fragment and Prompt Fission Neutron Spectroscopy 1st International conference on applications of mathematics in technical and natural sciences, Sozopol, Bulgaria, 22-27 June, 2009

DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF ELEMENTS OF NEUTRON SPECTROMETERS FOR CONDENSED MATTER INVESTIGATIONS

1. Kulagin E.N., Kulikov S.A., Shabalin E.P., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, v.606, No 3, p.p.637-644, 2009
2. Kulikov S., Shabalin E., **Romanian Journal of Physics**, Publishing House of the Romanian Academy, v.54, No 3-4, p.p.361-367, 2009
3. Manoshin S.A., Belushkin A.V. et al., **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research (Section A)**, V., 608, 3, 447-453, 2009.
4. Булавин М.В., Кулагин Е.Н., Куликов С.А., Мухин К.А., Шабалин Д.Е., Шабалин Е.П., **Сообщение ОИЯИ Р13-2009-72**, Дубна, 2009 г.

Reports at Schools and Conferences

1. Bruckel T., Voigt J., Ioffe A., Manoshin S., Diffractometer for non-equilibrium states of condensed matter. International Conference on Neutron Scattering, May 5-7, 2009, Knoxville, USA, Book of abstracts.
2. Kirilov A.S., Murashkevich S.M., Okulov R.Yu., Petukhova T.B., Development of the remote control of the spectrometers on the IBR-2M reactor, XXII International Symposium on Nuclear Electronics & Computing, Sept. 7-14, Varna, Bulgaria, Book of abstracts, p.34.

3. Kirilov A.S., Murashkevich S.M., Okulov R.Yu., Petukhova T.B., An Arrangement of the Remote Control of Spectrometers on the IBR-2M Reactor, *Instruments and Experimental Techniques*, v.52, No. 1, pp. 37–42.
4. Manoshin S., Kulikov S., Belushkin A., Zhuravlev V., Ioffe A., Vites software package: simulations of neutron instruments, XXII International Symposium on Nuclear Electronics & Computing, Sept. 7-14, Varna, Bulgaria, Book of abstracts, p.25.
5. Nikul'nikov A.V., Sirotin A.P., Zhuravlev V.V., Control systems of neutron beam choppers at the physical instruments of the IBR-2 reactor, XXII International Symposium on Nuclear Electronics & Computing, Sept. 7-14, Varna, Bulgaria, Book of abstracts, p.47.
6. Черников А.Н., Буздавин А.П., Журавлев В.В., Рем Кван Чол, Глазков В.П., Шахтный криостат для охлаждения камер высокого давления с алмазными и сапфировыми наковальнями. VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучение, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов" РСНЭ_НБИК 2009, 16-21 ноября, Тезисы Докладов, ИК РАН, РИЦ КИ, Москва, стр. 619 (будет опубликовано в журнале "Поверхность").

6. PRIZES

State Prize of the Government of the Republic of Macedonia

M.V.Frontasyeva, L.P.Strelkova, Geochemical Atlas of Veles and Environs

Annual European High Pressure Research Group Award

D. Kozlenko, Pressure-induced phenomena in complex manganese and cobalt oxides: tuning of magnetic, charge, orbital ordering and spin states

JINR 2009 prizes

Experimental physics research:

II prize

D.P.Kozlenko, B.N.Savenko, S.E.Kichanov, E.V.Lukin

Magnetic, charge and orbital ordering in complex manganese oxides $R_{1-x}A_xMnO_{3-d}$ at high pressures

Scientific and technical applied research:

II prizes

M.V.Rodkin, A.N.Nikitin, R.N.Vasin

Seismotectonic effects of solid state transformations in geomaterials

E.V. Lychagin, A.Y.Muzychka, V.V.Nesvizhevsky, G.V.Nekhaev, G.Pignol, K.V.Protasov, A.V.Strelkov

Investigation of coherent scattering of slow neutrons on the nano-particles and the creation of a neutron bottle for cold neutrons

Encouraging prizes

M.V.Frontasyeva, S.S.Pavlov, O.A.Culicov, O.Duliu, C.Cristache, M.Toma

Neutron activation analysis for geological studies in Romania

7. SEMINARS

Date	Authors	Title
10.03.2009	<i>E.G.Batyrbekov</i> (National Nuclear Centre of the Republic of Kazakhstan)	In-reactor nuclear-excited sources of coherent and non-coherent optical radiation with direct and combined pumping
03.04.2009	<i>Acad. V.M.Buznik</i> Innovation Technology Center, RAS «Chernogolovka»)	Fluoropolymer nanomaterials
24.12.2009	<i>M.I.Mokrousov</i> (researcher, Space Research Institute, RAS) <i>A.A.Vostrukhin</i> (engineer, Space Research Institute, RAS) <i>A.V.Malakhov</i> (engineer, Space Research Institute, RAS)	Development of scientific equipment for nuclear-physical space experiments Methods of design and development of software of equipment for scientific space experiments in nuclear planetology Ground-based complex for nuclear-physical space experiments

8. ORGANIZATION AND USER INTERACTION

8.1. STRUCTURE OF LABORATORY AND SCIENTIFIC DEPARTMENTS

Directorate:

Director:
A.V.Belushkin
Deputy Director:
V.N.Shvetsov
Deputy Director:
Deleg Sangaa
Scientific Secretary:
O.A.Culicov

Reactor and Technical Departments

Chief engineer: A.V.Vinogradov

IBR-2 reactor

Chief engineer: A.V.Dolgikh

Department of IREN

Head: V.G.Pyataev

Mechanical maintenance division

Head: A.A.Belyakov

Electrical engineering department

Head: V.A.Trepalin

Design bureau

Head: A.A.Kustov

Experimental workshops

Head: A.N.Kuznetsov

Scientific Departments and Sectors

Condensed matter department

Head: D.P.Kozlenko

Nuclear physics department

Head: Yu.N.Kopatch

Department of IBR-2 spectrometers complex

Head: S.A.Kulikov

Administrative Services

Deputy Director: S.V.Kozenkov

Secretariat

Finances

Personnel

Scientific Secretary Group

Translation

Graphics

Artwork

NEUTRON SCATTERING STUDIES OF CONDENSED MATTER

Sub-Division	Title	Head
Sector 1: Neutron Diffraction. Head: A.M. Balagurov		
Group No.1	HRFD	A.M.Balagurov
Group No.2	DN-2	A.I.Beskrovnyi
Group No.3	DN-12	B.N.Savenko
Group No.4	Geomaterials	A.N.Nikitin
Group No.5	SCAT	Ch.Scheffzük
Sector 2: Neutron Optics. Head: M.V. Avdeev		
Group No.1	Surfaces	Yu.V.Nikitenko
Group No.2	Nanostructures	M.V.Avdeev
Small angle scattering group.		Head: A.I. Kuklin
Inelastic scattering group.		Head: I.Natkaniec

NUCLEAR PHYSICS DEPARTMENT

Sub-Division	Title	Head
Sector 1. Correlation γ-spectroscopy and development of experimental installations.		
		Head: N.A.Gundorin
Sector 2. Investigation of neutron properties		Head: Ye.V. Lychagin
Sector 3. Neutron activation analysis.		Head: M.V.Frontasyeva
Group No.1	Analytical	M.V.Frontasyeva
Group No.2	Experimental	S.S.Pavlov
Group No.4	Fission	Yu.N.Kopatch
Group No.5	Proton and α-decay	Yu.M.Gledenov
Group No.6	Polarized neutrons and nuclei	V. P. Skoy

DEPARTMENT OF IBR-2 SPECTROMETERS COMPLEX

Sub-Division	Title	Head
Group No.1	Detectors	A.V. Churakov
Group No.2	Electronics	A.A. Bogdzal
Group No.3	Information technologies	A.S. Kirilov
Group No.4	Sample environment and choppers	A.P. Sirotin
Group No.5	Cryogenic investigations	A.N. Chernikov
Group No.6	Methodical developments	-
Group No.7	Cold moderators	S.A. Kulikov

8.2. MEETINGS AND CONFERENCES

In 2009, FLNP organized the following meetings:

1. XVII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: «Fundamental Interactions & Neutrons, Nuclear Structure, Ultra cold Neutrons, Related Topics» (ISINN-17), Dubna, May 25-29.
2. II Advanced Courses of CIS Countries for young researchers, Ph.D. students and graduate students on modern methods in investigations of nanosystems and materials Synchrotron and Neutron Investigation of Nanosystems (SYN NANO), Moscow – Dubna, June 28 – July 13.
3. All-Russian Neutron School for Young Scientists and Students "Modern Neutron Diffraction Studies: Interdisciplinary Research of Nanosystems and Materials", Dubna, October 12-20.

In the year 2010, FLNP will organize the following meetings:

1. XVIII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: «Fundamental Interactions & Neutrons, Nuclear Structure, Ultra cold Neutrons, Related Topics» (ISINN-18), Dubna, May 19-22.
2. III Higher Courses of CIS for young scientists, post-graduate and graduate students on advanced methods of research in nanosystems and materials "Synchrotron and Neutron Investigations of Nanosystems (SYN-nano-2010).
3. All-Russian Scientific School for Young Scientists and Students "Modern Neutron Diffraction Studies: Interdisciplinary Research of Nanosystems and Materials" (if a grant of the Russian Ministry of education and science will be available).
4. Anniversary workshop "50 years from the IBR-1 reactor's start-up".

8.3. EDUCATION

The objective of the FLNP educational program is the training of specialists in the field of neutron methods for condensed matter and nuclear physics research. The students of the Neutron Diffraction Department of MSU, of the Interfaculty Center «Structure of Matter and New Materials» and of the Electronics and Automatics Department of MIREA (Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics and Automatics) perform their term and diploma works in FLNP.

At the JINR University Centre the students from Tula State University, Tver State University and other universities of Russia and JINR Member States (Czech Republic, Slovakia, Romania, Poland) and Associated countries (Egypt, South Africa) write their term papers and do summer practical work in FLNP.

Two scientific schools for advanced training of young scientists were organized in the Frank Laboratory of Neutron Physics in 2009: the II Advanced Courses of CIS Countries for young researchers, Ph.D. students and graduate students on modern methods in investigations of nanosystems and materials "Synchrotron and Neutron Investigation of Nanosystems" (SYN-NANO-2009) (June 28 – July 13, 2009, Moscow – Dubna) and the all-Russian Neutron School for Young Scientists and Students "Modern Neutron Diffraction Studies: Interdisciplinary Research of Nanosystems and Materials" (October 12-20, 2009, Dubna). Participants the Schools had ample opportunity to establish new scientific contacts with other researchers to enrich their experimental ideas with new research methods. During the guided excursion to the IBR-2 high-flux pulsed reactor, the participants became familiar with this unique facility and the variety of neutron-scattering investigations carried out at FLNP. The Schools were not confined only to the lectures and practical laboratory work. The participants were encouraged to present their own investigations in poster sessions, being held every working day of the Schools.

These Schools continued the tradition of the FLNP Schools for young scientists devoted to the fundamental and applied aspects of neutron research in the fields of condensed-matter physics, materials science and related topics.

8.4. COOPERATION

List of Visitors from Non-Member States of JINR in 2009

Name	Country	Dates
Hans Jochen Lauter	France	23.01.-31.01
Valeriya Lauter	USA	23.01.-31.01
Klaus Ullemaer	Germany	01.02-14.02
Kristina Holderna-Natkanec	Poland	03.02-22.02
Matei Florek	Slovakia	06.02-17.02
Klaus Ullemaier	Germany	08.02-14.02
Deleg Sangaa	Mongolia	15.02-22.02
Aleksandr Frishbutter	Germany	17.02-27.02
Kurt Valter	Germany	17.02-27.02
Batjargal Bombor	Mongolia	15.03-20.03
Klaus Ullemaier	Germany	15.04-25.04
Aleksandru Dobrin	Sweden	04.05-07.05
Yurgen Schraiber	Germany	22.05-25.05
Gohuei Chjan	China	25.05-06.06
Aleksandr Ponomarev	Ukraine	28.05-30.05
Tomas Vilpert	Germany	03.06-11.06
Eiliv Staines	Norway	11.06-18.06
Sergei Korneev	Byelorussia	15.06-28.06
Andrei Potapenko	Byelorussia	15.06-28.06
Anastasiya Safronova	Byelorussia	15.06-28.06
Igor Zhuk	Byelorussia	15.06-28.06
Karol Ondriash	Slovakia	23.06-30.06
Ihab Abdel-Latif El Saied	Egypt	24.06-30.06
Sergei Snegir	Ukraine	28.06-05.07
Miroslav Kulik	Poland	07.07-22.07
Pavel Shalanski	Poland	11.07-23.08
Kristina Holderna-Natkanec	Poland	03.08-23.08
Klaus Ullemaier	Germany	12.08-22.08
Holger Titze-Yensch	Germany	13.08-16.08
Angel Angelov	Bulgaria	02.09-03.09
Eji Yanik	Poland	13.09-20.09
Kurt Valter	Germany	14.09-19.09
Aleksandr Frishbutter	Germany	14.09-19.09
Klaus Ullemaier	Germany	11.10-17.10
Oktavian George Dului	Romania	02.11-25.11
Yuzef Andjeevski	Poland	08.11-15.11
Marian Kuruya	Romania	23.11-25.11
Shandor Takach	Hungary	29.11-12.12
Zoltan Syuch	Hungary	29.11-12.12
David Yansen	SAR	29.11-12.12
Gergi Rasheshevski	Bulgaria	30.11-06.12
Dariush Monchka	Poland	30.11-12.12
Shagdarin Chadraabal	Mongolia	06.12-13.12
Anka Irina Geboianu	Romania	07.12-14.12
Ioana Daniela Dulama	Romania	07.12-14.12
Dumitru Gabriel Dima	Romania	07.12-14.12
Antoaneta Ene	Romania	07.12-14.12
Klaus Ullemaier	Germany	12.01.10-22.01.10
Stanislav Vratislav	Czech Rep.	14.01.10-22.01.10
Maiya Dlouga	Czech Rep.	14.01.10-22.01.10

8.5. PERSONNEL

Distribution of the Personnel per Department as of 31.12.2009

Theme	Departments	Main staff
-1036-	Nuclear Physics Department	42
-1031-	Condensed Matter Physics Department	37,75
-1052-	IBR-2 Spectrometers Complex Department	37,55
-0993-	IREN Department	12
-0851-	IBR-2 Department	48
	Mechanical and Technical Department	45
	Electric and Technical Department	29
	Central Experimental Workshops	38
	Nuclear Safety Group	2,7
	Design Bureau	5
	<u>FLNP infrastructure:</u>	
	Directorate	8,5
	Services and Management Department	26,5
	Scientific Secretary Group	3,5
	Supplies Group	4,5
Total		340

Personnel of the Directorate as of 31.12.2009

Country	People
Armenia	1
Bulgaria	2
Moldova	1
Germany	2
Georgia	2
KPDR	7
Azerbaijan	2
Mongolia	4
Poland	4
Romania	6
Russia	21
China	1
Ukraine	8
TOTAL	61

8.6. FINANCE

Financing of the FLNP Scientific Research Plan in 2009 (th. USD)

No.	Theme	Financing plan, \$ th.	Expenditures For 12 months, \$ th.	In % of FLNP Budget
I	Condensed matter physics	7671,9	6207,1	80,9
	-1069-	1906,5	1733,0	90,9
	-0851-	4617,2	3609,2	78,2
	-1075-	1148,2	864,9	75,3
II	Neutron nuclear physics			
	-1036-	2045,9	1783,4	87,2
	TOTAL:	9717,8	7990,5	82,2