



## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Мы хотели бы предложить вниманию читателей научный отчет Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка за 2014 год. Первая часть отчета содержит краткий обзор результатов экспериментальных и теоретических работ по главным научным направлениям Лаборатории – физика конденсированных сред, нейтронная ядерная физика, прикладные исследования и разработка и создание элементов нейтронных спектрометров для исследования конденсированных сред. Вторая часть включает в себя отчеты по работе импульсного реактора ИБР-2 и установки ЭГ-5 и развитию нейтронного источника ИРЕН. Представлены также список публикаций за 2014 г., информация о семинарах и конференциях, организованных в ЛНФ, и данные о структуре персонала ЛНФ. В последней части содержатся экспериментальные отчеты, более подробно освещающие ряд основных направлений исследований, проводящихся в Лаборатории.

В 2014 главными достижениями Лаборатории являются:

- успешное проведение пользовательской программы на спектрометрах ИБР-2;
- создание полномасштабного стенда для криогенного шарикового замедлителя центральной направлений реактора ИРБ-2 и успешное проведение исследования возможности загрузки замедляющего материала.

В 2014 году реактор ИБР-2 проработал на физический эксперимент 2492 часа, ИРЕН 1358 часов и ЭГ-5 665 часов.

Лаборатория имеет соглашения о сотрудничестве в области нейтронных исследований более чем с 200 научными институтами и университетами из 42 стран мира. Существенный вклад в это сотрудничество вносят страны-участницы ОИЯИ.

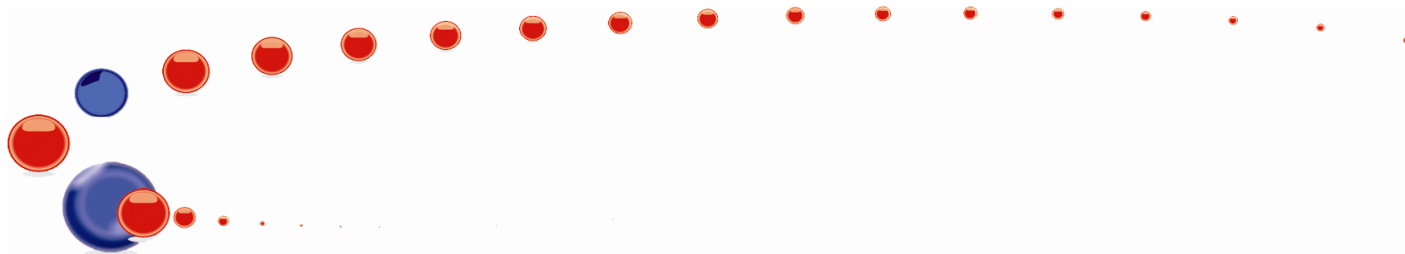
В ЛНФ трудятся более 450 сотрудников. В научном штате Лаборатории состоят 71 кандидат и 19 докторов наук. В лаборатории работают 64 сотрудника из стран-участниц ОИЯИ (помимо Российской Федерации), из них более двух третей моложе 35 лет.

Организация ежегодных конференций и школ по тематике Лаборатории помогает привлечь на работу молодых специалистов, что является одной из приоритетных задач дирекции ЛНФ.

Можно с уверенностью сказать, что Лаборатория продолжает успешное и динамичное развитие, выполняя научные исследования в интересах стран-участниц ОИЯИ.



**В.Н. Швецов**  
**Директор**



Члены дирекции Лаборатории нейтронной физики им.И.М. Франка:

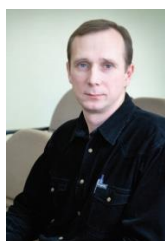


**ШВЕЦОВ**  
Валерий  
*Николаевич*  
Директор  
с 2013

**Заместители директора по научной работе**



**КУЛИКОВ**  
*Отилия*  
*Ана*  
с 2013



**ЛЫЧАГИН**  
*Егор*  
*Валерьевич*  
с 2013



**КУЧЕРКА**  
*Норберт*  
с 2014



**КОЗЕНКОВ**  
Сергей  
Вячеславович  
**Заместитель директора  
по общим вопросам**  
с 1989



**ВИНОГРАДОВ**  
*Александр*  
*Витальевич*  
**Главный инженер**  
с 2007



**ХУДОБА**  
*Дорота*  
*Марта*  
**Ученый секретарь**  
с 2013

# 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Основные цели исследований по теме состояли в изучении структуры, динамики и микроскопических свойств наносистем и новых материалов, интересных с точки зрения фундаментальных исследований, или 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.

Основная часть научных экспериментальных работ проводилась на базе комплекса спектрометров модернизированного реактора ИБР-2 в соответствии с ПТП ОИЯИ и пользовательской программой ЛНФ. Также по некоторым научным задачам работа проводилась в нейтронных и синхротронных центрах в России и за рубежом согласно существующим соглашениям о сотрудничестве, а также в соответствии с принятыми заявками на эксперимент. Также проводились работы по модернизации существующих и созданию новых спектрометров в соответствии с планами развития комплекса спектрометров реактора ИБР-2. Основное внимание было уделено реализации первоприоритетных задач - созданию нового дифрактометра для исследования микрообразцов ДН-6 и многофункционального рефлектометра ГРЭЙНС.

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 НИЦ КИ, ПИЯФ, ГНЦ РФ ФЭИ, МГУ, ИФМ УрО РАН, 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.

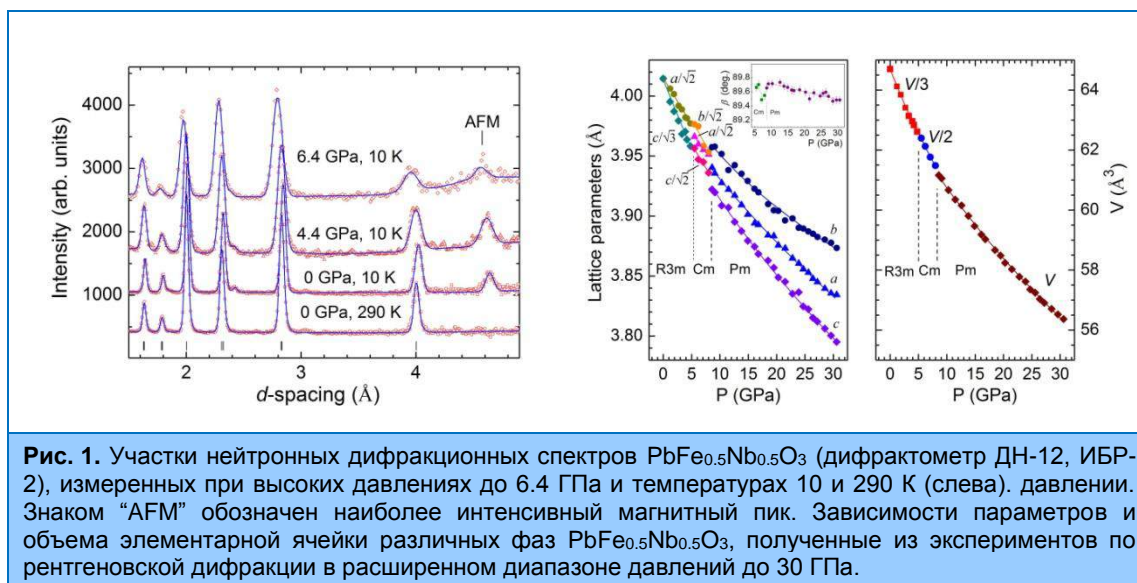
### I. Научные результаты

**Структурные исследования новых оксидных и наноструктурированных материалов.**

Проведено исследование кристаллической, магнитной структуры и колебательных спектров мультиферроика-релаксора  $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$  методами нейтронной дифракции, рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии в диапазоне высоких давлений 0 – 30 ГПа и температур 10 – 300 К, [1] (рис. 1). С повышением давления в данном соединении

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

наблюдалось два последовательных структурных фазовых перехода из исходной полярной ромбоэдрической фазы R3m в полярные моноклинные фазы Cm и Pm при  $P = 5.5$  и  $8.5$  ГПа, соответственно. Антиферромагнитное упорядочение G-типа остается стабильным в исследуемом диапазоне давлений и температура Нееля возрастает с барическим коэффициентом  $(1/T_N)dT_N/dP = 0.012 \text{ GPa}^{-1}$ . Существование полярных фаз высокого давления в сочетании с магнитным упорядочением, характеризующимся ростом  $T_N$  в  $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$  предполагает стабильность магнитоэлектрического эффекта и является уникальным явлением, резко контрастирующим с общей тенденцией к подавлению полярных фаз и/или магнитоэлектрической связи в большинстве обычных оксидных мультиферроиков при воздействии давления.

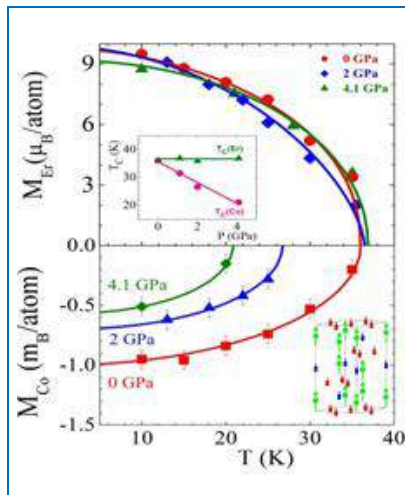


Проведено исследование атомной и магнитной структуры интерметаллидов кобальта  $\text{RCO}_2$  с помощью дифракции нейтронов в диапазоне высоких давлений 0 – 4 ГПа и температуры 10 – 300 К [2, 3]. Данные соединения на протяжении многих лет рассматривались как модельные системы, демонстрирующие явление зонного электронного метамагнетизма (ЗЭМ). Данное явление заключается в появлении намагниченности подрешетки переходного металла как отклика на воздействие магнитного поля подрешетки редкоземельного металла в интерметаллидах. В ходе экспериментов установлено, что концепция ЗЭМ справедлива для соединений с достаточно высокими температурами магнитного упорядочения  $T_C \sim 150\text{-}200$  К ( $R = \text{Tb}, \text{Ho}$ ), но она не может описать магнитные свойства соединений с небольшими значениями  $T_C \sim 30\text{-}40$  К. На примере  $\text{ErCo}_2$  показано несогласованное поведение намагниченностей Er и Co подрешеток и подавление магнетизма Co подрешетки при стабильных магнитных свойствах Er подрешетки под давлением (**рис. 2**). Полученные результаты в сочетании с теоретическими расчетами указывают на необходимость уточнения концепции ЗЭМ с учетом особенностей электронной структуры соединений  $\text{RCO}_2$ .

Проведены исследования особенностей структурного строения перспективных высоковольтных катодных материалов на основе  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4 - \text{LiNi}_{0.5-x}\text{Mn}_{1.5-y}\text{M}_{x+y}\text{O}_4$  ( $M = \text{Co}, \text{Cr}, \text{Ti}, \text{Al}, \text{Mg}; x+y=0.05$ ), синтезированных в Институте химии и механохимии Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск) с целью улучшения электрохимических свойств. Незамещенный  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  характеризуется высоким потенциалом (4.7 В), соответствующим плоскому плато на зарядно-разрядной характеристике при средней емкости 120 mAh/g, что

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

значительно увеличивает удельную запасенную энергию аккумулятора по сравнению с другими материалами ( $\text{LiCoO}_2 \sim 3.8$  В,  $\text{LiFePO}_4 \sim 3.2$  В при аналогичной емкости).



**Рис. 2.** Температурные зависимости намагниченностей Eg и Co подрешеток в  $\text{EgCo}_2$  при различных давлениях, иллюстрирующие их независимое поведение, выходящее за рамки концепции ЗЭМ. На вставках показаны барические зависимости температур Кюри Eg и Co подрешеток и характер магнитного упорядочения в этих соединениях.

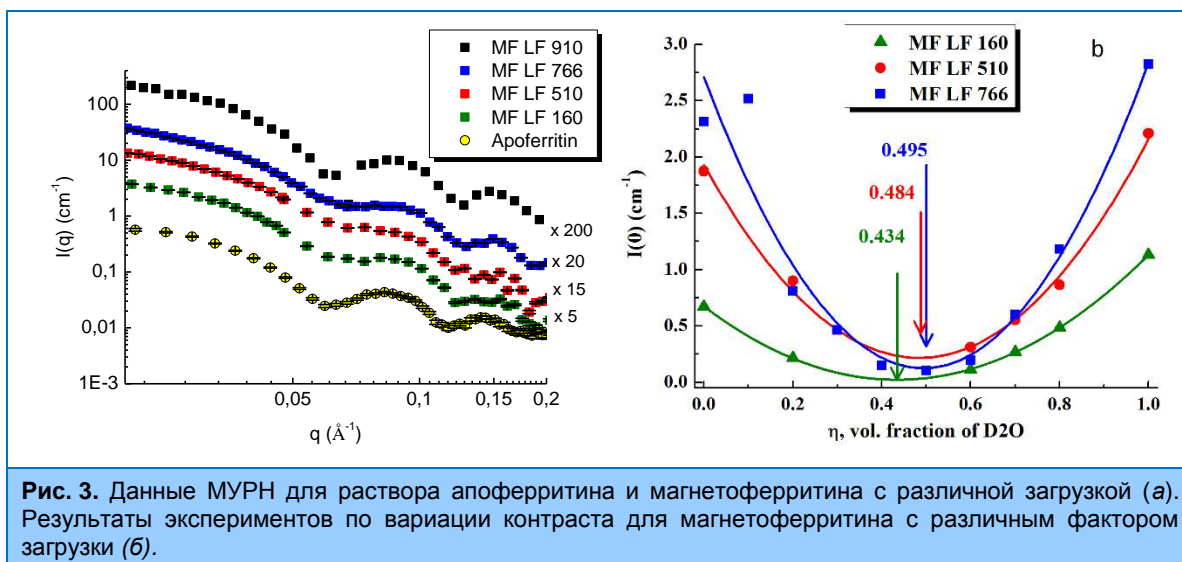
В зависимости от методики синтеза  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  может иметь либо примитивную кубическую структуру симметрии  $P4_332$  с упорядоченным расположением катионов (при этом температура синтеза не должна превышать  $700^\circ\text{C}$ ) либо гранецентрированную кубическую структуру симметрии  $Fd-3m$  и разупорядоченным расположением катионов (формируется при температурах более  $800^\circ\text{C}$ ). Из-за структурных трансформаций во время циклирования соединения  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  с пространственной группой  $P4_332$  показывает худшее электрохимическое поведение, чем  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  со структурой  $Fd-3m$ . Образцы для исследования были синтезированы при  $T < 800^\circ\text{C}$  с помощью малого замещения катионов Ni и Mn на другие переходные металлы и процедуры механоактивации смеси реагентов в планетарной мельнице. В результате обработки полученных нейтронных дифракционных спектров с помощью метода Ритвельда выяснилось, что все исследованные образцы имеют двухфазную структуру, где основной является фаза пр. гр.  $Fd-3m$ , дополнительная фаза с пр. гр.  $P4_332$  составляет от 1 до 20% в зависимости от добавляемого металла и температуры синтеза. Было обнаружено, что ионы добавляемого металла преимущественно замещают позицию Ni, что в свою очередь вызывает выпадение примесной фазы NiO в небольшом количестве (1-2%). Средний размер блоков составил 70-80 нм для образцов, синтезированных при  $700^\circ\text{C}$ , и 100-150 нм для образцов, синтезированных при  $800^\circ\text{C}$ . Большие микродеформации обнаружены, как и ожидалось, наоборот больше в образцах с меньшей температурой синтеза.

### Исследования магнитных жидкостей и наночастиц.

Продолжено исследование влияния загрузки магнитных наночастиц на структуру белковой оболочки магнетоферритина (синтетический биологический комплекс апоферритина с различным содержанием магнитного материала в белковой полости) в широком диапазоне фактора загрузки LF (число атомов железа на комплекс) магнитного материала [4,5]. Увеличение магнитной загрузки до  $\text{LF}=910$  приводит к нарушению стабильности растворов и частичному выпадению раствора в осадок. При этом сигнал малоуглового рассеяния нейтронов (МУРН) от надосадочного раствора имеет вид, характерный для чистого апоферритина (**рис.3а**). Результаты экспериментов по вариации контраста (**рис.3б**) показали смещение с ростом LF эффективной точки компенсации комплекса и увеличение в ней остаточного рассеяния, что связано с увеличением структурной полидисперсности системы. Как результат, наблюдается существенно большая (в сравнение с расчетным) относительная

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

доля магнитного материала в комплексе, которая растет с ростом загрузочного фактора, что указывает на частичное разрушение оболочки апоферритина. Работа выполнялась в сотрудничестве с Институтом экспериментальной физики Словацкой Академии Наук (Кошице, Словакия) и Физическим факультетом Киевского Национального Университета им. Тараса Шевченко (Киев, Украина).

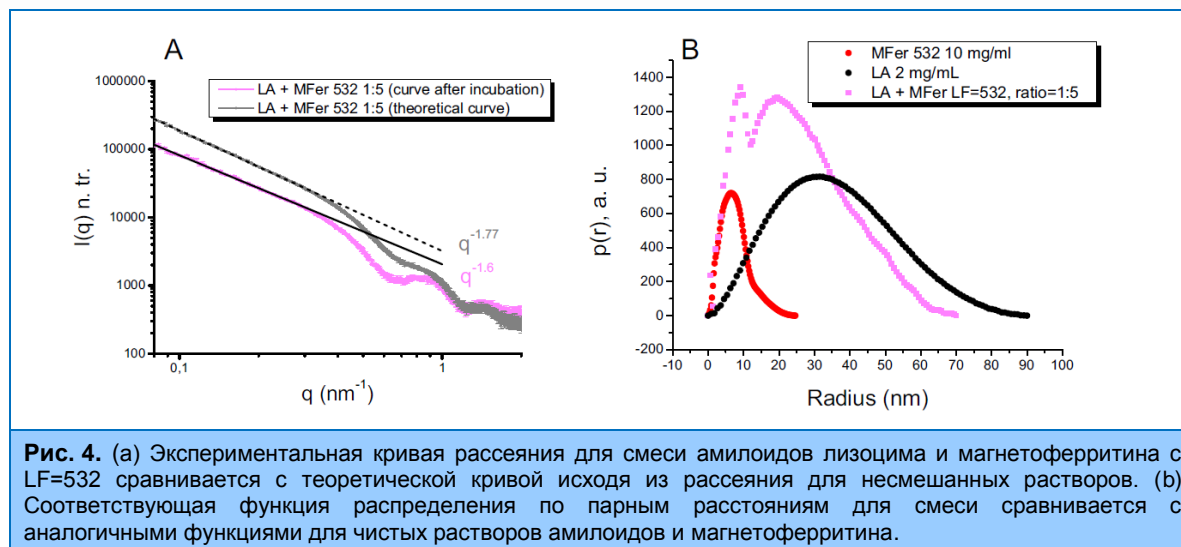


**Рис. 3.** Данные МУРН для раствора апоферритина и магнетоферритина с различной загрузкой (а). Результаты экспериментов по вариации контраста для магнетоферритина с различным фактором загрузки (б).

В рамках комплексного исследования влияния наночастиц на биологические макромолекулы в растворах проведен анализ данных малоуглового рассеяния синхротронного излучения (МУРР) для смесей фибриллярных амилоидных агрегатов белка лизоцим (яичный белок) с магнетоферритином. Из экспериментов по МУРР (рис. 4) и флюоресценции было выявлено, что добавление магнетоферритина в амилоидные растворы лизоцима приводит к уменьшению амилоидной агрегации белков [6]. Найденные из данных МУРР функции распределения по парным расстояниям (рис. 4) строго указывают на уменьшение размера амилоидных агрегатов в смеси с магнетоферритиновым комплексом. Получено, что эффект более выражен для больших загрузок магнитного материала. Работа выполнялась в сотрудничестве с Институтом экспериментальной физики Словацкой Академии Наук (Кошице, Словакия), Гельмогольц-центром Геестхахта (Геестхахт, Германия) и Физическим факультетом Киевского Национального Университета им. Тараса Шевченко (Киев, Украина).

В рамках изучения обнаруженного ранее эффекта реорганизации магнитных наночастиц при добавлении биосовместимого полимера полиэтиленгликоль (ПЭГ) в водные магнитные жидкости, стабилизированные олеатом натрия, проведено детальное изучение водных мицеллярных растворов олеата натрия и их смесей с ПЭГ. Данные МУРН обнаруживают изменения структуры и взаимодействия между мицеллами олеата натрия при добавлении ПЭГ. Показано, что структурные свойства чистых водных растворов олеата натрия соответствует типичному поведению мицелл с зарядом и характеризуется переходом от сферических к цилиндрическим мицеллам при 2% содержании олеата натрия в системе. Получены структурные параметры мицелл и параметры взаимодействия в мицеллярных растворах олеата натрия без и с добавлением ПЭГ в систему. При малых добавках ПЭГ (порядка 2%) обнаружено уменьшение агрегационного числа мицелл и изменение степени роста числа агрегации от концентрации поверхностно-активного вещества в растворе.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**Рис. 4.** (а) Экспериментальная кривая рассеяния для смеси амилоидов лизоцима и магнетоферритина с LF=532 сравнивается с теоретической кривой исходя из рассеяния для несмешанных растворов. (б) Соответствующая функция распределения по парным расстояниям для смеси сравнивается с аналогичными функциями для чистых растворов амилоидов и магнетоферритина.

При большом содержании ПЭГ (около 10%) проявляется экранировка межмицеллярного взаимодействия в системе, что объясняется эффективным покрытием поверхности мицелл полимером [7]. Работа выполнялась в сотрудничестве с Гельмогольц-центром Геестхакта (Геестхакт, Германия), Институтом экспериментальной физики Словацкой Академии Наук (Кошице, Словакия) и Физическим факультетом Киевского Национального Университета им. Тараса Шевченко (Киев, Украина)

### Исследование углеродных наноматериалов.

В рамках развития синтеза биоактивных производных фуллеренов проведены комплексные исследования (атомно-силовая микроскопия (АСМ), малоугловое рассеяние нейтронов и инфракрасная спектроскопия) водных коллоидных растворов фуллерена C60, полученных с помощью различных методик. Показано, что наряду с мономерами C60 (размер порядка 0.7 нм) в растворах присутствуют сферические агрегаты с размерами в широком диапазоне 2-50 нм. Из анализа данных МУРН (рис. 5) получены размерные характеристики (радиус инерции и максимальный размер) агрегатов в объемных растворах спустя три и шесть месяцев после приготовления, которые находятся в хорошем согласии с данными АСМ для высушиваемых образцов. Для выявления возможных дополнительных связей в водных растворах фуллерена проведены эксперименты по инфракрасной спектроскопии. На спектрах выявлены дополнительные пики, которые соответствуют O-H, C-OH и C-O связям. Данный факт указывает на то, что на поверхности фуллерена и их кластеров присутствует гидроксильная оболочка, обеспечивающая стабилизацию растворов [8]. Работа выполнялась совместно с Киевским Национальным Университетом им. Тараса Шевченко (Киев, Украина).

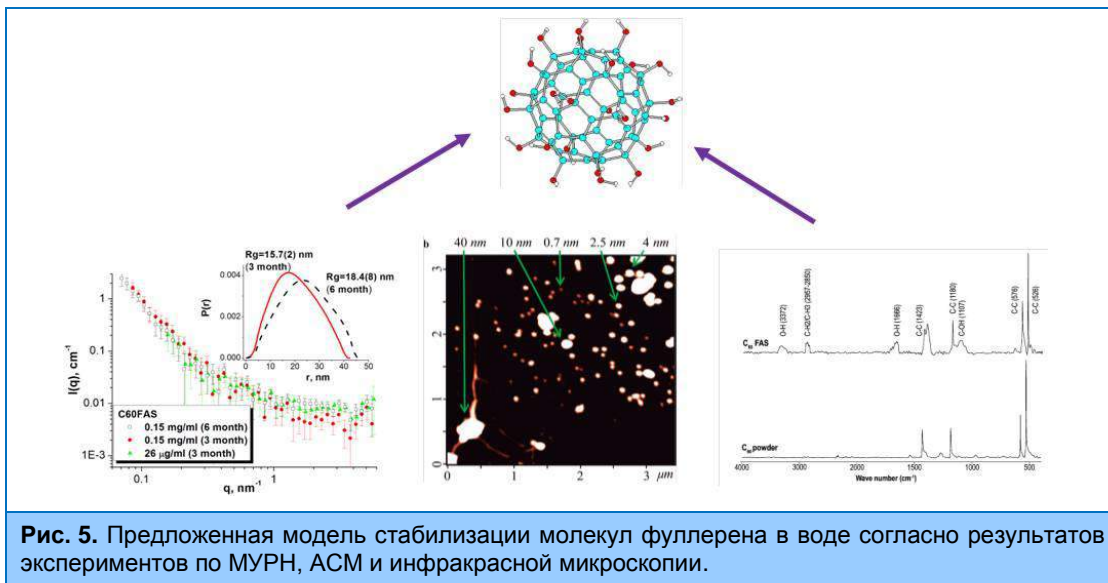


Рис. 5. Предложенная модель стабилизации молекул фуллерена в воде согласно результатам экспериментов по МУРН, АСМ и инфракрасной микроскопии.

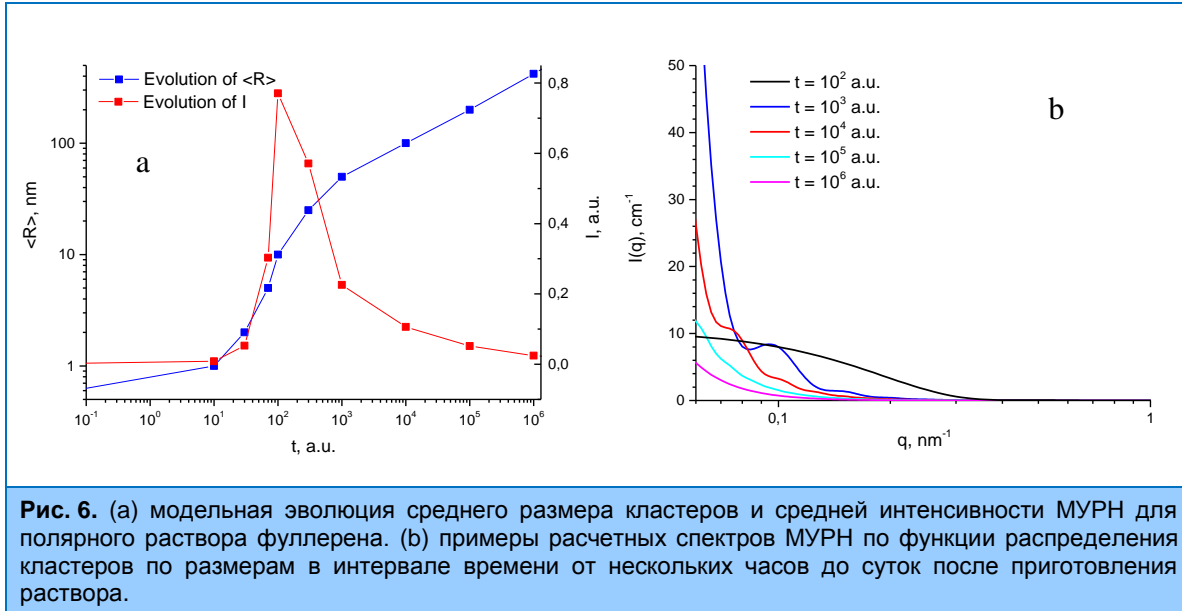
В рамках структурных исследований наноалмазов была развита и апробирована на практике общая теория малоуглового рассеяния на сферических наночастицах с диффузной поверхностью [9]. Рассмотрено приближение малой диффузности и большой ширины диффузного слоя, что наблюдается в экспериментах МУРН на детонационных наноалмазах. Получены выражения для определения параметров функции распределения частиц по размерам в логнормальном приближении. Рассмотрены зависимости инвариантов рассеяния в зависимости от плотности длины рассеяния растворителя в рамках экспериментов по вариации контраста на жидких дисперсиях такого рода частиц. Теоретические результаты использованы в анализе данных МУРН на кластерных растворах детонационных наноалмазов в воде и диметилсульфоксиде от разных производителей. Получено полное соответствие с предсказываемым поведением инвариантов рассеяния в области изменения контраста. Подтверждено наличие в составе детонационных наноалмазов переходной оболочки от алмаза к графиту в виде специфической степенной зависимости в терминах усредненной радиальной плотности. Работа выполнялась совместно с Физико-техническим институтом имени А.Ф.Иоффе (Санкт-Петербург, РФ), Гельмогольц-центром Геестхахта (Геестхахт, Германия), Исследовательским институтом Нанюглерода (Нагано, Япония) и Физическим факультетом Киевского Национального Университета им. Тараса Шевченко (Киев, Украина).

Продолжена работа по моделированию кинетики образования и роста кластеров в растворах фуллерена  $C_{60}$ . В рамках экстраполяции численных решений кинетических уравнений по времени, получена первая оценка эволюции функции распределения кластеров по размерам  $f(R,t)$  для насыщенного полярного раствора  $C_{60}$  для интервала в семь суток. На основании полученных данных выполнен расчет кривых МУРН на растворе для разных временных интервалов. Показано, что по данным модельных расчетов наибольшая интенсивность МУРН будет наблюдаться в интервале от нескольких часов до одних суток с момента приготовления раствора (рис. 6). Обсуждается точность полученных оценок и возможности проведения более качественных расчетов для конкретных систем. Перспективы данных исследований связаны с применением новых уравнений и методом баланса популяций (РВЕ). Для приложения данного подхода продолжено решение модельных задач методом дискретизации с динамической сеткой, что позволяет выполнять расчеты на длительных интервалах времени эволюции системы. В дополнение к случаям чистого распада и чистой агрегации частиц рассмотрена модель наличия в системе обоих процессов, в качестве



# 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

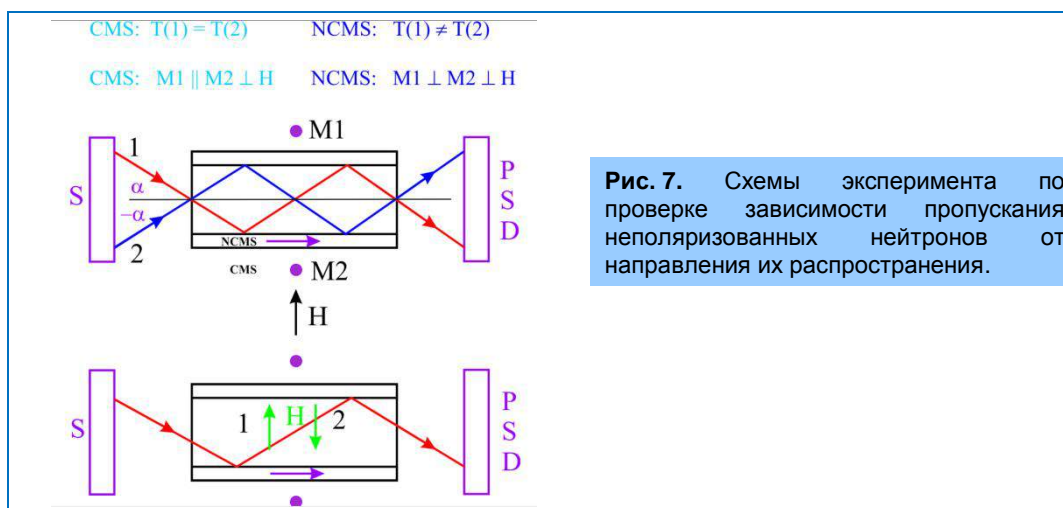
исходных «ядер» взаимодействия использовались математически простые ядра (константа, сумма и проч.).



**Рис. 6.** (а) модельная эволюция среднего размера кластеров и средней интенсивности МУРН для полярного раствора фуллерена. (б) примеры расчетных спектров МУРН по функции распределения кластеров по размерам в интервале времени от нескольких часов до суток после приготовления раствора.

## Исследование слоистых наноструктур

На рефлектометре РЕМУР проведено исследование невзаимного прохождения нейтронов через некомпланарную магнитную систему (NCMS) [10]. Новая генерация элементов спинтроники основана на использовании наиболее сложных некомпланарных магнитных систем (NCMS), в которых реализуется пространственная зависимость трёх ортогональных компонент вектора индукции магнитного поля. Нейтрон, как и электрон, имеет спин  $s = 1/2$ , поэтому исследования процессов прохождения нейтронов важны для выявления общих закономерностей, присущих обеим частицам.



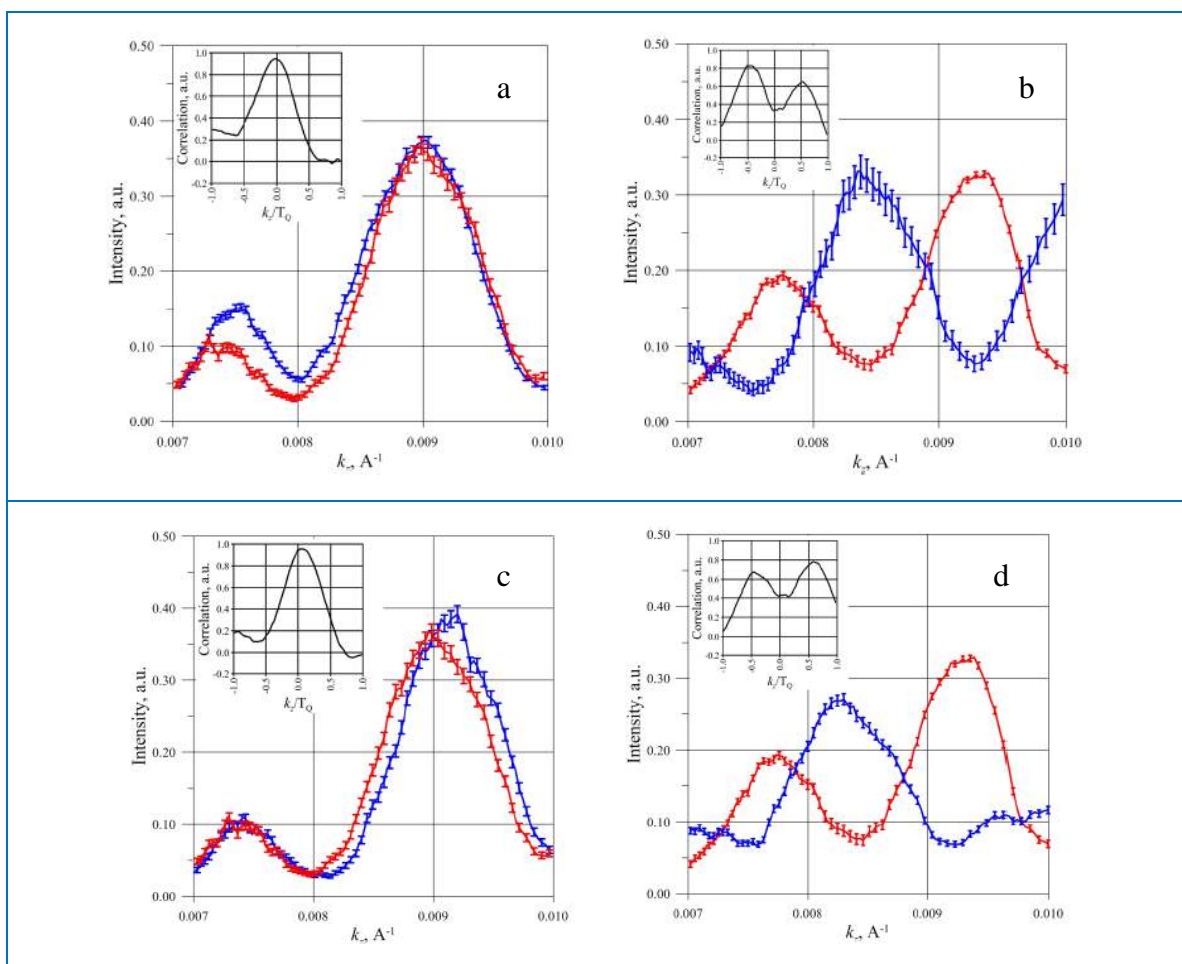
**Рис. 7.** Схемы эксперимента по проверке зависимости пропускания неполяризованных нейтронов от направления их распространения.

Аппроксимация нейтронами поведения электрона является оправданной в ферромагнетиках, где обменное поле велико и можно пренебречь силой Лоренца. Некомпланарная магнитная система, в соответствии с решением уравнения Шредингера,

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

характеризуется свойством, не присущим компланарной магнитной системе (CMS), а именно, зависимостью пропускания неполяризованных нейтронов (или электронов) от направления их распространения. Для проверки этого утверждения была создана NCMS, в которой границы раздела между областями с разным направлением намагниченности не превышали толщину 10 нм, что обеспечивало неадиабатический режим прохождения через них спина нейтрона. NCMS представляла собой два магнитных зеркала с ортогональными друг другу и лежащими в плоскости зеркал векторами намагниченности, помещённых в перпендикулярно направленное зеркалам магнитное поле. На **рис. 7** показаны две схемы проверки поведения нейтронов при прохождении CMS и NCMS. В первой схеме пучок нейтронов направлялся так, что реализовывались последовательности “первое зеркало-магнитное поле-второе зеркало” и “второе зеркало-магнитное поле-первое зеркало”.

На **рис. 8** показаны зависимости интенсивности нейтронов для CMS и NCMS, соответственно. В случае NCMS наблюдается антифазное поведение кривых пропускания. На второй схеме **рис. 7** (внизу) показан второй вариант проверки, когда направление магнитного поля изменялось на обратное.

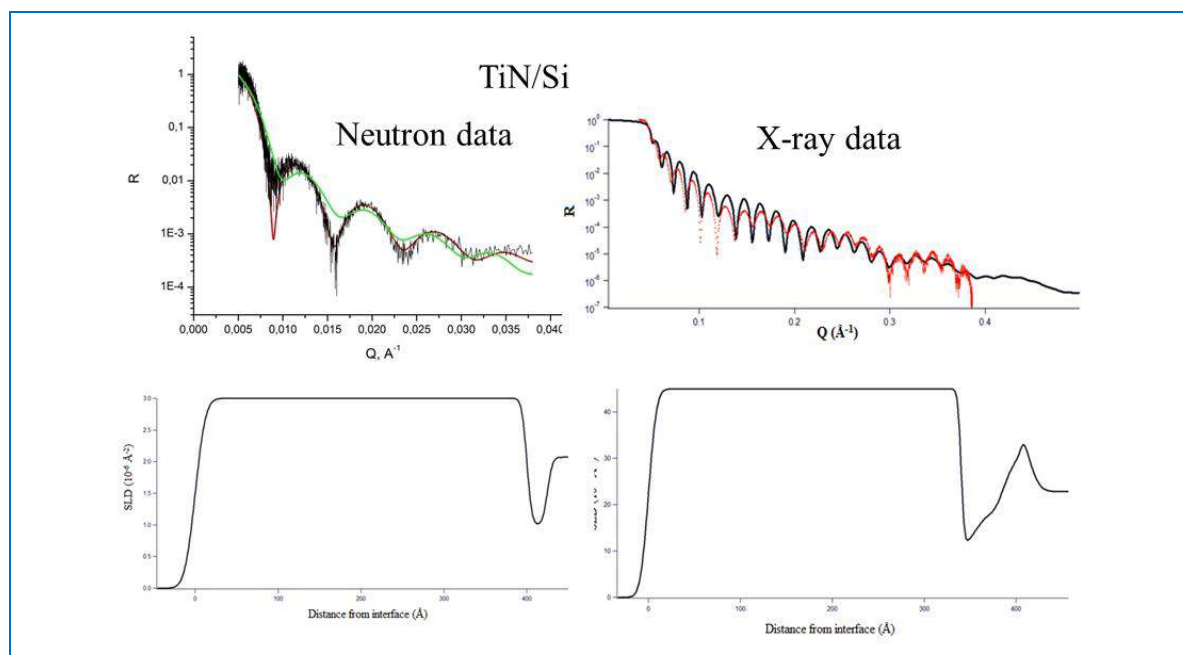


**Рис. 8.** Зависимости пропускания неполяризованных нейтронов, полученные с использованием первой экспериментальной схемы для CMS (a) и NCMS (b). Зависимости пропускания неполяризованных нейтронов, полученные с использованием второй экспериментальной схемы для CMS (c) и NCMS (d).

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Соответственно этой схеме на **рис. 8** показаны зависимости пропускания неполяризованных нейтронов для CMS и NCMS, соответственно. Таким образом, показано, что NCMS обладает свойством зависимости пропускания от направления распространения нейтронов, что, в свою очередь, есть следствие не коммутативности алгебры спина  $\frac{1}{2}$ .

Проведено исследование пленочных покрытий нитрида титана методами нейтронной и рентгеновской рефлектометрии с целью определения структурных параметров: толщин слоев, шероховатостей межслойных границ и плотности длины рассеяния отдельных слоев. Монослойные TiN и многослойные покрытия TiN/WN снижают износ при резке и формировании инструментов, увеличивают твердость поверхности и уменьшают коэффициент трения. Исследования проводились на нейтронном рефлектометре РЕФЛЕКС на реакторе ИБР-2 и на установке для рентгеноструктурного анализа Bruker в Санкт-Петербургском государственном университете. На основе полученных коэффициентов отражения от пленки нитрида титана толщиной 32нм, напыленной методом магнетронного напыления на кремниевую подложку (TiN(32нм)/Si), восстановлены профили плотности длины рассеяния (ПДР) в направлении нормали к границе раздела сред (**рис. 9**).



**Рис. 9.** Коэффициенты отражения нейтронов (слева) и рентгеновских лучей (справа) от пленки нитрида титана толщиной 32нм. Восстановление профиля плотности длины рассеяния в обоих случаях (внизу) показывает наличие переходного слоя между пленкой и подложкой с относительно низким значением ПДР. Это свидетельствует о плохой адгезии пленки к поверхности подложки

### Исследование биологических наносистем, липидных мембран и липидных комплексов

Проведены исследования самоорганизации и структурных параметров мицелл рН-чувствительных ПАВ – аминоксидов, синтезированных в Университете Коменского (Братислава, Словакия) методом малоуглового рассеяния нейтронов на установках Yellow Submarine (Будапешт, Венгрия) и ЮМО. Ранее было показано, что изменение рН дает широкие возможности для управления свойствами особых молекул ПАВ – аминоксидов. Согласно данным МУРН, при  $\text{pH} < 3$  и при  $\text{pH} > 8$  в растворе наблюдаются заряженные мицеллы, однако согласно литературным данным аминоксиды могут иметь заряд только в кислой среде. Были

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

проведены дополнительные исследования Дзета потенциала растворов для уточнения информации о заряде.

Методом малоуглового нейтронного и синхротронного рассеяния исследовано влияние сахарозы на структуру липидного бислоя однослойных везикул [11]. Установлено, что при повышении концентрации сахарозы до 40% происходит существенное уменьшение толщины липидного бислоя.

Проведены исследования модельных липидных мембран липидной матрицы верхнего орогового слоя кожи (stratum corneum) методом дифракции нейтронов и рентгеновских лучей. Главным результатом является сохранение сверхсильного межмембранного взаимодействия при полной гидратации мембраны.

### Полимерные материалы

Синтез и исследование структуры и физических свойств магнитных эластомеров одно из направлений активно развивающихся технологий создания новых «умных» наноматериалов с молекулярной анизотропией и ферромагнитными наночастицами. Проведено исследование магнитных эластомеров, синтезированных в Западном Университете г. Тимишоара, Румыния в поперечном ( $P_i$ ) и продольном ( $V_i$ ) магнитном поле методом малоуглового рассеяния нейтронов. Измерения проводились на исходном эластомере P1(B1) без ферромагнитных включений (матрица) и на эластомерах P12-P32, P13-P33, P14-P34 и B2-B4 с феррочастицами в разных концентрациях и полимеризованных, без и в магнитном поле разной величины.

Как показывают результаты нейтронных исследований, исходная полимерная матрица уже является анизотропной (полимерные кластеры типа разветвленных цепей являются более протяженными в направлении, поперечном плоскости пленки). Магнитное поле, приложенное в том же поперечном направлении, действует как фактор, вызывающий взаимное притяжение и сближение феррочастиц вдоль линий поля. Тем самым, происходит выдавливание полимера из зазоров между частицами, и анизотропия полимерных кластеров меняется (размер кластера в плоскости пленки увеличивается, в поперечном направлении – сокращается). Этот результат получен экспериментально впервые и полностью согласуется с результатами численного моделирования поведения систем магнитных частиц в упругом двумерном массиве при намагничивании, указывающими на положительную структурную магнитострикцию в системах с кластерами.

Продолжена работа по сравнению и анализу результатов описания стеклования полимеров в рамках современных теоретических методов. Сравнение с экспериментом проводилось на основании данных дифференциальной сканирующей калориметрии для полистирола в интервале скоростей охлаждения от  $5 \cdot 10^{-6}$  К/с до 2 К/с. Ширина диапазона предоставленных экспериментальных данных на три порядка превышает существующие и описанные в литературе результаты. Показано, что использование распространенных теоретических методов (TNM, Адам-Гиббс и другие) приводит к сильному расхождению с экспериментом. Предложено новое выражение для времени релаксации для описания экспериментальных данных в рамках подхода с одним параметром порядка. Выполнено сравнение используемых подходов и описаны перспективы их развития. В качестве дополнительных параметров для сравнения использовались предельная фиктивная температуры системы, параметры пиков  $C_p$  (высота и положение), произведенная энтальпия (рис. 10). Проверена предсказательная способность моделей на основании линейной экстраполяции их параметров по скорости охлаждения. Показано, что модели Адама-Гиббса дают лучшие результаты [12,13]. Работа выполнялась в сотрудничестве с Университетом Росток (Росток, Германия).

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

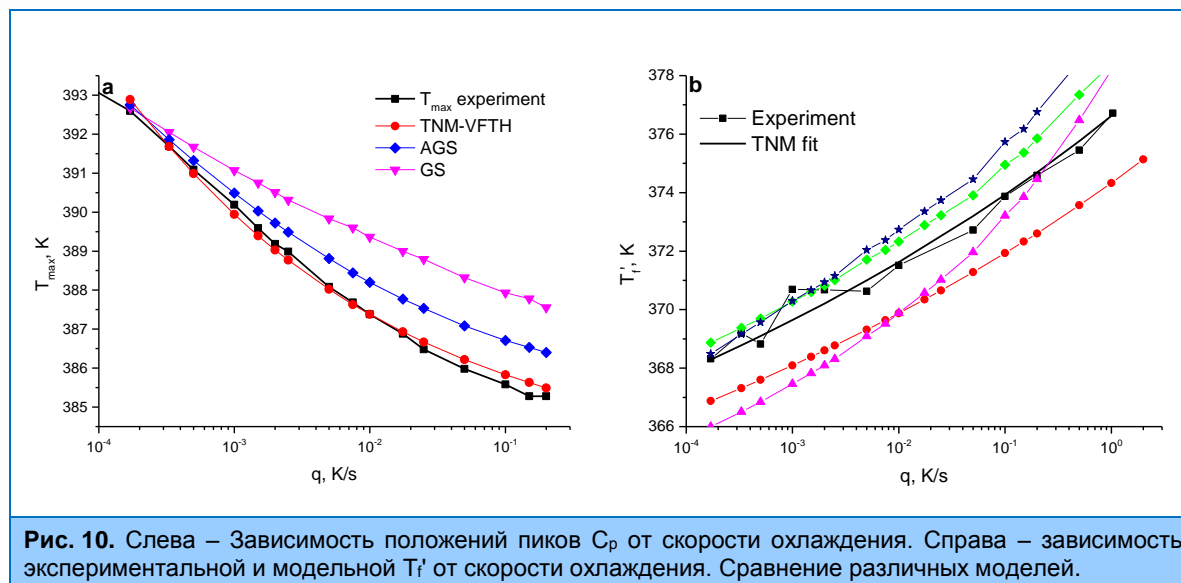
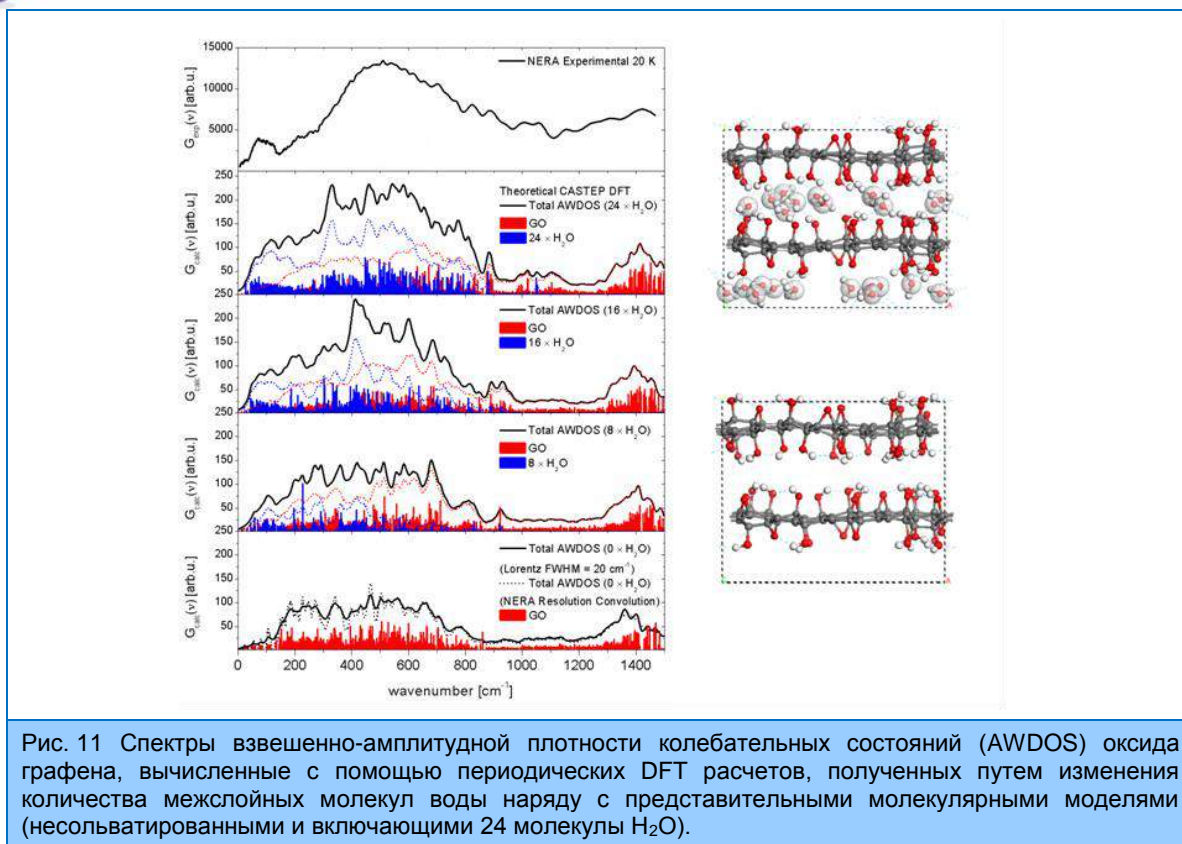


Рис. 10. Слева – Зависимость положений пиков  $C_p$  от скорости охлаждения. Справа – зависимость экспериментальной и модельной  $T_i'$  от скорости охлаждения. Сравнение различных моделей.

### Атомная и молекулярная динамика

Проведено экспериментальное и теоретическое исследование колебательной динамики удержанной воды в оксиде графена [14]. На сегодняшний день принято считать, что оксид графена (ОГ) в основном содержит гидроксильную (-OH) и эпоксидную (-O-) группы, распределенные по его базисным плоскостям. Наличие атомов водорода в недавно синтезированном ОГ свидетельствует о его метастабильности. В результате он переходит в стабильную форму путем рекомбинации атомов водорода с соседними эпоксидными и гидроксильными группами, образуя воду, которая всегда присутствует в оксидных материалах графена. Измерения рассеяния нейтронов на образце ОГ, синтезированного модифицированным методом Хаммерса в Институте общей и неорганической химии РАН (Москва) проводились при 20K на времяпролетном спектрометре обратной геометрии HEPA. В силу отсутствия информации о спектрах неупругого рассеяния ОГ было проведено атомистическое моделирование низкотемпературного спектра на основе модели Лерфа-Клиновского с переменным числом молекул воды в межслоевом пространстве (при расстоянии, равном 7 Å, как было выявлено при одновременных измерениях методом нейтронной дифракции). В попытке имитировать ближний порядок была предложена систематическая периодическая модель. Также проведены расчеты с использованием теории функционала плотности (DFT). Экспериментальный однофононный INS спектр ОГ, зарегистрированный на спектрометре HEPA, приведен в сравнении с теоретическими результатами и представительными периодическими моделями на рис. 11. Обычно можно увидеть 6 полос, разрешенных в экспериментальном спектре, которые были найдены приблизительно в  $\sim 1500$ , 1000, 500, 250, 100 и 25  $\text{см}^{-1}$ , соответственно. Теоретические расчеты позволили проанализировать особенности спектра.



Полоса в диапазоне  $\sim 1500\text{-}1200\text{ см}^{-1}$  может быть точно отнесена к набору  $\delta\text{C-O-H}$  мод. Доминирующая, четко выраженная особенность, охватывающая диапазон  $\sim 700\text{-}300\text{ см}^{-1}$ , может быть отнесена к набору либрационных мод воды. Общая форма и положение этой полосы были восстановлены надлежащим образом. Либрационные моды широко распределены ниже  $700\text{ см}^{-1}$  в следующем порядке:  $\omega\text{H}'\text{O-H} > \tau\text{H}'\text{O-H} > \rho\text{H}'\text{O-H}$ . Изгибные моды, как правило, проявляют себя в диапазоне  $> 600\text{ см}^{-1}$ , в то время как крутильные - в  $< 600\text{ см}^{-1}$ . Колебательные моды широко распространены ниже  $500\text{ см}^{-1}$ . Экспериментальные полосы, возникающие в  $\sim 250\text{ см}^{-1}$  и  $\sim 50\text{-}150\text{ см}^{-1}$ , соответственно, могут быть связаны с поступательными модами координированной воды. Согласно расчетам, верхняя полоса может быть приписана, главным образом, к  $\nu\text{O}\cdots\text{O}$  валентным колебаниям молекул воды, водородно-связанным с гидроксильными группами. Группа в  $\sim 50\text{-}150\text{ см}^{-1}$  может быть связана с видимыми движениями центров масс воды, которые, в свою очередь, сильно связаны с деформациями структуры ОГ. Моды, образующиеся ниже  $100\text{ см}^{-1}$ , можно отнести к поступательным модам воды, сильно связанным с бабочкообразными деформациями ОГ слоев. Наконец, энергетически слабейшие моды были обнаружены теоретически при  $\sim 30$  и  $45\text{ см}^{-1}$ , соответственно. Верхние могут быть связаны с так называемыми дыхательными движениями структуры ОГ и описываются как колебание межслойного расстояния. Самые низкие вибрации, так называемые сдвиговые моды, соответствуют параллельным переносам слоев. Эти движения проявляются как полоса, наблюдаемая экспериментально при  $30\text{ см}^{-1}$ . Проведенный анализ позволил удовлетворительно качественно описать соответствующий спектр неупругого рассеяния, который определяется, главным образом, за счет межслойных молекул воды, что подтверждает достоверность модели Лерфа-Клиновского.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На спектрометре ДИН-2ПИ исследовано неупругое когерентное рассеяние нейтронов в жидком галлии при начальной энергии нейтронов  $E_0 = 28,7$  мэВ и  $7,65$  мэВ и температурах образца  $T = 333$  К и  $533$  К (рис. 12). Установлено, что дисперсионная кривая в жидком галлии распадается на две ветви, что связано, по-видимому, с наличием в этом металле двух типов межчастичного взаимодействия: металлической и ковалентной связей. Эта особенность межчастичного взаимодействия в галлии проявляется также в структуре жидкого металла как асимметрия главного пика его структурного фактора.

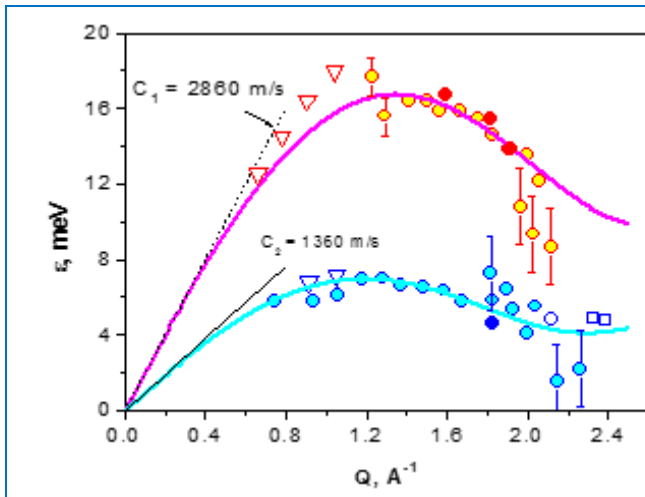
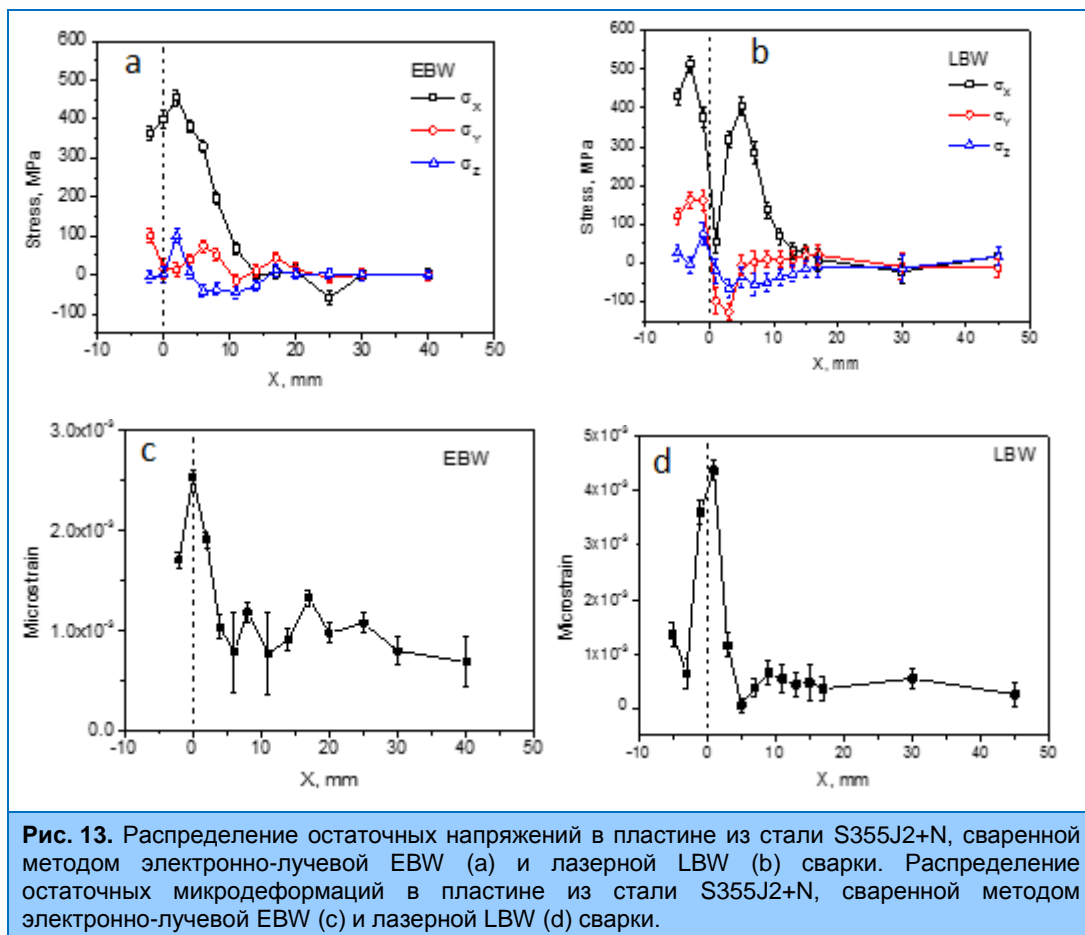


Рис. 12. Дисперсионные кривые в жидком галлии ( $T = 333$  К). Кружками показаны экспериментальные данные, полученные на спектрометре ДИН-2ПИ (незаполненные кружки – начальная энергия нейтронов  $E_0 = 28.7$  meV, заполненные кружки –  $E_0 = 7.65$  meV). Пустые квадраты – неупругое рассеяние нейтронов. Треугольники – неупругое рассеяние синхротронного излучения.  $C_1$  и  $C_2$  – скорости звука для верхней и нижней ветвей дисперсионной кривой.

### Прикладные работы

К прикладным работам в отделе НЭО 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.

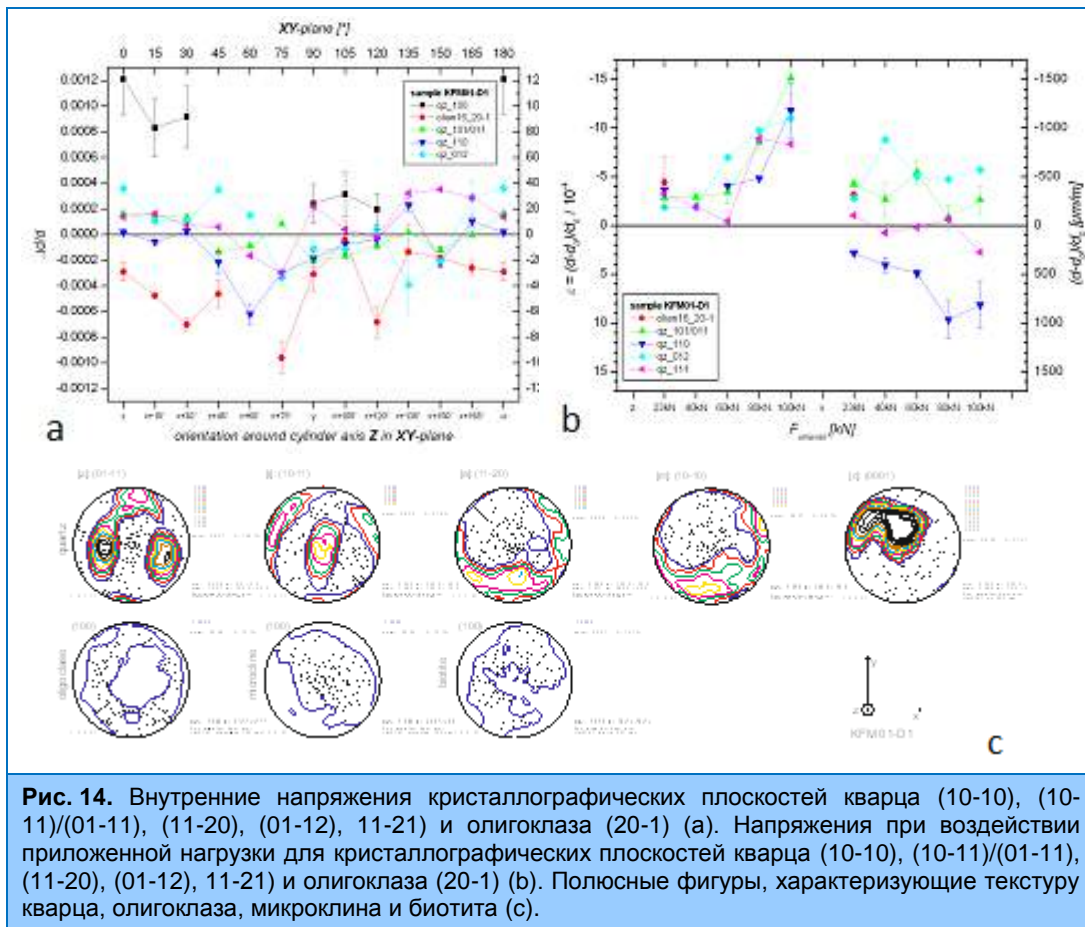
На дифрактометре ФСД были продолжены эксперименты по изучению распределения остаточных напряжений в сварных швах, полученных с помощью различных методов лучевой сварки [15] (рис. 13). Образцы для измерений были изготовлены в Институте электроники БАН (София, Болгария) в виде пластин, сваренных методом электронно-лучевой (electron beam welding - EBW) и лазерной (laser beam welding - LBW) сварки. Установлено, что максимумы остаточных напряжений наблюдаются не в центрах швов, а в зоне термического влияния (ЗТВ), при этом уровень остаточных напряжений довольно резко падает при удалении от ЗТВ. Максимальной по величине в обоих образцах является компонента тензора напряжений  $\sigma_x$ , направленная вдоль линии сварного шва, и имеющая, в основном, растягивающий характер. Для образцов EBW и LBW максимальные уровни остаточных напряжений сопоставимы по величине и достигает величин 460 МПа и 530 МПа, соответственно. Исходя из результатов предыдущих экспериментов на ФСД по изучению остаточных напряжений в образцах-свидетелях для АЭС, можно отметить, что уровень напряжений в образце LBW типично высок для данного вида сварки. В то же время образец EBW демонстрирует существенно больший уровень напряжений по сравнению с тем, который был достигнут для образцов-свидетелей с электронно-лучевой сваркой (~200 МПа). Результаты данных измерений указывают на неоптимальность подбора параметров электронно-лучевой сварки и возможность их регулировки для снижения уровня остаточных напряжений. При этом результаты нейтронных измерений могут служить надежным средством диагностики уровня остаточных напряжений.



Помимо исследования остаточных напряжений в данных образцах интерес также представляет изучение остаточных микродеформаций (**рис. 13**), которые могут быть оценены по уширению дифракционных пиков по сравнению с функцией разрешения прибора. Анализ поведения ширин в зависимости от межплоскостного расстояния  $d_{hkl}$  показал, что уширение пиков носит анизотропный характер и зависит от направления  $[hkl]$  в кристалле. Данное поведение является характерным проявлением фактора ориентации дислокаций по отношению к вектору рассеяния, что позволяет количественно оценить плотность дислокаций в исследуемом материале. В данных образцах для EBW максимальный уровень микродеформации в материале достигает  $2.5 \cdot 10^{-3}$ , и положения максимумов в распределении микродеформации находятся в хорошем соответствии с положениями центров сварных швов. В образце LBW максимальный уровень микродеформации почти вдвое выше -  $4.5 \cdot 10^{-3}$ . Полученные экспериментальные данные будут использованы для последующих модельных расчетов по методу конечных элементов (группа проф. В. Михайлова, Brandenburg University of Technology, Germany) и сопоставлены с результатами механических испытаний путем высверливания отверстий, измерения микротвердости и оптического исследования микроструктуры (группа проф. П. Петрова, Institute of Electronics BAS, Bulgaria). Это позволит систематически изучить зависимость распределения остаточных напряжений от применяемой технологии сварочного процесса и ее параметров для наиболее распространенных конструкционных материалов. Таким образом, данная информация может послужить основой для выработки конкретных технологических рекомендаций для получения желаемого уровня и профиля остаточных напряжений.



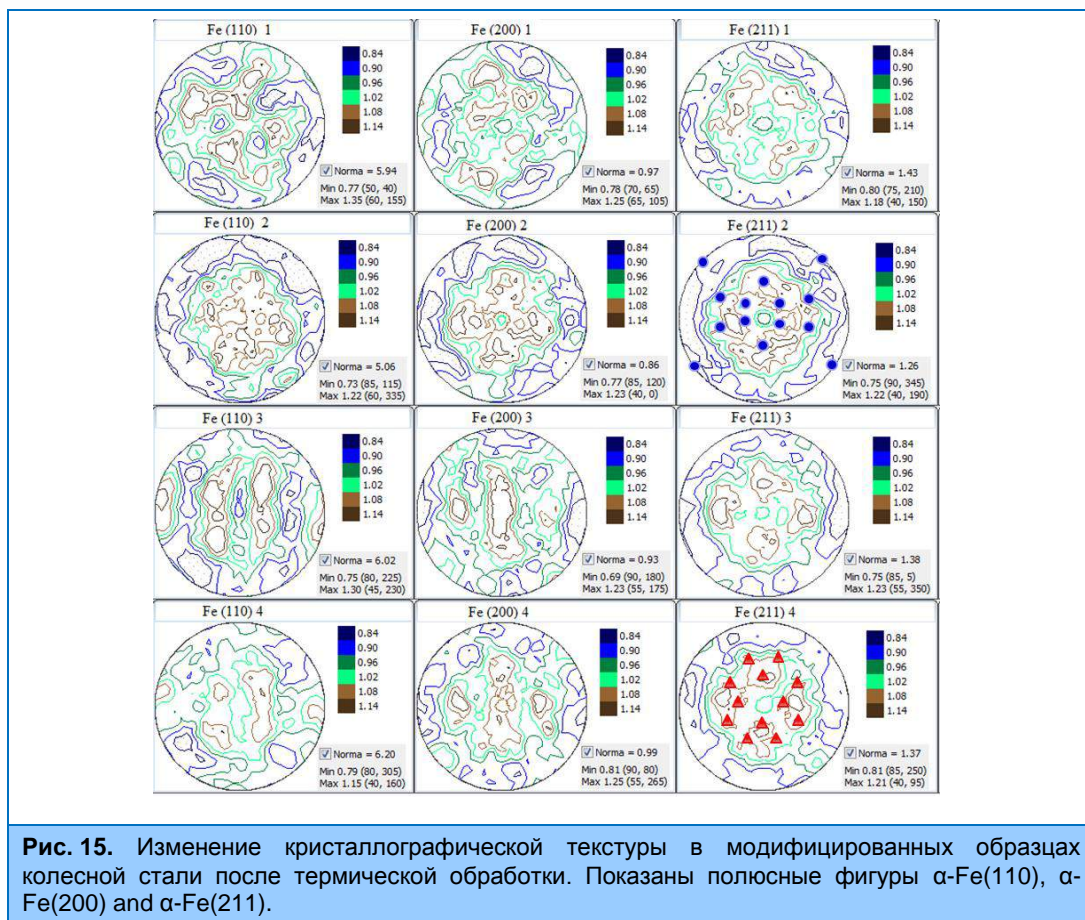
# 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



Проведено исследование текстуры, внутренних напряжений, и напряжений при воздействии приложенной нагрузки в многофазных поликристаллических образцах гранита [16] на дифрактометрах СКАТ и Эпсилон (рис. 14). Эксперименты по изучению механических свойств при воздействии одноосной циклической деформации проводились в диапазоне нагрузок до 100 kN (150 МПа) и дополнялись также одновременным анализом акустической эмиссии

Полученные значения внутренних напряжений варьировались в диапазоне от  $-1 \times 10^{-3}$  до  $1.2 \times 10^{-3}$ . При измерении напряжений под воздействием приложенной нагрузки ось z цилиндрического образца была ориентирована под углом  $45^\circ$  по отношению к нейтронному пучку, что позволяло одновременное измерение компонент  $\sigma_1$  and  $\sigma_3$ . Отрицательные напряжения вдоль оси z согласуются с законом Гука, положительные напряжения вдоль оси x, ориентированной перпендикулярно  $\sigma_3$ , меньше по величине и определяются соотношением Пуассона.

В рамках сотрудничества с Днепропетровским национальным университетом им. О. Гончара (Украина) проведено исследование ряда образцов из феррито-перлитной колесной текстуры [17]. Образцы вырезались из ободов железнодорожных колес и из переходной зоны от ступицы к диску. Измерение текстуры проведены методом дифракции тепловых нейтронов на установке СКАТ в ЛНФ ОИЯИ. Получен набор из 1368 ( $19 \times 72$ ) дифракционных спектров, из которых извлечены прямые *полные* полюсные фигуры (ПФ) на сетке  $5^\circ \times 5^\circ$ . Для каждого образца получены три полюсные фигуры (200), (110), (211) д3  $\alpha$ -Fe.



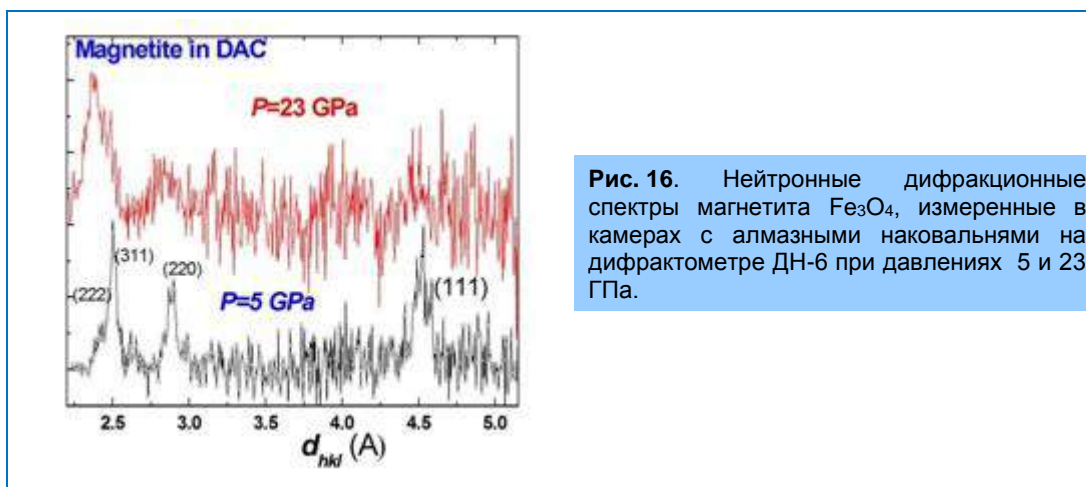
На основании измерений даже для очень слабой текстуры удалось выявить текстурные компоненты деформации и рекристаллизации, соответствующие технологическим операциям при изготовлении колес. Сделан вывод, что введение в сплав модификатора приводит к переориентации слабой преимущественной ориентировки в образцах из ободов. Переориентация текстурной компоненты при отжиге может быть объяснена процессами вторичной рекристаллизации и фазовым переходом в стали. Изменения в рассеянии текстурной компоненты в модифицированных образцах из переходной зоны связаны с введением модификатора, а также с некоторыми отличиями в режимах термической обработки, которые применялись к серийной и опытной сталям. Несмотря на слабый характер текстуры удалось выявить компоненты текстуры прокатки (символы  $\Delta$  на рис. 15) и рекристаллизации (символы  $\bullet$  на рис. 15), характерные для ОЦК материалов, что подтверждает высокий потенциал дифрактометра SKAT (рис. 15).

## II. Методические результаты

Проведены работы по созданию окончательной конфигурации нового дифрактометра ДН-6. Совместно с отделом НЭО КС изготавливается второй кольцевой детектор, состоящий из 96 независимых гелиевых счетчиков. Проведены первые успешные методические эксперименты по нейтронной дифракции в камерах с алмазными наковальнями с образцами магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в диапазоне давлений до 23 ГПа (рис. 16). Также проведены работы по дальнейшему развитию техники нейтронного эксперимента с камерами высокого давления с сапфировыми наковальнями. Доступный диапазон давлений расширен до 12 ГПа за счет

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

уменьшения рабочей площадки наковален до 1 мм.



**Рис. 16.** Нейтронные дифракционные спектры магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , измеренные в камерах с алмазными наковальнями на дифрактометре ДН-6 при давлениях 5 и 23 ГПа.

В 2014 г. проводились работы по подготовке к работе рефлектометра ГРЭИНС в рамках пользовательской политики. Рефлектометр ГРЭИНС был включен в список установок, доступных для пользователей реактора ИБР-2, и соответствующая информация про установку была добавлена на сайт ЛНФ. Созданы и проведена апробация специализированных жидкостных ячеек (**рис. 17**) для измерения границ раздела жидкость/воздух и жидкость/твердое тело. Создан универсальный держатель для измерения твердотельных образцов. Установлена в штатное положение и испытана автоматическая передвижная платформа для детектора (**рис. 17**). В рамках разработки новых покрытий для нейтроннооптических устройств проведены эксперименты по изучению влияния оксидации на структуру тонких пленок на стеклянной подложке.



**Рис. 17.** Столик образца с жидкостной ячейкой (слева) и автоматическая передвижная платформа для детектора (справа).

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Продолжались работы по реализации проекта по созданию нового дифрактометра на ба канале для нейтронографических исследований переходных процессов в реальном времени. Изготовлена и смонтирована фоновая защита для детекторной системы дифрактометра: кольцевой детектор в аксиальной геометрии на обратных углах рассеяния, два блока из восьми точечных счётчиков для средних углов рассеяния и блок из восьми счётчиков для малых углов рассеяния. На точечные детекторы установлены новые предусилители. Запущен термостат на температуры от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$  и проведены первые измерения на модельных биологических мембранах.

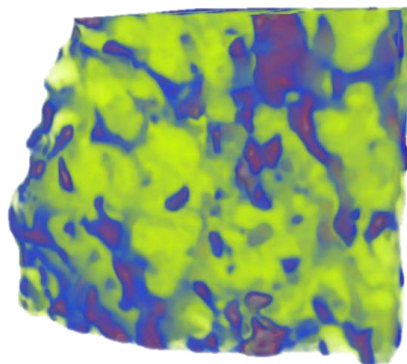
Продолжены работы по созданию макетного варианта спектрометра радиографии и томографии на канале 14 (рис. 18). Установлен в рабочее положение гониометр HUBER с трансляционными и вращательными степенями свободы. Проведены первые томографические эксперименты с различными типами объектов (рис. 19). Отработана процедура 3D-реконструкции внутреннего строения исследуемых объектов с помощью различных программных пакетов. Полученные результаты показали хорошее качество получаемых данных, сравнимое с уровнем других мировых нейтронных центров.

В 2014 г. совместно с сотрудниками НЭОКС на ФСД был установлен 4-й элемент (из 7 запланированных)  $90^{\circ}$ -детектора ASTRA\_Right на основе сцинтиллятора ZnS со спектросмещающими оптическими волокнами. К концу 2014 г. планируется окончательная геометрическая юстировка данного элемента на ФСД и настройка рабочих параметров детектора. Таким образом, продолжение работ по расширению многоэлементной детекторной системы ФСД позволит значительно улучшить светосилу прибора.

Продолжена работа по введению в регулярную эксплуатацию электроники для набора экспериментальных данных в списочном режиме List-mode. На дифрактометре ФСД в 2014 г. в циклах №6 (октябрь, режим водяного замедлителя) и №7 (ноябрь, режим криогенного замедлителя) в ходе пользовательских экспериментов анализатор List-mode был испытан в режиме реальной постоянной работы. Сравнительный анализ спектров, зарегистрированных параллельно "старым" и новым List-mode-анализатором, показал их идентичность. Кроме того, регистрация данных со всех элементов  $90^{\circ}$ -детекторов ASTRA с последующим применением электронной фокусировки позволила в три раза увеличить светосилу эксперимента.



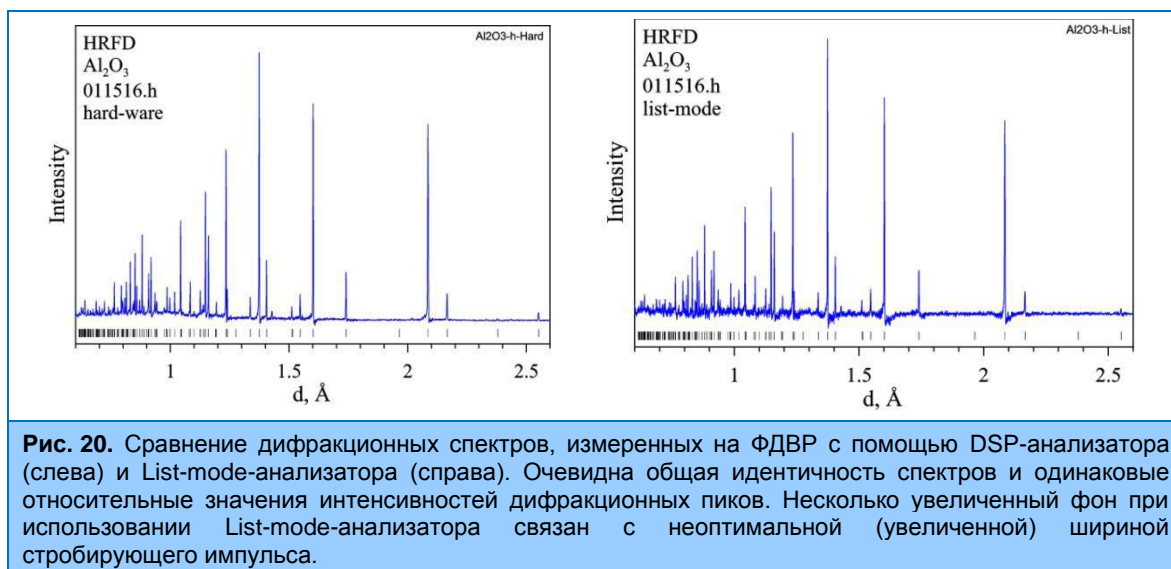
**Рис. 18.** Установка нейтронной радиографии и томографии на 14 канале ИБР-2.



**Рис. 19.** Нейтронное томографическое изображение метеорита Сеймач, показывающее распределение Fe-Ni сплава и фракции горных пород (в основном, оливина).

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Новый анализатор также установлен на ФДВР и выполнены первые эксперименты, в которых проведено одновременное сравнительное измерение дифракционных спектров с помощью существующего анализатора на базе DSP и нового анализатора "List-mode". С помощью разработанного алгоритма восстановлены спектры высокого разрешения, измеренные в режиме "List-mode", и проведено их сравнение с DSP-спектрами, которое показало, что спектры идентичны (рис. 20).



Это свидетельствует о корректности работы новой электроники и разработанных алгоритмов восстановления дифракционных спектров из "сырых" данных. Проблема, которую предстоит решить, связана с недостаточной скоростью обработки данных на имеющихся вычислительных мощностях. В настоящее время приобретается оборудование и разрабатываются алгоритмы, которые позволят увеличить скорость обработки данных, по крайней мере, в ~100 раз.

На 13 канале реактора ИБР-2 совместно с отделом НЭОКС продолжаются работы по созданию фурье-дифрактометра FSS. В 2014 г. была завершена конструкторская проработка для монтажа дифрактометра. В настоящее время в основном завершено создание биологической защиты и монтаж необходимого технологического оборудования. Кроме того, на FSS был установлен стальной коллиматор в закладную трубу канала для снижения радиационной нагрузки на нейтроновод, смонтированы 1-я секция зеркального нейтроновода и штатный фурье-прерыватель со столом.

Для рефлектометра РЕМУР изготовлены блок образца для экспериментов в переменном магнитном поле частотой 10-60 МГц и магнитная система широкоапертурного анализатора поляризации, предназначенного для работы с двумерным ПЧД (рис. 21).

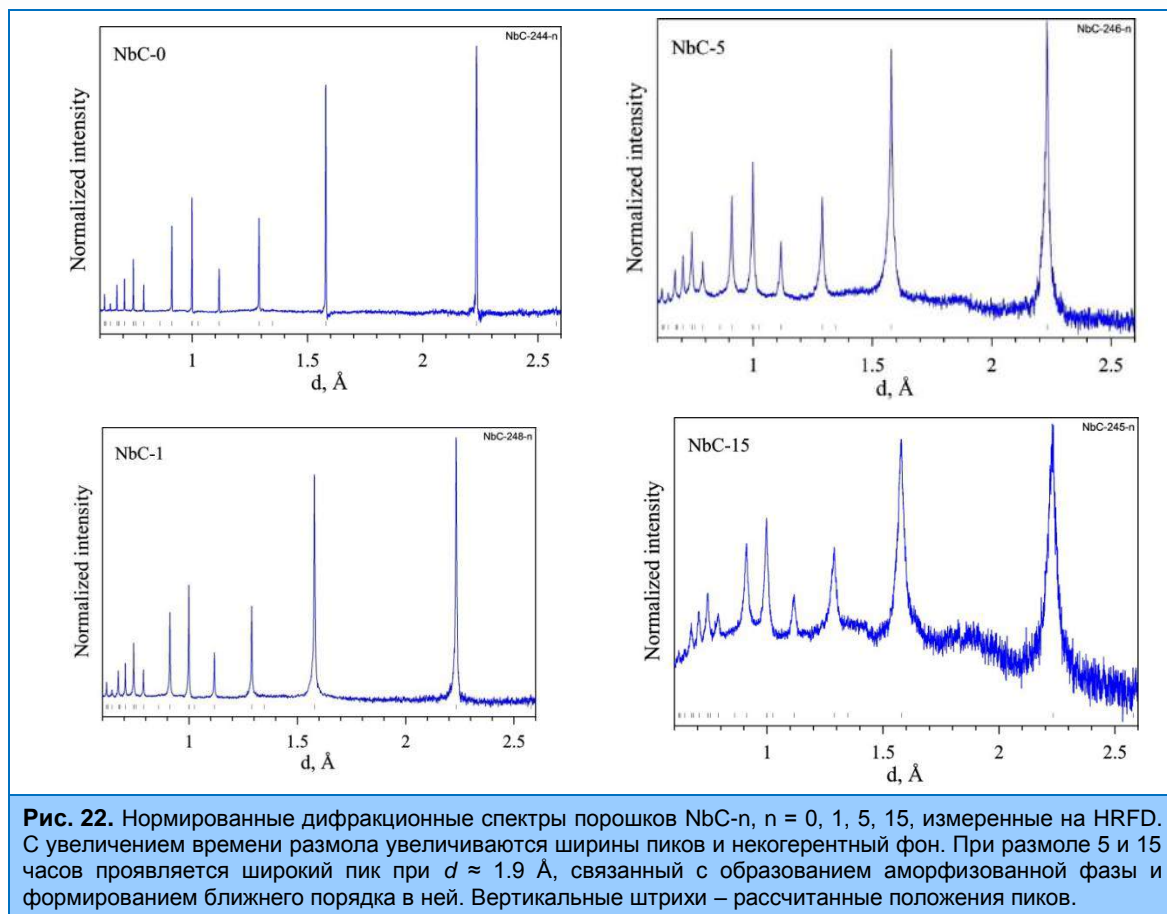


**Рис. 21.** Блок образца для экспериментов в переменном магнитном поле частотой 10-60 МГц (слева) и магнитная система широкоапертурного анализатора поляризации (справа) рефлектометра РЕМУР.

Для оценки возможностей различных методов определения микроструктурных характеристик по данным, полученным на TOF-дифрактометре ФДВР, проведены эксперименты с набором порошков кубического карбида ниобия  $NbC_y$  с  $y \approx 0.93$ , имевших разные средние размеры кристаллитов в пределах 100 – 2500 Å [18]. Дополнительные эксперименты проведены на дифрактометре высокого разрешения с монохроматическим пучком нейтронов HRPT в PSI (Швейцария). Совместный анализ данных выполнен с помощью классических методов Ритвельда и Вильямсона – Холла и с привлечением Whole Powder Pattern Modeling (WPPM) метода. Образцы карбида ниобия  $NbC_{0.93}$  с различным средним размером кристаллитов были получены с помощью высокоэнергетического размола исходного крупнозернистого порошка в течение различного времени и далее они обозначаются как  $NbC-n$ , где  $n = 0, 1, 5, 10, 15$  – время размола в часах. Дифракционные спектры некоторых порошков  $NbC-n$ , измеренные на HRFD, показаны на **рис. 22**. Обработка по методу Ритвельда дифракционных спектров перемолотых образцов показала наличие в них двух фракций с очень разными ширинами пиков и со смещенными положениями максимумов. Для анализа ширины дифракционных пиков использовался классический метод Вильямсона – Холла, состоящий в анализе функциональной зависимости “полуширины” (полной ширины на половине высоты, FWHM) или интегральной ширины пиков от переменной по которой идет сканирование дифракционного спектра.

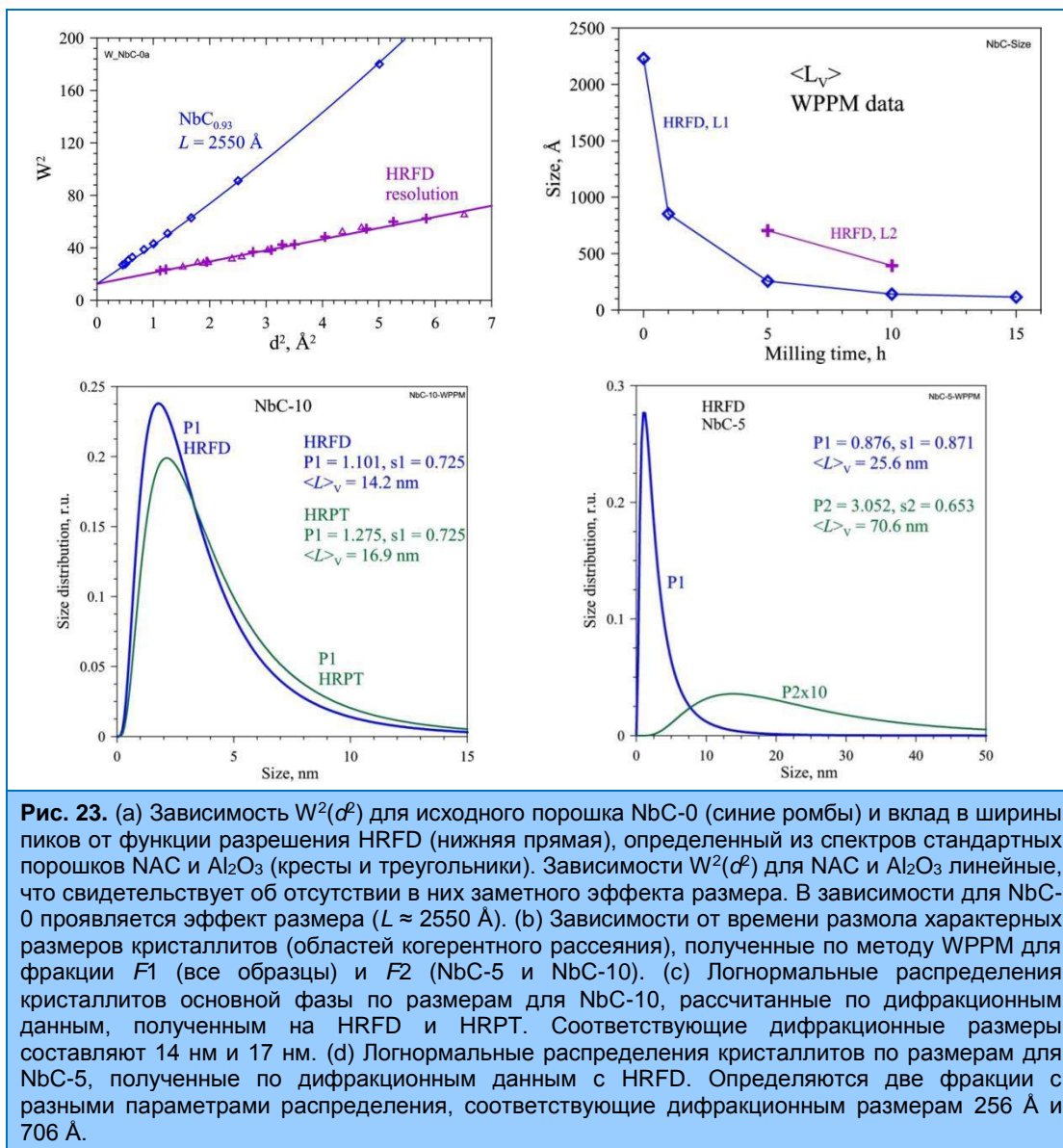
Зависимость  $W^2(d^2)$  для исходного порошка  $NbC-0$  показана на **рис. 23**, где также показан вклад в ширины пиков от функции разрешения HRFD. Зависимость для поликристаллических порошков  $NAC$  и  $Al_2O_3$  линейная, тогда как экспериментальные точки от  $NbC-0$  лучше описываются параболой, что соответствует  $L \approx 2550$  Å. Однако основное отличие зависимости для  $NbC-0$  от функции разрешения связано с наличием в этом порошке микродеформаций на уровне  $\epsilon \approx 1 \cdot 10^{-3}$ . Построение аналогичных зависимостей для перемолотых порошков показало, что экспериментальные значения не могут быть описаны одной кривой, поскольку наблюдается заметный разброс точек. Этот эффект может быть отнесен к проявлению сильной анизотропии микродеформаций, т.е. зависимости уширения пиков от конкретного набора индексов Миллера.

# 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**Рис. 22.** Нормированные дифракционные спектры порошков NbC-n, n = 0, 1, 5, 15, измеренные на HRFD. С увеличением времени размола увеличиваются ширины пиков и некогерентный фон. При размоле 5 и 15 часов проявляется широкий пик при  $d \approx 1.9$  Å, связанный с образованием аморфизованной фазы и формированием ближнего порядка в ней. Вертикальные штрихи – рассчитанные положения пиков.

Реализация WPPM метода в программном пакете PM2K пока позволяет в полном объеме проводить обработку нейтронных данных, полученных на дифрактометре с монохроматическим пучком. Спектры, измеренные на TOF-дифрактометре, включая HRFD, могут обрабатываться, но без учета правильных весов экспериментальных интенсивностей. Тем не менее, мы предприняли попытку провести анализ данных по порошкам NbC-0 и NbC-10, нейтронограммы которых были измерены на HRFD и HRPT, с помощью PM2K. При расчете профилей дифракционных пиков помимо функции разрешения учитывалось распределение кристаллитов по размерам и наличие некоторой плотности дислокаций. Распределение по размерам задавалось в виде логнормального распределения. Для NbC-0 рассчитанный средний размер кристаллитов,  $\langle L \rangle_v = 2230$  Å, близок к значению  $L = 2550$  Å, определенному по методу Вильямсона – Холла. Для порошка NbC-10 получены величины  $\langle L \rangle_v = 169$  Å и 142 Å по данным HRPT и ФДВР и логнормальные распределения, показанные на **рис. 22**. Это означает, что обработка данных с HRFD даже без учета правильных весов позволяет получить разумные результаты.



Таким образом, высокоэнергетический размол веществ типа NbC<sub>y</sub> может приводить к появлению фракций заметно различающихся по среднему размеру кристаллитов. Стандартный анализ эффектов уширения дифракционных пиков на уровне полных или интегральных ширин дает правильную общую картину, но позволяет получить только приближенные количественные оценки микроструктурных параметров. Детальный анализ профилей дифракционных пиков с привлечением метода WPPM дает возможность выявить численные характеристики возникающей микроструктуры в более подробном виде.

Проведена доработка имеющейся модельной ячейки для исследования электродных материалов в лабораторных условиях и методики ее заполнения. Выполнены три процедуры заправки ячейки тестовым электродным материалом. Проведены проверочные нейтронные эксперименты in-situ на дифрактометрах ФДВР и РТД. Выяснено, что электродный материал должен по возможности содержать наименьшее возможное количество связывающего вещества (на основе фторполимера) и углеродной сажи. Дифракционная картина значительно



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

улучшится при экранировании пружины с помощью нитрида бора. Наибольшую статистику нейтронных экспериментальных данных от катодного материала при стандартно заполненной ячейке удалось получить на дифрактометре РТД с использованием кольцевого детектора. Начата работа по созданию ячейки на основе кремниевых экранов и многослойной компоновкой электродных материалов типа "ouch cell".

На рефлектометре РЕФЛЕКС исследовано влияние окисного слоя титановых пленок, покрывающих поляризующие суперзеркала на поляризующую эффективность (рис. 24). Верхний слой титана призван защищать слои кобальта и железа, составляющих основу суперзеркала, от окисления. При этом на самой титановой пленке образуется окисный слой с примерно нулевой ПДР. Таким образом, возникающий окисный слой титана не только выполняет защитную функцию, он становится еще практически прозрачным для тепловых нейтронов, не влияя, таким образом, на отражательные свойства самого суперзеркала. На рефлектометре РЕФЛЕКС проведены измерения коэффициентов отражения для двух спиновых состояний нейтрона для серии образцов с разной толщиной окисного слоя. Результаты экспериментов в настоящее время обрабатываются, готовится публикация.

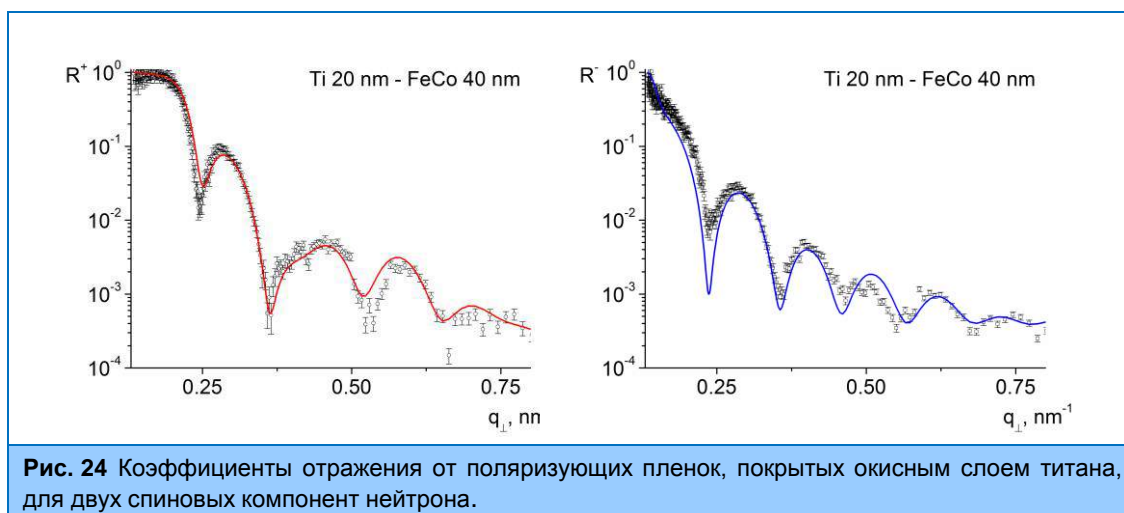
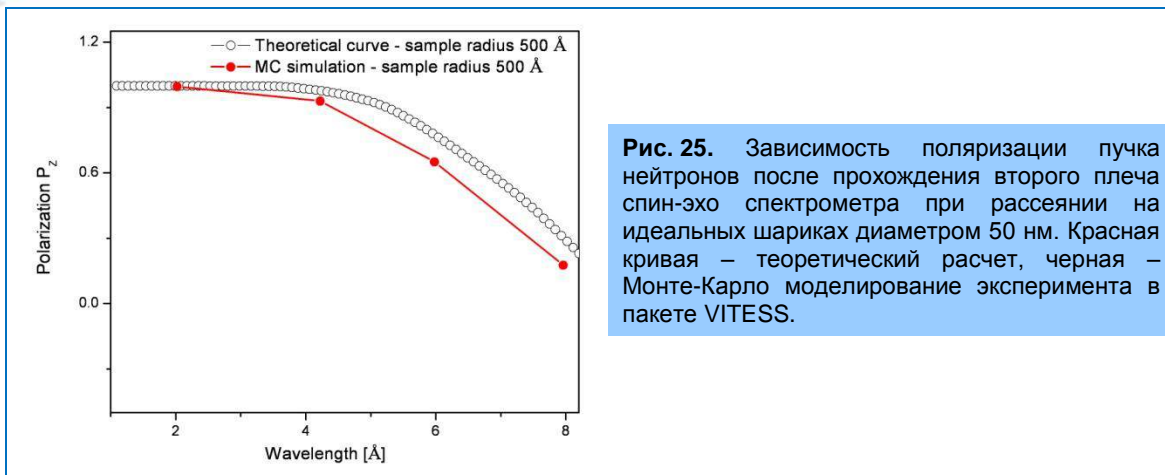


Рис. 24 Коэффициенты отражения от поляризующих пленок, покрытых окисным слоем титана, для двух спиновых компонент нейтрона.

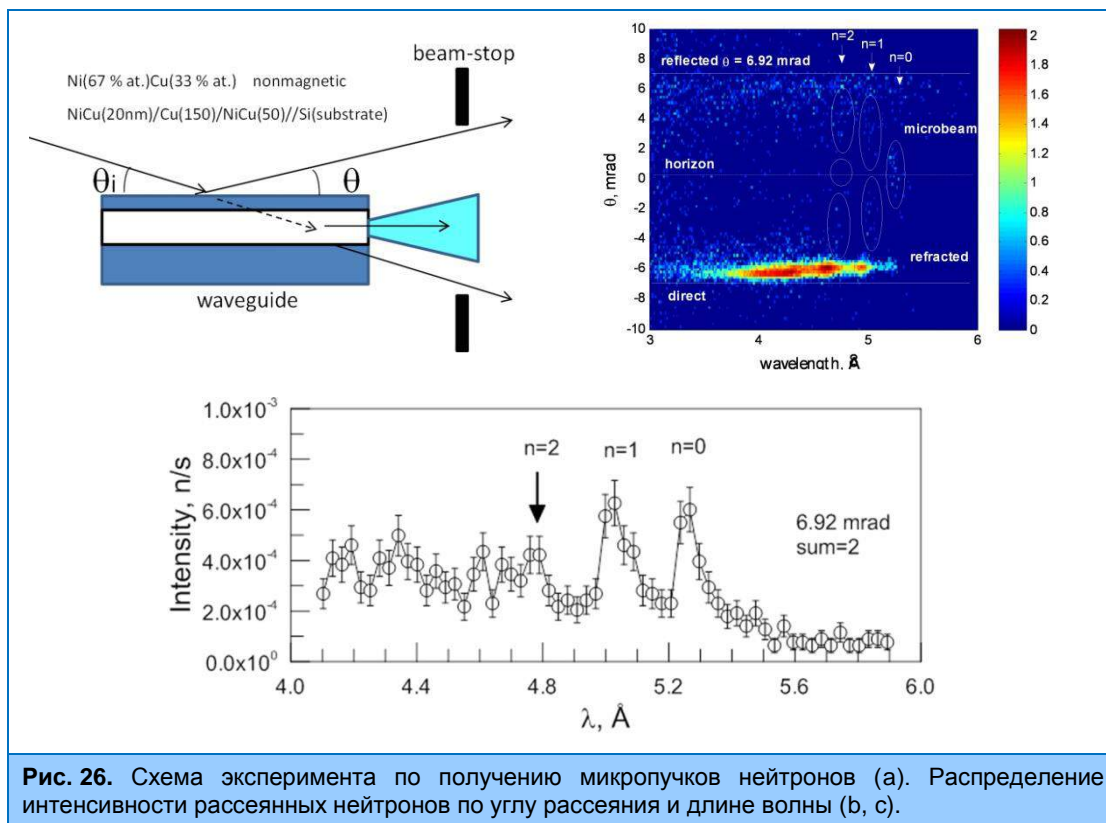
В программном пакете VITESS проведено моделирование экспериментов по спин-эхо малоугловому рассеянию на идеальных однородных шариках диаметром в несколько десятков нанометров. Схема спин-эхо спектрометра, реализованная в пакете VITESS соответствовала создаваемой спин-эхо установке на 9-м канале реактора ИБР-2. Кривые рассеяния, полученные в результате Монте-Карло моделирования (рис. 25), удовлетворительно соответствовали теоретическим расчетам.

На рефлектометре РЕМУР проведены эксперименты по получению системы микропучков нейтронов с различными длинами волн и распределением интенсивности по углу рассеяния для резонансов  $n=0, 1, 2$  при углах скольжения начального пучка 2.55, 3.27, 5.82 и 6.92 мрад (рис. 26). Трёхслойная слоистая структура (плоский волновод) преобразует обычный коллимированный пучок нейтронов шириной около 0.1 мм в узкий расходящийся микропучок нейтронов шириной около 0.1 мкм. С помощью такого узкого зонда можно сканировать локальные микроструктуры с высоким пространственным разрешением. Нейтроны падают на поверхность плёнки, проходят внутрь волноводного слоя, распространяются вдоль плёнки в волноводном слое (каналюют) и выходят через торец в виде узкой полосы. При этом расходимость микропучка определяется условиями фраунгоферовской дифракции на узкой цели.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



Внутри волновода наблюдается явление резонансного усиления нейтронной плотности с образованием нейтронных стоячих волн. Поэтому на выходе волновода микропучок имеет резонансную длину волны в узком диапазоне значений. На постоянных источниках нейтронов длина волны фиксирована и ограничена величиной около 4 Å, а на импульсных источниках длину волны микропучка можно изменять с помощью угла скольжения начального пучка. Полученные экспериментальные данные соответствуют предсказаниям теории. С помощью метода времени пролёта можно легко настроить волновод на необходимую длину волны микропучка, в том числе и на длину волны более 4 Å. А при выборе определённых областей по углу рассеяния можно регистрировать одновременно несколько микропучков.



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Литература

1. Kozlenko D.P., Kichanov S. E., Lukin E. V., Dang N. T., Dubrovinsky L. S., Liermann H.-P., Morgenroth W., Kamynin A. A., Gridnev S. A., Savenko B. N., Pressure-induced polar phases in relaxor multiferroic  $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ . (2014) *Physical Review B*, v. 89, p. 174107 (1-7).
2. Burzo E., Vlaic P., Kozlenko D.P., Kichanov S.E., Dang N.T., Rutkauskas A.V., Savenko B.N., Magnetic properties, electronic structures and pressure effects of  $\text{Ho}_x\text{Y}_{1-x}\text{Co}_2$  compounds. (2014) *Journal of Alloys and Compounds*, v. 584, pp. 393–401.
3. Kozlenko D.P., Burzo E., Vlaic P., Kichanov S.E., Rutkauskas A.V., Savenko B.N., Sequential Cobalt Magnetization Collapse in  $\text{ErCo}_2$ : Beyond the Limits of Itinerant Electron Metamagnetism. (2014) *Scientific Reports*, in consideration.
4. Melníková L. , Petrenko V.I. , Avdeev M.V. , Garamus V.M. , Almásy L., Ivankov O.I. , Bulavin L.A. , Mitroová Z., Kopčanský P., Effect of iron oxide loading on magnetoferritin structure in solution as revealed by SAXS and SANS. (2014) *Colloids and Surfaces B*, in press.
5. Kopcansky P., Siposova K., Melnikova L., Bednarikova Z., Timko M., Mitroova Z., Antosova A., Garamus V.M., Petrenko V.I., Avdeev M.V., Gazova Z., Destroying activity of magnetoferritin on lysozyme amyloid fibrils. (2014) *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, in press.
6. Melnikova L., Petrenko V.I., Avdeev M.V., Ivankov O.I., Bulavin L.A., Garamus V.M., Almásy L., Mitroova Z., Kopcansky P., SANS contrast variation study of magnetoferritin structure at various iron loading. (2014), *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* in press.
7. Petrenko V.I., Avdeev M.V., Garamus V.M., Bulavin L.A., Kopcansky P., Impact of polyethylene glycol on aqueous micellar solutions of sodium oleate studied by small-angle neutron scattering. (2014) *Colloids and Surfaces A*, accepted.
8. Prylutskyy Yu.I., Petrenko V.I., Ivankov O.I., Kyzyma O.A., Bulavin L.A., Litsis O.O., Evstigneev M.P., Cherepanov V.V., Naumovets A.G., Ritter U.. On the origin of C60 fullerene solubility in aqueous solution. (2014) *Langmuir* v.30, p. 3967–3970.
9. Tomchuk O.V., Bulavin L.A., Aksenov V.L., Garamus V.M., Ivankov O.I., Vul' A.Ya., Dideikin A.T., Avdeev M.V., Small-angle scattering from polydisperse particles with a diffusive surface.(2014) *Journal of Applied Crystallography*, v.47, p.642–653.
10. Tatarskiy D.A., Petrenko A.V., Vdovichev S.N., Udalov O.G., Nikitenko Yu.V., Fraerman A.A., Nonreciprocal transmission of neutrons through the noncoplanar magnetic system. (2014) *Physical Review Letter*, submitted.
11. Киселев М.А., Земляная Е.В., Жабицкая Е.И., Аксенов В.Л., Исследование однослойных везикул ДМФХ в водных растворах сахарозы методами малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей. (2015) *Кристаллография*, т. 60, №1, с.140-150.
12. Schmelzer J.W.P., Tropin T.V., Kinetic criteria of glass-formation, pressure dependence of the glass-transition temperature, and the Prigogine-Defay ratio. (2014)*Journal of Non-Crystalline Solids*, (in press).
13. Tropin T.V., Schulz G., Schmelzer J.W.P., Schick C., Heat capacity measurements and modeling of polystyrene glass transition in a wide range of cooling rates. (2014) *Journal of Non-Crystalline Solids*, (in press).
14. Druzbicki K., Natkaniec I., Vibrational Properties of Water Retained in Graphene Oxide. (2014)

Chemical Physics Letters, v. 600, p.106–111.

15. Bokuchava G.D., Papushkin I.V., Petrov P.I., Residual Stress Study by Neutron Diffraction in the Charpy Specimens Reconstructed by Various Welding Methods. (2014) Comptes rendus de l'Académie Bulgare des Sciences, v. 67, p. 763-768.
16. Scheffzuek C., Ullemeyer K., Vasin R., Naumann R., Schilling F.R. Strain and texture investigations by means of neutron time-of-flight diffraction: application to polyphase gneisses. (2014) In: Holden T.M., Muránsky O. & Hamelin C.J. (Eds.): Mechanical Stress Evaluation by Neutrons and Synchrotron Radiation VII. Materials Science Forum v. 777, p. 136-141.
17. Lychagina T., Nikolayev D., Sanin A., Tatarko J., Ullemeyer K., Investigation of wheel steel crystallographic texture changes due to modification and thermo-mechanical treatment. (2014) Materials Science and Engineering, Dresden.
18. Курлов А.С., Бобриков И.А., Балагуров А.М., Гусев А.И., Анизотропия деформационных искажений в нанокристаллических порошках нестехиометрического карбида ниобия NbC<sub>0.93</sub>. (2014) Письма в ЖЭТФ, т. 100,(в печати).

# 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

В 2014 г. в ЛНФ работы велись в традиционных направлениях: изучение процессов нарушения пространственной и временной четности при взаимодействии нейтронов с ядрами; изучение процесса деления; экспериментальное и теоретическое исследование фундаментальных свойств нейтрона; гамма-спектроскопия нейтронно-ядерных взаимодействий; структура атомного ядра; получение новых данных для реакторных приложений и для ядерной астрофизики; эксперименты с ультрахолодными нейтронами. Значительная часть исследований выполнена на модернизированной исследовательской ядерной установке ИБР-2, импульсном источнике резонансных нейтронов ИРЕН и установке ЭГ-5. Особо следует отметить широкий круг прикладных работ, связанный с применением НАА. Ряд работ в области фундаментальной физики и физики ультрахолодных нейтронов проводились на установках ядерных центров Германии, Китая, США, Франции, Швейцарии.

### Модернизация установки ИРЕН

В 2014 г. продолжались работы по модернизации установки ИРЕН (рис.27). Цель работ – достижение проектных параметров источника нейтронов (интенсивность порядка  $10^{13}$  н/с) к 2016 г. Проект предусматривает монтаж второй ускоряющей секции, установку новых модуляторов и замену клистронов. К настоящему времени приобретены два новых модулятора, формирующие в нагрузке высоковольтные импульсы мощностью до 180 МВт с частотой циклов до 120 Гц и два клистрона E3730A Toshiba мощностью 50 МВт. Выполнение проекта позволит работать с частотой циклов 50 Гц при энергии электронов  $\sim 170$  МэВ, что дает среднюю мощность пучка  $\sim 1.5$  кВт. Дополнительное увеличение выхода нейтронов может быть достигнуто за счет замены вольфрамовой нейтронопроизводящей мишени на мишень из урана-238. Монтаж второй секции, новых источников СВЧ-мощности, урановой мишени требует значительной модернизации инженерной инфраструктуры комплекса ИРЕН, работы по которой ведутся в настоящее время. Так в 2014 году был произведен монтаж системы кондиционирования и вентиляции ускорительных залов, были начаты работы по модернизации системы электроснабжения здания 43. Вместе с тем, в 2014 г. на физический эксперимент установка ИРЕН проработала 1360 часов.

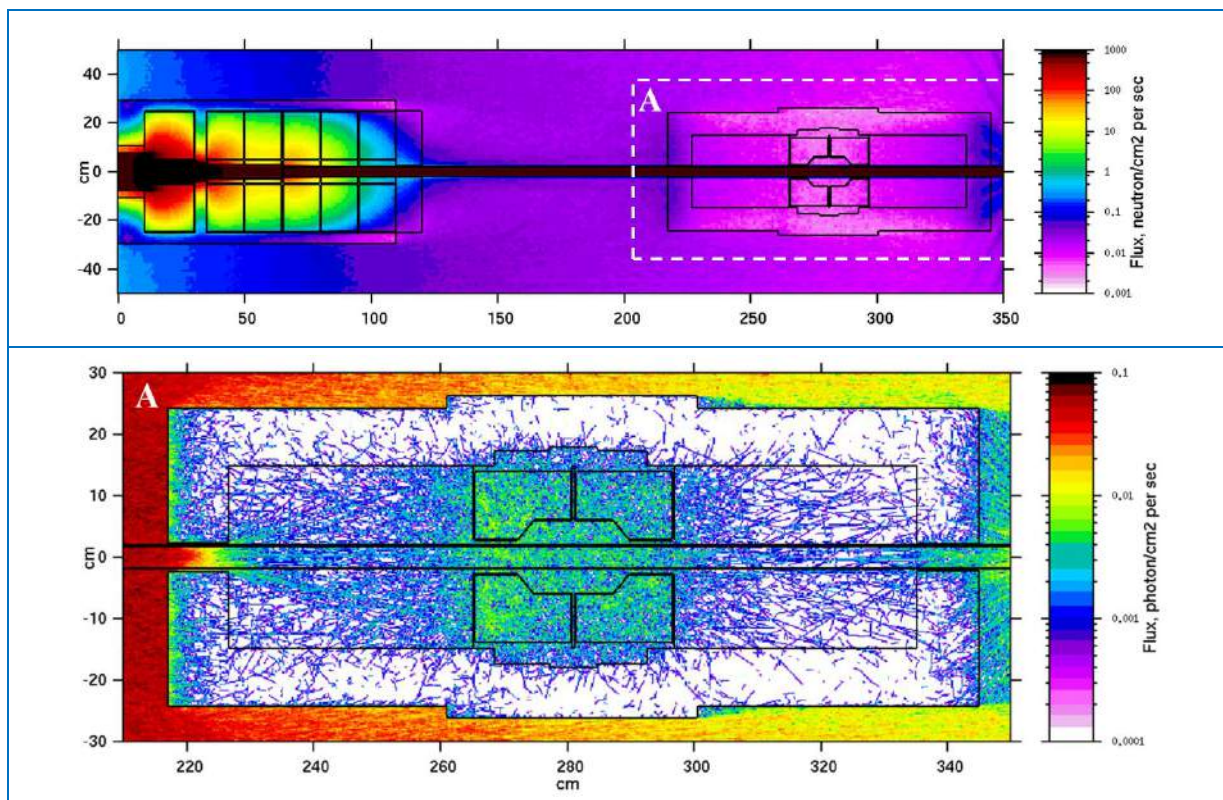


Рис. 27. Подъем модуляторов в зал ускорителя через специально сделанный транспортный проем.

## I. Экспериментальные и методические исследования

**Модернизация детекторной системы «Ромашка-ИЯИЯЭ»**

Многдетекторная система «Ромашка-ИЯИЯЭ» состоит из 12 детекторных модулей на основе NaI(Tl) и предназначена для проведения измерений нейтронных сечений на установке ИРЕН. Детекторная система смонтирована и установлена на канале №4 установки ИРЕН. Были изготовлены, протестированы и смонтированы 12 эмиттерных повторителей сигналов с фотумножителей детекторов гамма-лучей на основе кристаллов NaI(Tl). Проведена серия измерений с помощью стандартных спектрометрических гамма источников ОСГИ (Cs-137 и Co-60) для различных геометрий «источник-детектор», с целью экспериментального и модельного (аналитического) определения эффективности регистрации гамма-излучения неточечных источников. Получены экспериментальные значения эффективностей, модельные находятся в стадии определения. С помощью компьютерной программой FLUKA рассчитано распределение интенсивности (нейтрон, гамма) -поля в области гамма-спектрометра «Ромашка-ИЯИЯЭ» на 4-ом канале ИРЕН (рис. 28)



**Рис. 28.** Интенсивность нейтронного поля в области защитного коллиматора (ЗК) 12-детекторного гамма-спектрометра Ромашка-ИЯИЯЭ (верх) и гамма-лучей в нем, когда на вход ЗК падает пучок нейтронов и гамма-лучей из ИРЕН.

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

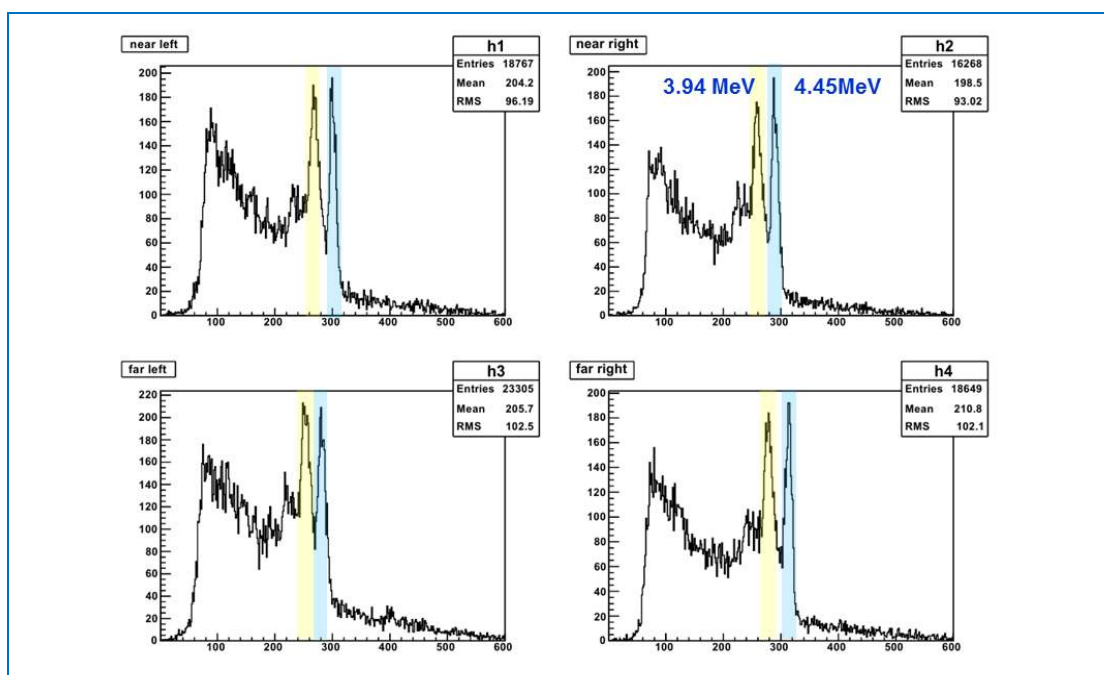
Было проведено тестирование многдетекторной установки «Ромашка», состоящей из 24 гексагональных кристаллов NaI(Tl), при помощи гамма-квантов из реакции неупругого рассеяния 14 МэВ-ных нейтронов на углероде  $^{12}\text{C}(n,n'\gamma)^{12}\text{C}$ . В качестве источника нейтронов использовался генератор меченых нейтронов ИНГ-27. Нейтроны испускаются из реакции  $d + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He}(3.5\text{МэВ}) + n(14.1\text{МэВ})$ , в которой  $\alpha$ -частица и нейтрон разлетаются практически в

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

противоположных направлениях и поэтому, зная направление импульса  $\alpha$ -частицы, можно с хорошей точностью определить направление импульса нейтрона. Таким образом, мечение нейтрона можно осуществлять с помощью многоканального  $\alpha$ -детектора, который встраивается в портативный нейтронный генератор, обеспечивающий ускорение дейтронов до энергий 80-100 кэВ и фокусирование их на тритиевую мишень. Для регистрации  $\alpha$ -частиц использовался 64-пиксельный кремниевый детектор, встроенный в ИНГ-27. Измерение временного интервала между сигналами с  $\alpha$ - и  $\gamma$ -детекторов позволяет определить расстояние от точки испускания нейтрона в d-t реакции до точки, в которой произошло взаимодействие меченого нейтрона с ядром исследуемого вещества (скорость нейтрона с энергией 14.1 МэВ равна 5 см/нсек). Таким образом, возможно определение всех трех координат точки, в которой произошло образование характеристического  $\gamma$ -излучения.



**Рис. 29** Постановка эксперимента по исследованию неупругого рассеяния 14 МэВ-ных меченых нейтронов на ядрах  $^{12}\text{C}$ : 1 – генератор меченых нейтронов ИНГ-27, 2 – полиэтилен, 3 – свинец, 4 – гамма-детекторная система «Ромашка», 5 – куб из графита.

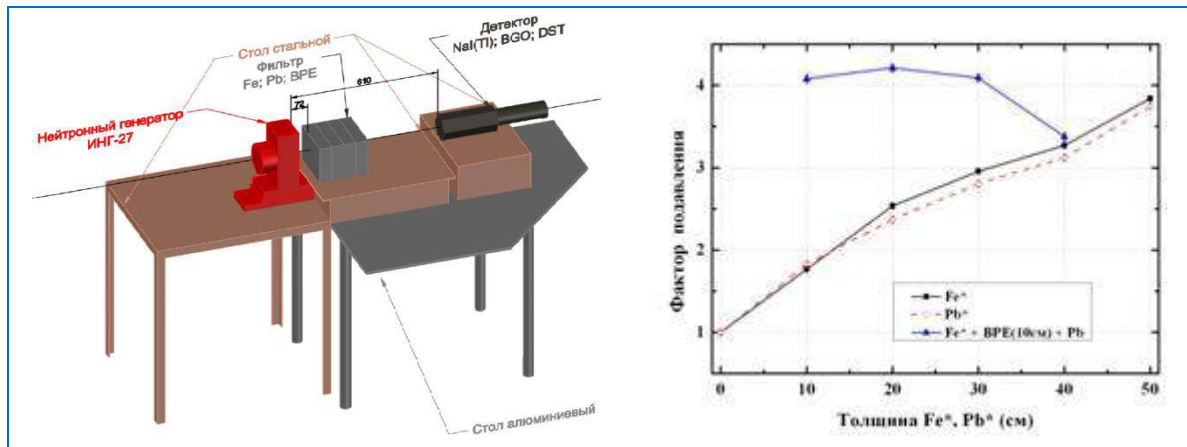


**Рис. 30.** Амплитудные спектры гамма-лучей с 4-х секций установки «Ромашка».

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В эксперименте были измерены временные и амплитудные спектры в совпадении с центральным кремниевым пикселем, который соответствует нейтронному конусу, направленному на мишень из графита, расположенную в центре детекторной системы «Ромашка» (рис. 29). Детекторы были заэкранированы от прямого попадания нейтронов из генератора с помощью комбинированного коллиматора из полиэтилена и свинца. Эксперимент показал, что полученное временное и амплитудное разрешение достаточно для проведения измерений по методике меченых нейтронов с использованием комбинации ИНГ-27 + «Ромашка». Амплитудные спектры гамма-лучей с 4-х секции NaI(Tl) показаны на рис. 30.

Были проведены экспериментальные исследования, а также моделирование наиболее эффективной защиты для уменьшения потока прямых нейтронов из генератора в гамма или нейтронные детекторы. Был создан экспериментальный стенд, позволяющий измерять эффективность защиты детекторов с использованием различных материалов защиты с толщиной, варьируемой от 0 до 50 см. В качестве детекторов использовались сцинтилляторы на основе NaI(Tl), BGO, кристаллического стильбена и жидкости BC-501. Два последних позволяют разделять нейтроны и гамма-кванты по форме импульса. В качестве материалов защиты проверялись различные комбинации из свинца, железа и борированного полиэтилена. Экспериментально найдены наиболее подходящие для проведения запланированных экспериментов составы комбинированной защиты: 30 см (Fe) + 10 см (BPE) + 10 см (Pb) и 20 см (Fe) + 10 см (BPE) + 20 см (Pb). Более детальные результаты будут опубликованы в «Письмах в ЭЧАЯ» (на русском языке), а сокращённая версия статьи будет направлена в Nucl. Instr. and Methods (на английском языке). На рис. 31 показаны схема эксперимента и один из графиков, показывающий степень ослабления 14 МэВ нейтронов генератора ИНГ-27 комбинированной защитой из слоёв Fe и Pb разных толщин.



**Рис. 31** Слева: схема эксперимента по оптимизации защиты от 14 МэВ-х нейтронов. Справа: фактор ослабления нейтронов (и гамма-лучей) при изменении толщины Fe и Pb, измеренный с помощью гексагонального детектор из NaI(Tl).

Была спроектирована и изготовлена установка для измерения углового распределения вылета гамма-квантов в реакции неупругого рассеяние 14-МэВ-ных нейтронов на углероде (рис. 32). Детекторы гамма-квантов на основе NaI(Tl) располагаются в горизонтальной плоскости под разными углами относительно направления потока нейтронов на мишень. Изготовлен коллиматор, который позволяет максимально защитить детекторы от попадания прямых нейтронов из генератора. Размеры коллиматора минимизированы для уменьшения фона от рассеянных на нем быстрых нейтронов. Планируется проведение экспериментов в конце 2014 – начале 2015 г.



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**Рис. 32.** Схема установки для измерения углового распределения в испускании гамма-квантов в неупругом рассеянии 14 МэВ-х нейтронов: генератор меченых нейтронов ИНГ-27; комбинированная защита; набор детекторов нейтронов и гамма-квантов.

### Работы в рамках подготовки эксперимента по измерению $(n, e)$ рассеяния

В 2014 году продолжалась доводка программ 8-канального временного кодировщика и измерительного модуля установки АУРА на базе персонального компьютера. На нейтронном источнике ИРЕН выполнено многочасовое тестирование работы установки с управлением поворотным столом и набором измеряемых спектров [3]. В ходе дальнейшего тестирования установки АУРА проведены четыре недельных цикла измерений анизотропии рассеяния медленных нейтронов с энергиями в интервале 0.005 – 10 эВ металлическим ванадием, который используется как калибровочный образец в экспериментах по физике конденсированных сред. Каждый цикл измерений состоял из ряда часовых экспозиций с записью измеренных детекторами спектров по окончании каждой из них. Поскольку на поворотном столе установлены четыре детектора, и каждый из них попеременно измеряет рассеяние нейтронов вперед и назад (позиции детекторов по отношению к нейтронному пучку меняются при повороте стола на 180° по завершении каждой экспозиции), то анизотропия рассчитывалась как среднее геометрическое отношения отсчетов всех детекторов «вперед/назад»:

$$R = \sqrt[4]{\frac{(N_s - N_{bg})_{2f} (N_s - N_{bg})_{3f} (N_s - N_{bg})_{1f} (N_s - N_{bg})_{4f}}{(N_s - N_{bg})_{1b} (N_s - N_{bg})_{4b} (N_s - N_{bg})_{2b} (N_s - N_{bg})_{3b}}}$$

где под корнем в числителе – суммарные счета детекторов с вычетом фонов в позиции рассеяния нейтронов вперед, а в знаменателе – суммы детекторных счетов в позиции рассеяния назад. Относительная ошибка отношения вычислялась как

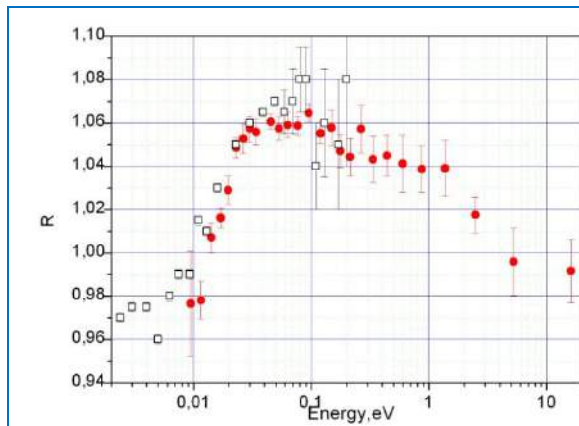
$$\delta R = \sqrt{\sum_1^8 \delta^2(N_s - N_{bg})}, \text{ где } \delta(N_s - N_{bg}) = \frac{\sqrt{(N_s + c^2 N_{bg})}}{N_s - c N_{bg}} \text{ и } c = \frac{M_s}{M_{bg}}.$$

$M_s$  и  $M_{bg}$  – счета мониторов с образцом и без образца, соответственно. Результаты представлены на **рис. 33**.

Данные работы [4] хорошо согласуются с отношениями  $R(E)$ , полученными в экспериментах на реакторе ИБР-2 ранее, и показывают, что в области энергий нейтронов ниже 0.1 эВ рассеяние на ванадии имеет анизотропное поведение, отличное от чисто кинематической анизотропии рассеяния нейтронов на свободном ядре.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

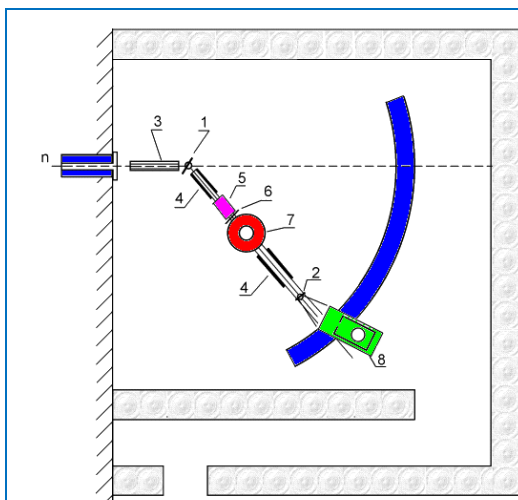
Продолжаются расчеты Монте-Карло с целью уточнения кинематической поправки к асимметрии рассеяния тепловых нейтронов криптоном, необходимой для эксперимента по извлечению точного значения длины  $n, e$ -рассеяния из угловой анизотропии медленных нейтронов, рассеиваемых инертным газом при нормальном давлении.



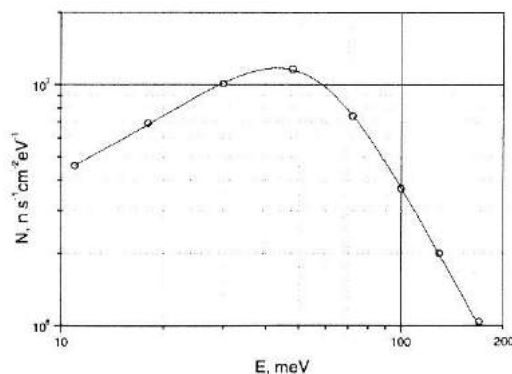
**Рис. 33.** Усредненные отношения  $R(E)$  из работы [3] (точки) и данные, полученные в 2004 году на пучке 116 реактора ИБР-2 (полые квадраты)

### Измерение параметров поляризованного пучка нейтронов на установке КОЛХИДА

В 2014 году на канале №1 ИЯУ ИБР-2, на спектрометре поляризованных нейтронов, после неоднократной переборки внутриканальных коллиматоров, проводились работы по определению параметров поляризованного пучка нейтронов. Параметры были определены для нейтронов энергии 0.062 эВ – 2.3 эВ. Для определения параметров поляризованного пучка нейтронов был использован метод двух преобразователей. Получен пучок поляризованных нейтронов с поляризацией  $P_n = 0.98$ . Схема установки поляризованных нейтронов показана на рис. 34.



**Рис. 34.** 1 – первичный коллиматор; 2 – коллиматор Соллера; 3 – кристалл поляризатора; 4 – ведущие магнитные поля; 5 – флиппер Мезея; 6 – шим; 7 – криостат; 8 – кристалл анализатора; 9 – детектор.



**Рис. 35.** Зависимость плотности потока нейтронов от энергии нейтронов, падающих на поляризатор.

Формирование спектра нейтронов осуществляется в замедлителе реактора. Нейтроны, выходящие из замедлителя, проходят в биологической защите через канал, в которой помещен

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

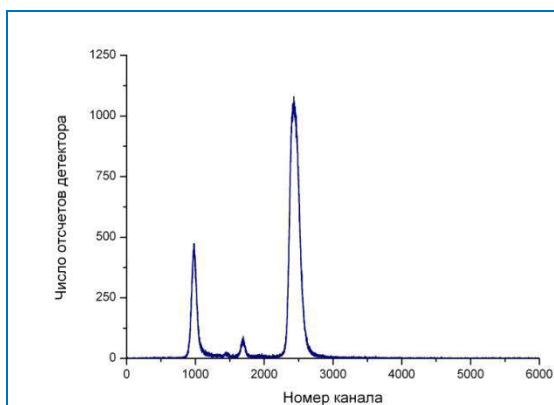
первичный коллиматор 1. В экспериментальном зале перед поляризатором помещен соллеровский коллиматор 2. Для поляризации и анализа поляризации нейтронов используются монокристаллы Co-Fe.

Интенсивность и спектр первичного пучка нейтронов, падающих на поляризатор, были измерены с помощью камеры деления RM-70. Камера была установлена на пролетном расстоянии 13.5 м. В результате были получены данные об интенсивности и спектре нейтронов в интервале энергии от 10 до 200 мэВ (**рис. 35**). Поток нейтронов в указанном интервале энергии составлял  $1.0 \cdot 10^6$  н/см<sup>2</sup>с.

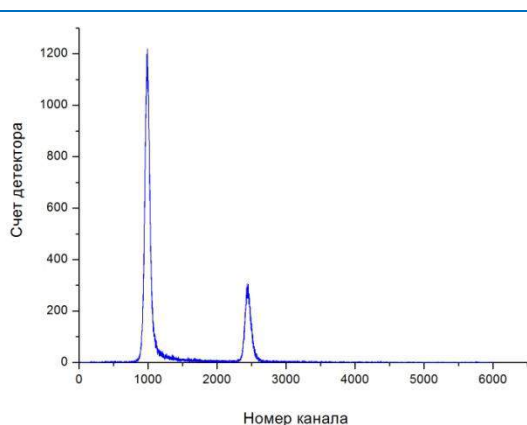
Для монокристалла Co-Fe в геометрии Лауэ проводилось измерение дифракции нейтронов для различных углов  $\theta$  падения нейтронов на плоскость (200) в диапазоне от 3 до 19 град (**рис. 36, 37**). В таблице приведены значения углов  $\theta$ , для которых проведены измерения, и соответствующие им длины волн и энергии нейтронов. В результате сканирования угла  $\theta$  находился максимум отраженного пучка. Скорость счета  $n_1$ , интенсивность  $I_1$ , учитывающая эффективность детектора и площадь отраженного пучка ( $s \cong 4\text{см}^2$ ), приведены в **Таблице 1**.

**Таблица 1.** Параметры пучка поляризованных нейтронов

Угол $\theta$ , град.	19	12	6	4	3
Длина волны $\lambda$ , Å	1,15	0,74	0,37	0,25	0,19
Энергия $E_n$ , эВ	0,062	0,15	0,6	1,3	2,3
Скорость счета детектора после поляризатора $n_1$ , с <sup>-1</sup>	800	270	65	33	22
Интен/ть поляризованного пучка $I_1$ , н/см <sup>2</sup> с	430	200	80	60	50
Скорость счета детектора после анализа $n_2$ , с <sup>-1</sup>	70	23	3,1	0,6	0,2



**Рис. 36.** Времяпролетный спектр нейтронов после поляризатора, полученный за 3 мин измерений.  $\theta = 19^\circ$

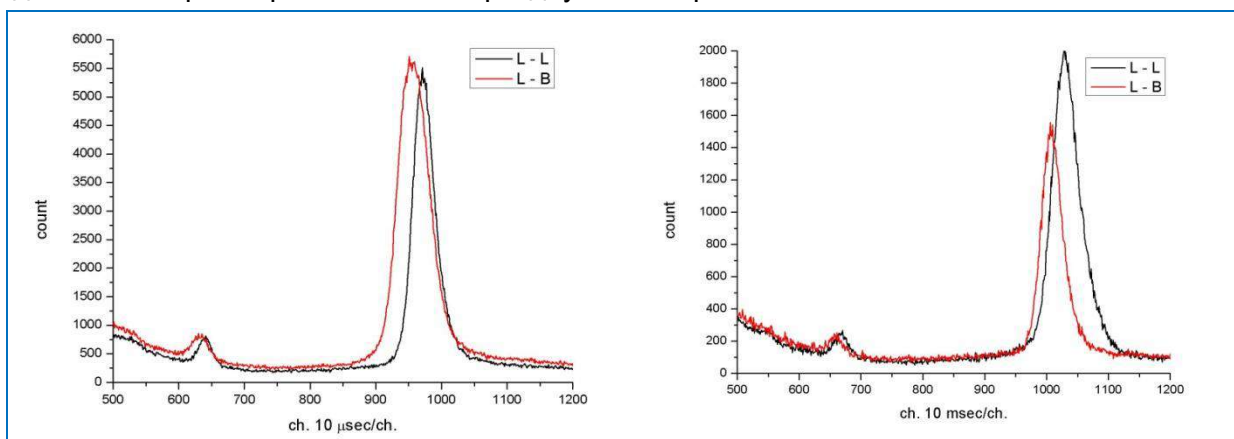


**Рис. 37.** Времяпролетный спектр нейтронов после анализатора, полученный за 10 мин измерений.  $\theta = 19^\circ$

### Наблюдение перехода Лауэ дифракции в дифракцию по Брэггу

В рамках подготовки экспериментов по исследованию слабого нейтрон-ядерного взаимодействия в дифракции нейтронов, на 10-ом канале ИЯУ ИБР-2 проводятся эксперименты по изучению дифракции нейтронов на монокристалле бромида калия. Монокристалл бромида калия был выбран потому что в р-волновом резонансе брома-81 обнаружен довольно большой Р-нечетный эффект в пропускании. В частности было обнаружено интересное явление, переход Лауэ дифракции в дифракцию по Брэггу.

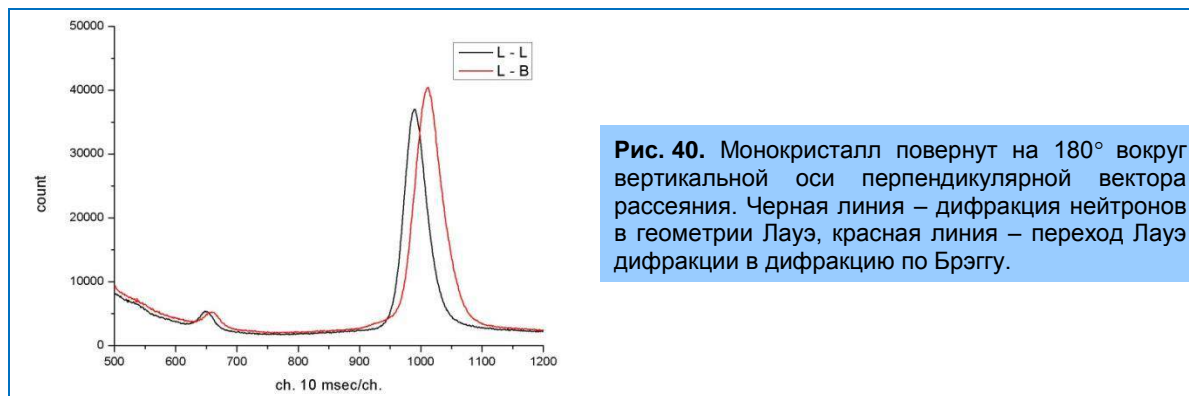
Падающий пучок нейтронов имел поперечное сечение 4x40 мм и расходимость  $4 \times 10^{-3}$  радиана. Перед монокристаллом устанавливалась пластина из кадмия или из борированного полиэтилена, чтобы нейтроны не попадали на боковую поверхность монокристалла. За монокристаллом так же устанавливалась такая же пластина, которая закрывала боковую поверхность монокристалла в геометрии дифракции нейтронов по Лауэ, или закрывала торец монокристалла, при наблюдении перехода Лауэ дифракции в дифракцию по Брэггу. На **рис. 38** представлены времяпролетные спектры двух геометрий.



**Рис. 38.** Черная линия – дифракция нейтронов в геометрии Лауэ, красная линия – переход Лауэ дифракции в дифракцию по Брэггу.

**Рис. 39.** Монокристалл повернут на  $180^\circ$  вокруг вектора рассеяния. Черная линия – дифракция нейтронов в геометрии Лауэ, красная линия – переход Лауэ дифракции в дифракцию по Брэггу.

Самое простое объяснение наблюдаемого эффекта – двойниковость монокристалла. Чтобы проверить эту гипотезу, монокристалл был повернут на  $180^\circ$  градусов вокруг вектора рассеяния.



**Рис. 40.** Монокристалл повернут на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси перпендикулярной вектора рассеяния. Черная линия – дифракция нейтронов в геометрии Лауэ, красная линия – переход Лауэ дифракции в дифракцию по Брэггу.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

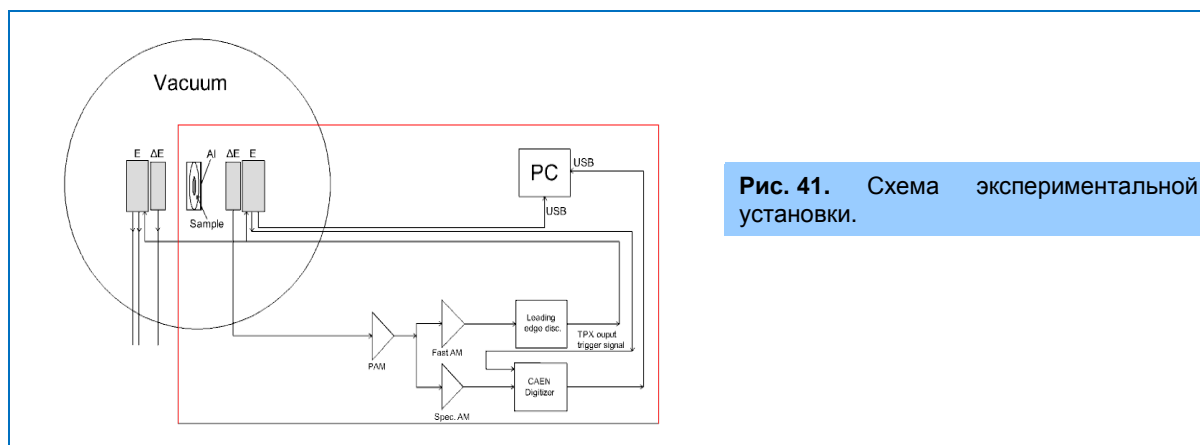
На **рис. 39** представлены времяпролетные спектры эти измерений. Видно, что характер спектров не изменился. В принципе такая картина может наблюдаться либо в деформированном монокристалле, либо за счет слабого нейтрон-ядерного взаимодействия. Если монокристалл деформирован, то повернув монокристалл на 180 градусов вокруг оси перпендикулярной вектору рассеяния, мы должны наблюдать противоположное расположение рефлексов. Результаты этих измерений представлены на **рис. 40**. Они подтверждают гипотезу о деформированном монокристалле. Подобная картина наблюдается на трех монокристаллах бромида калия изготовленных в разное время.

### Развитие методов исследования физики деления

*Регистрация тройного и четверного спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$  с помощью  $\Delta E$ -E телескопов на основе кремниевого пиксельного детектора TimePix*

В 2014 году в ЛНФ совместно с ТУ Прага проводились измерения тройного и четверного спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$  с использованием детекторов TimePix. Для идентификации тройных частиц использовался  $\Delta E$ -E метод, позволяющий разделять легкие заряженные частицы по заряду. В качестве  $\Delta E$ -детектора использовался тонкий кремниевый детектор (12 мкм), в качестве E-детектора – пиксельный детектор TimePix с толщиной сенсорного слоя 300 мкм.

Схема экспериментальной установки показана на **рис. 41**. В вакуумной камере располагается спонтанный источник деления  $^{252}\text{Cf}$  и две сборки из  $\Delta E$ -E детекторов. Между источником и детекторами помещалась алюминиевая фольга толщиной 31 мкм, которая обеспечивала полное поглощение осколков деления и альфа-частиц из спонтанного альфа-распада калифорния (6.2 МэВ). Таким образом, детекторы регистрировали только длиннопробежные легкие заряженные частицы из тройного деления.



На **рис. 42a** показаны двухмерные  $\Delta E$ -E кривые разделения легких заряженных частиц. В эксперименте удалось зарегистрировать частицы от водорода до бериллия. Хорошо видно наиболее интенсивную область альфа-частиц. Для каждого типа частиц были построены энергетические спектры. Предварительно были сделаны поправки на потери энергии в алюминиевой фольге и в  $\Delta E$  детекторе, рассчитанные с помощью программы Srim. **Рис. 42b** демонстрирует измеренное энергетическое распределение альфа-частиц в тройном делении  $^{252}\text{Cf}$  в сравнении с известными литературными данными. **Рис. 43(a,b,c)** демонстрируют энергетические спектры гелия, лития и бериллия. Для каждого из спектров была проведена подгонка кривой Гаусса и были определены выходы легких заряженных частиц.

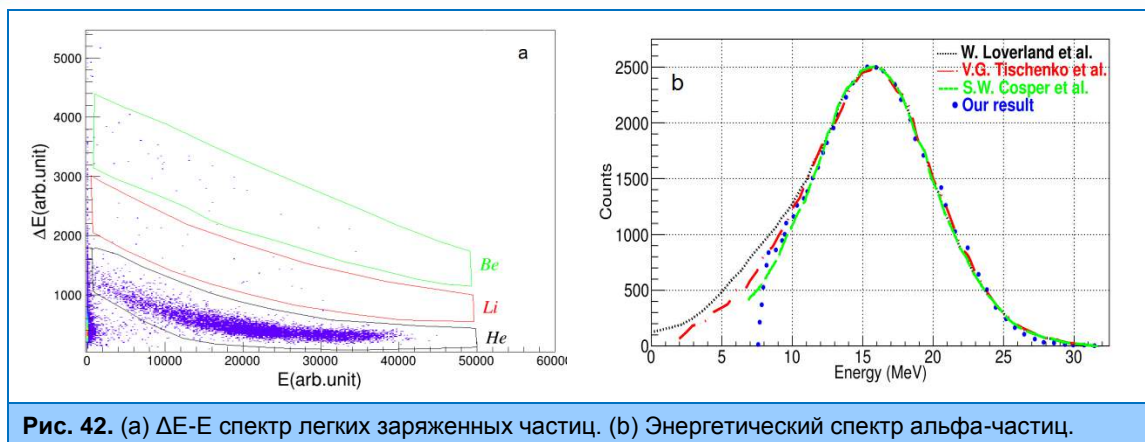


Рис. 42. (а)  $\Delta E$ - $E$  спектр легких заряженных частиц. (б) Энергетический спектр альфа-частиц.

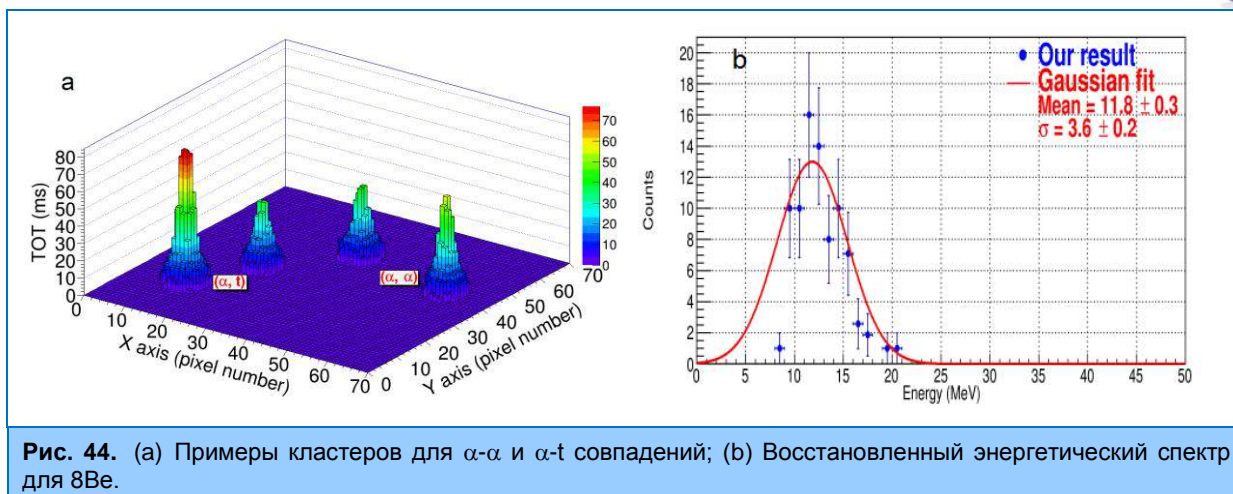


Рис. 43. Энергетические спектры легких заряженных частиц: (а) He, (б) Li, (с) Be.

В эксперименте также велся поиск еще более редкой моды деления, чем тройное деление – четверного деления – когда наряду с двумя основными осколками испускаются две легкие заряженные частицы. Вероятность такого процесса чрезвычайно мала и достигает  $10^{-6}$  –  $10^{-7}$  от обычного двойного деления. Как правило, в четверном делении образуются две альфа-частицы, которые, в свою очередь, могут испускаться либо независимо (истинное четверное деление), либо в результате распада нестабильного ядра  ${}^8\text{Be}$ , испущенного в качестве третьей частицы (псевдо-четверное деление).

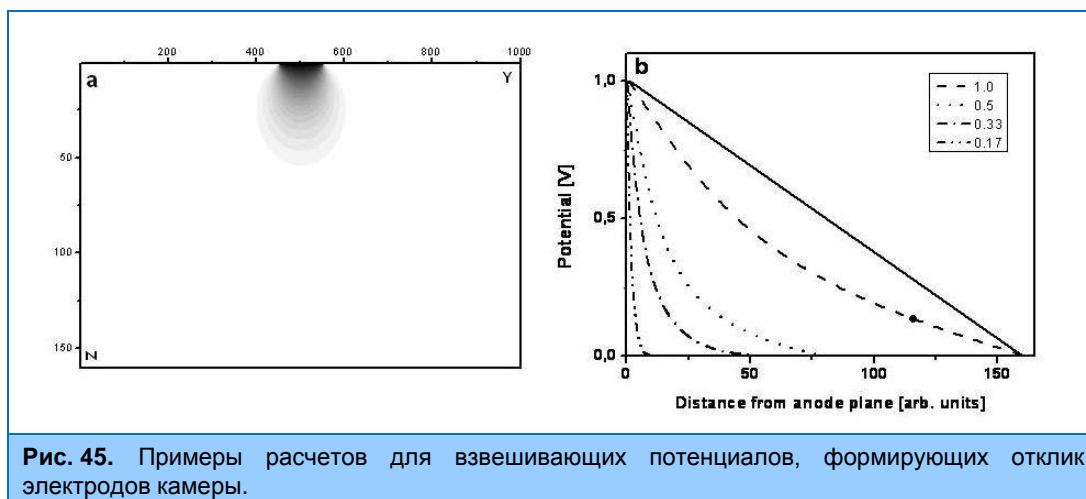
Были наблюдаены 72 события, в которых две частицы были зарегистрированы одновременно в одном или двух телескопах. Из них в 63 событиях наблюдалось симметричное распределение энергий между двумя частицами и в 9 событиях – асимметричное. Первая группа событий была приписана к  $\alpha$ - $\alpha$  четверному деления, вторая группа – к  $\alpha$ -t (рис. 44а). События, в которых две  $\alpha$ -частицы испускались под очень маленьким углом друг к другу, были приписаны псевдо-четверному делению – распаду нестабильного короткоживущего  ${}^8\text{Be}$ . Из измеренных энергий альфа-частиц был восстановлен энергетический спектр испускаемых частиц  ${}^8\text{Be}$ , который представлен на рис. 44б. Также были определены вероятности истинного и псевдочетверного деления, которые находятся в согласии с известными экспериментальными и теоретическими оценками.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



### Позиционно-чувствительная камера для исследования мгновенных нейтронов деления

В связи с разработкой позиционно чувствительной двойной ионизационной камеры был выполнен ряд расчетных работ. Проведены расчеты электростатических полей и моделирование отклика детектора при регистрации осколков деления (**рис. 45**). Были выведены формулы для вычисления координат осколков в трехмерной декартовой системе координат. В результате численного моделирования детектора было показано, что благодаря полосковой структуре анодов камеры, появилась возможность отказа от сетки Фриша. Была разработана архитектура системы сбора данных с детектора с применением 64-канальной системы синхронизации и оцифровки импульсов детектора. Было показано, что разработанный детектор может быть использован для создания изображений объектов в нейтронной радиографии с импульсным источником нейтронов.



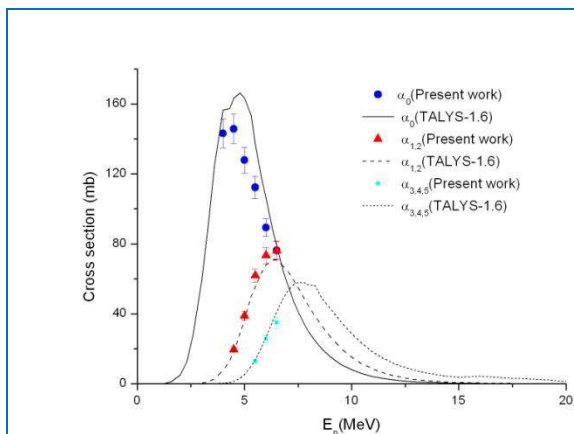
### Исследования реакций $(n,p)$ , $(n,\alpha)$

Продолжены экспериментальные и теоретические исследования реакций (нейтрон, заряженная частица) на быстрых нейтронах. Измерения проводятся на ускорителях Ван-де-Граафа ЭГ-5 в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и ЭГ-4.5 Института физики тяжелых ионов Пекинского университета. Данные о реакциях с вылетом заряженных частиц, вызванных

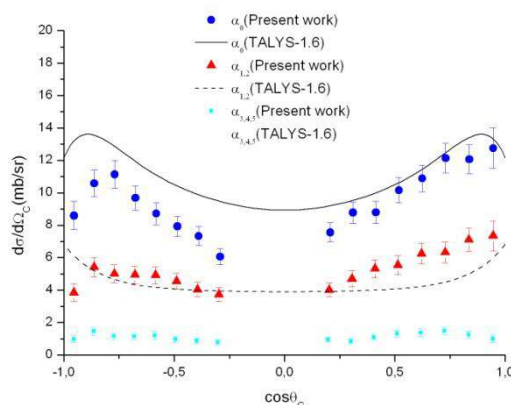
## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

быстрыми нейтронами, представляют значительный интерес для изучения механизмов ядерных реакций, структуры атомных ядер, выбора конструкционных материалов и проведения расчетов при создании новых установок для ядерной энергетики.

Проведены измерения реакций  $^{25}\text{Mg}(n,\alpha)^{22}\text{Ne}$  и  $^{54,56,\text{nat}}\text{Fe}(n,\alpha)$ . Завершен анализ данных измерений реакций  $^{57}\text{Fe}(n,\alpha)^{54}\text{Cr}$  и  $^{63}\text{Cu}(n,\alpha)^{60}\text{Co}$  при  $E_n \sim 4.0 - 6.5$  МэВ, результаты опубликованы. Завершена обработка данных из измерений реакции  $^{40}\text{Ca}(n,\alpha)^{37}\text{Ar}$ , подготовлена публикация. Для этого ядра измерены дифференциальные сечения реакций  $^{40}\text{Ca}(n,\alpha_0)$ ,  $(n,\alpha_{1,2})$ , and  $(n,\alpha_{3,4,5})$  при энергии нейтронов 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 и 6.5 МэВ. Экспериментальные значения сечений сравнены с расчетами с использованием кода TALYS-1.6 (рис. 46, 47). Выполнен систематический анализ наших экспериментальных сечений реакции  $(n,\alpha)$  в энергетическом диапазоне от 4 до 6 МэВ. Зависимость этих сечений от параметра  $(N-Z+0.5)/A$  в указанном энергетическом диапазоне была наблюдаема и объяснена в рамках статистической модели.



**Рис. 46.** Измеренные парциальные сечения реакций  $^{40}\text{Ca}(n,\alpha_0)$ ,  $(n,\alpha_{1,2})$  и  $(n,\alpha_{3,4,5})$  в сравнении с расчетами, выполненными по программам TALYS-1.6.



**Рис. 47.** Парциальные дифференциальные сечения реакции  $^{40}\text{Ca}(n,\alpha)^{37}\text{Ar}$  в СЦМ при  $E_n = 5.5$  МэВ.

### Исследования структуры ядра

Разработан и полностью протестирован принципиально новый вариант практической модели каскадного распада произвольного уровня ядра любого типа с энергией возбуждения, равной энергии связи нуклона и выше. Полное отсутствие пригодных для практических целей теоретических моделей свойств возбужденных уровней со структурой, определяемой несколькими квазичастицами и фонами, обусловило необходимость включения в такую модель чисто феноменологических представлений о плотности уровней вибрационного типа и парциальных ширин их распада. В частности, для задания формы энергетической зависимости суммарной плотности квазичастичных и фонных уровней при любых энергиях возбуждения ядра. Варьирование этих зависимостей для различных функций энергии возбуждения и анализ аппроксимированных значений параметров модифицируемых феноменологических представлений показал, что изменение плотности уровней вибрационного типа (точно воспроизводящих значения экспериментальных интенсивностей двухквантовых каскадов) определяется единственным и общим для ядер любой массы и формы параметром - средним значением энергии спаривания нуклона  $\Delta = 12.8/\sqrt{A}$ .

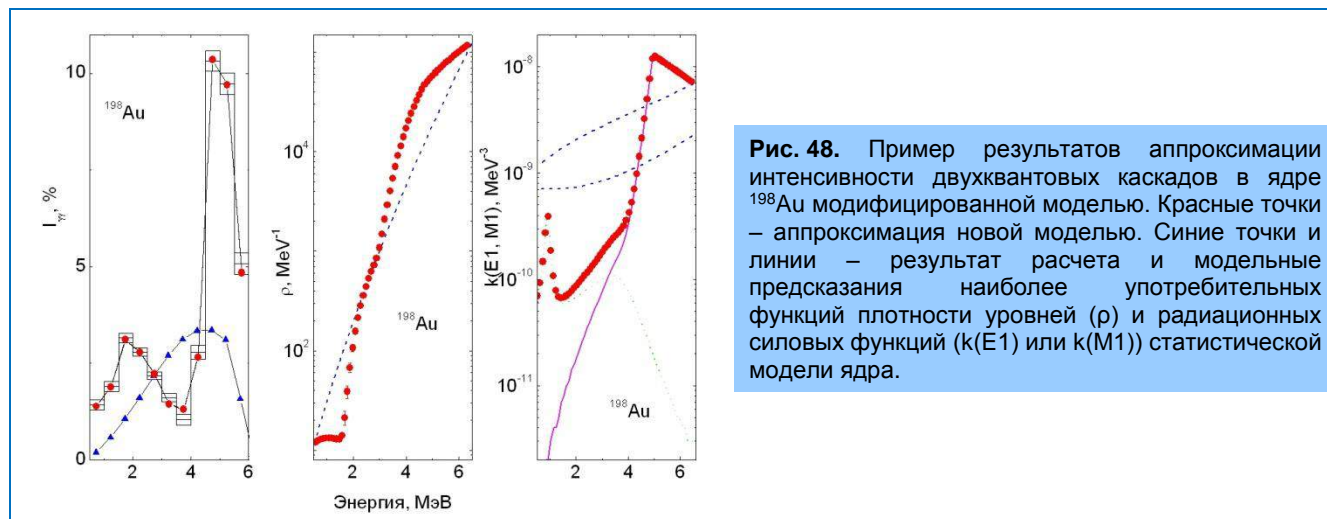
Число разорванных куперовских пар нуклонов ниже энергии спаривания и пороги их разрыва при использованных вариантах модификации феноменологической части модели



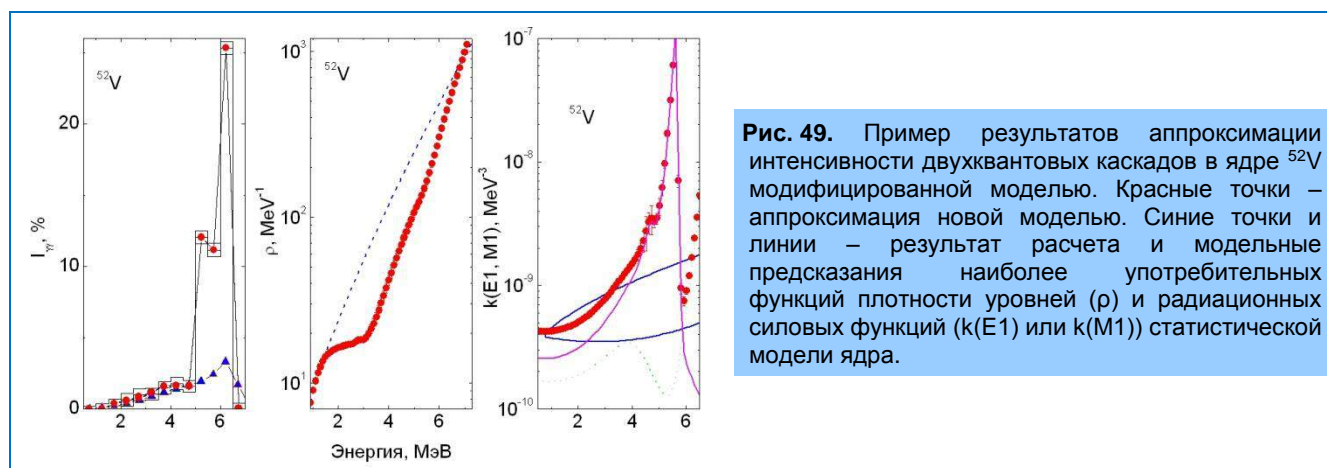
## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

вполне соответствует полученным ранее значениям. При этом дипольные электрические и магнитные парциальных ширинах гамма-распада уровней обеспечивать наличие 1-2 максимума соответствующих силовых функций. То есть такие параметры возбужденного ядра, как плотность уровней и вероятность их распада с методически радикально лучшей точностью описываются моделями, учитывающими наличие в ядре обычной и сверхтекучих фаз и их взаимодействие. Соответственно, статистическая модель ядра (существующая более полувека), не соответствует современному уровню экспериментального изучения ядра.

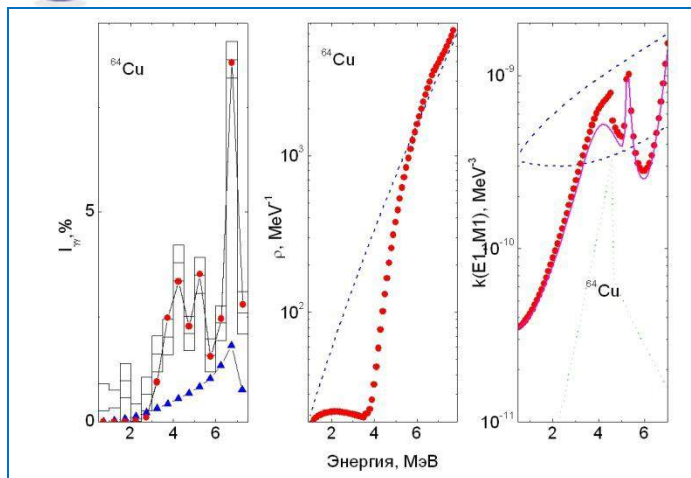
Новые экспериментальные данные по интенсивностям двухквантовых каскадов в ядрах  $^{52}\text{V}$  и  $^{64}\text{Cu}$ , полученные на реакторе Далата (Вьетнам), проанализированы в рамках этой модели гамма-распада нейтронных резонансов (рис. 48-50). Показано, что эти новые данные полностью воспроизводятся в рамках модели, учитывающей наличие в возбужденном ядре сверхтекучей формы ядерной материи. И не укладываются в рамки существующих представлений о ядре, как о чисто фермионной системе.



**Рис. 48.** Пример результатов аппроксимации интенсивности двухквантовых каскадов в ядре  $^{198}\text{Au}$  модифицированной моделью. Красные точки – аппроксимация новой моделью. Синие точки и линии – результат расчета и модельные предсказания наиболее употребительных функций плотности уровней ( $\rho$ ) и радиационных силовых функций ( $k(E1)$  или  $k(M1)$ ) статистической модели ядра.



**Рис. 49.** Пример результатов аппроксимации интенсивности двухквантовых каскадов в ядре  $^{52}\text{V}$  модифицированной моделью. Красные точки – аппроксимация новой моделью. Синие точки и линии – результат расчета и модельные предсказания наиболее употребительных функций плотности уровней ( $\rho$ ) и радиационных силовых функций ( $k(E1)$  или  $k(M1)$ ) статистической модели ядра.



**Рис. 50.** Пример результатов аппроксимации интенсивности двухквантовых каскадов в ядре  $^{64}\text{Cu}$  модифицированной моделью. Красные точки – аппроксимация новой моделью. Синие точки и линии – результат расчета и модельные предсказания наиболее употребительных функций плотности уровней ( $\rho$ ) и радиационных силовых функций ( $k(E1)$  или  $k(M1)$ ) статистической модели ядра.

### Расчет гелиевого источника УХН на выведенном пучке тепловых нейтронов

В настоящее время прогресс в области физики ультрахолодных нейтронов (УХН), как инструмента ядерно-физических исследований, в значительной степени ограничен интенсивностью существующих источников УХН. Поэтому во многих научных центрах мира разрабатываются проекты по созданию новых усовершенствованных источников, позволяющих увеличить плотности и потоки доступных для экспериментов УХН на 1-2 порядка.

Гелиевый источник УХН был впервые предложен еще 1975 г. в работе [6]. Принцип работы такого источника основан на том, что при рассеянии нейтрона в жидком  $^4\text{He}$ , в гелии может возбудиться фонon с энергией 1.02 мэВ. Если при этом энергия нейтрона немного превышает 1.02 мэВ, то он превратится в ультрахолодный. УХН могут образовываться таким образом из падающих нейтронов с энергией, лежащей в очень узком диапазоне, т.к. энергия УХН ограничена сверху  $\sim 300$  нэВ. Возможно также одновременное возбуждение двух и более фононов в гелии. Для широкого спектра падающих холодных нейтронов оба процесса будут давать сопоставимое число УХН.

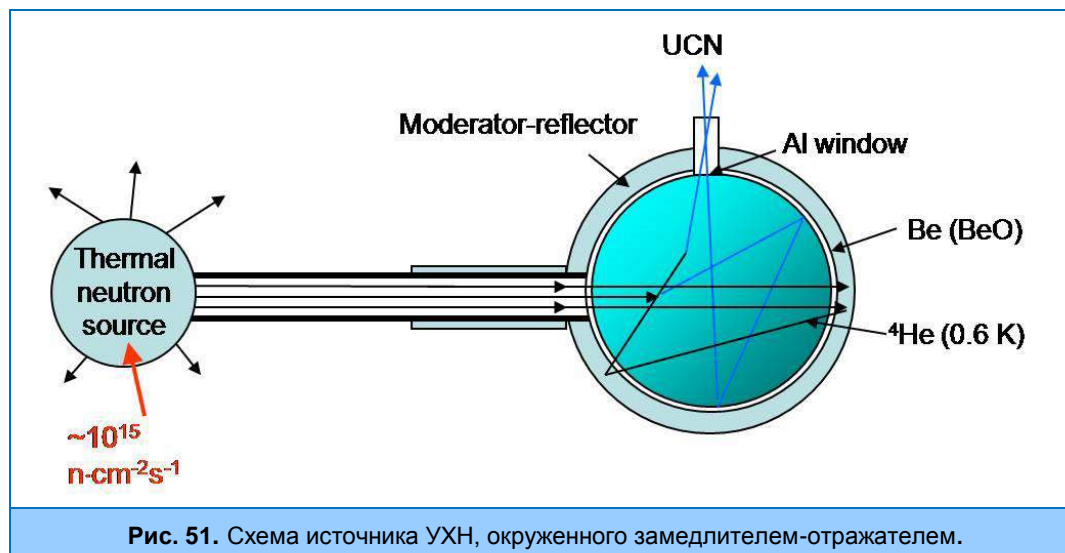
В той же работе было показано, что образовавшиеся УХН могут достаточно долго жить в сверхтекучем гелии, если его температура  $\sim 1^\circ$  К или ниже. Это обстоятельство позволяет накапливать УХН в источнике такого типа до очень высокой плотности.

Если источник УХН, содержащий жидкий гелий при температуре ниже 1 К, установленный в пучок холодных нейтронов, окружить отражателем холодных нейтронов, из которых будут производиться УХН (т.е. сделать ловушку для холодных нейтронов), то можно заметно повысить поток холодных нейтронов в источнике, и соответственно темп генерации УХН. Если в качестве отражателя использовать вещество, которое одновременно является и хорошим замедлителем тепловых нейтронов (и которое фактически будет являться источником холодных нейтронов), то можно, во-первых, значительно поднять поток холодных нейтронов в источнике, а следовательно и его производительность, и, во-вторых, для производства УХН использовать “дешевые” тепловые нейтроны вместо “дорогих” холодных [7]. Так, максимальная плотность потока в пучках холодных нейтронов на реакторе ILL достигает  $\sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , а максимальная плотность потока теплового пучка на том же реакторе, может достигать  $\sim 10^{11} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

На рис. 51 схематично изображен такой источник УХН, окруженный замедлителем-отражателем, который является источником холодных нейтронов. Чем выше альbedo отражателя, тем выше плотность потока нейтронов в источнике (в пределе, при альbedo

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

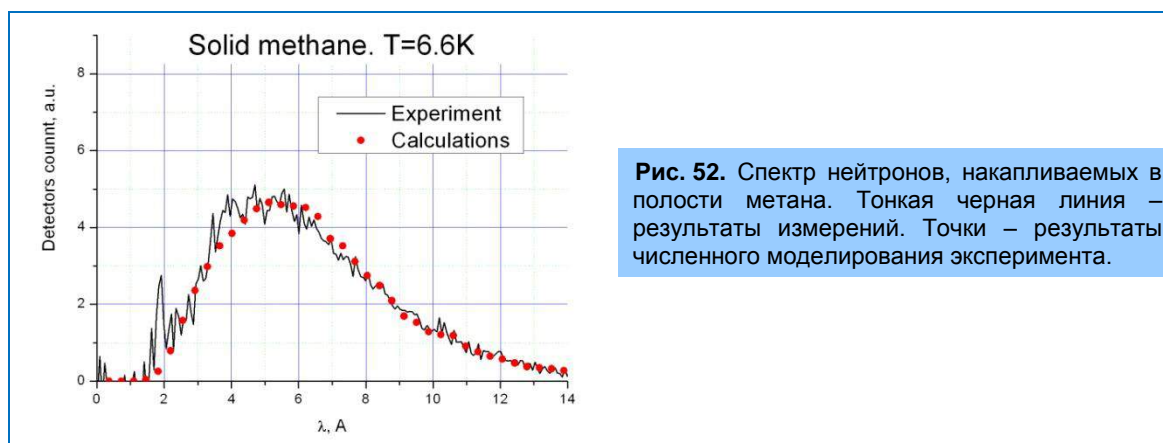
отражателя строго равно 1 плотность потока нейтронов, накопленных в полости отражателя, будет строго равна плотности потока в источнике – для реакторов ПИК и ILL  $\sim 10^{15} \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).



Вещество с максимальным альбедо холодных нейтронов, которое нам удалось найти – твердый метан в фазе II, охлажденный до температуры  $\sim 4\text{K}$ . Твердый метан одновременно является и одним из лучших холодных замедлителей нейтронов.

Если источник УХН расположить на конце нейтронновода диаметром 20 см непосредственно за биологической защитой реактора, то плотность потока тепловых нейтронов на входе в источник на реакторе ILL составит  $1.2 \cdot 10^{11} \text{ n}/(\text{cm}^2\cdot\text{s})$ , а на реакторе ПИК –  $3.6 \cdot 10^{11} \text{ n}/(\text{cm}^2\cdot\text{s})$ . Соответствующие интегральные потоки:  $3.8 \cdot 10^{13} \text{ n/s}$  и  $1.14 \cdot 10^{14} \text{ n/s}$ .

Чтобы определить, как работает замедлитель-отражатель из твердого метана, в прошлом году были произведены измерения количества и спектра нейтронов, накапливаемых в полости твердого метана, если в нее запустить монохроматические нейтрона с длиной волны  $1.8 \text{ \AA}$ . В этом году было проведено компьютерное моделирование эксперимента при помощи программы MCNP 4с со специальным ядром для твердого метана. Результаты измерений и расчетов полностью совпали (рис. 52). Это позволило нам рассчитать параметры предлагаемого источника УХН.



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты этих расчетов таковы: достигаемая объемная плотность УХН в источнике диаметром 40 см, установленном на реакторе ILL, составляет  $4.4 \cdot 10^4$  UCN/cm<sup>3</sup> при темпе производства УХН:  $5 \cdot 10^6$  UCN/s. Тот же источник, установленный на реакторе ПИК, даст, соответственно:  $1.3 \cdot 10^5$  UCN/cm<sup>3</sup> и  $1.5 \cdot 10^7$  UCN/s. При этом объемная плотность УХН в источнике будет на 3 порядка больше, чем достигнута в существующих источниках УХН.

### **Сотрудничество в коллаборации GRANIT в ILL (Франция).**

ЛНФ ОИЯИ совместно с ФИАН и Университетом Верджинии (США) являются коллективным членом коллаборации GRANIT. Цель коллаборации состоит в развитии и строительстве гравитационного нейтронного спектрометра второго поколения с ультравысоким энергетическим разрешением – GRANIT (ГРавитационные Нейтронные Индуцированные Переходы).

В рамках работ по развитию спектрометра, в текущем году были проведены измерения фактора потерь в изготавливаемом сапфировом нейтроноводе. Полученные результаты измерений вероятности потерь в нейтроноводе составили  $3 \cdot 10^{-4}$  на удар. При этом отсутствие спектральной зависимости потерь указывает на отсутствие нейтронных щелей в нейтроноводе. При его обезгаживании или охлаждении до азотной температуры вероятность потерь упадет в несколько раз. Это позволит в следующем году перейти на новую нейтроноводную систему со значительно улучшенными характеристиками.

### **Продолжение эксперимента по проверке слабого принципа эквивалентности для нейтрона**

Продолжена работа по проверке слабого принципа эквивалентности для нейтрона с гравитационным спектрометром EpiGraph построенным в 2010 г. и существенно усовершенствованным в 2011 году. Работа прибора основана на совместном использовании Нейтронных Интерферометров Фабри-Перо и прерывателя-модулятора нейтронного потока. Изменение энергии нейтрона mgH при падении в гравитационном поле сравнивается в нем с энергий, передаваемой нейтрону при дифракции в -1 порядок на движущейся дифракционной решетке.

Особенностью прибора является возможность использования оригинального метода времени пролета, основанного на периодической модуляции нейтронного потока и измерении фазы осцилляции скорости счета детектора. Регистрация УХН ведется детектором, синхронизованным с модулятором. Высокая степень монохроматизации пучка ( $\Delta v/v < 2\%$ ) позволяет работать с временами пролета, многократно превышающими период модуляции, что обеспечивает уникальное энергетическое разрешение прибора.

В истекшем году:

1. Проведен анализ результатов, полученных в предыдущем цикле измерений.
2. Проанализированы возможные причины нескольких систематических эффектов, обнаруженных ранее.
3. Создан новый программно-измерительный комплекс для управления элементами прибора, сбора и первичного анализа полученных данных. С его помощью производится перестройка и стабилизация частоты модулятора-прерывателя и вращающейся решетки, а также перемещение по высоте анализирующего фильтра. Для первичного анализа и сбора данных используется автономное устройство E 20-10 с четырехканальным АЦП с частотой опроса 10МГц и буферизацией данных. Обмен с PC производится по USB порту. В связи со спецификой источника УХН PF2, на котором ведутся эксперименты, работа программы синхронизируется с устройством, распределяющим пучки УХН от источника.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4. Для лучшего понимания особенностей работы прибора и выявления систематических погрешностей начата работа по МС моделированию спектрометра с использованием пакета Geant4-UCN
5. В начавшемся 3 ноября с.г. цикле измерений на пучке УХН института Лауэ-Ланжевена в Гренобле найдены причины по крайней мере трех источников систематических погрешностей, проявившихся в измерениях 2012г.

### **Фурье-спектрометрия УХН по времени пролета и экспериментальное исследование спектров УХН при дифракции на движущейся решетке.**

При анализе результатов экспериментальных данных, полученных в 2012 году было понято, что используемое нами явление квантования энергии нейтронов при дифракции на движущейся решетке недостаточно хорошо изучено как теоретически, так и экспериментально. В истекшем году нами были предприняты значительные усилия для восполнения этого пробела. Для экспериментального изучения этого явления было сделано следующее:

1. Проанализированы имеющиеся экспериментальные данные тестовых экспериментов по фурье-спектроскопии УХН.
2. Проведены модельные МС расчеты симулирующие набор и анализ фурье-спектров по времени пролета.
3. Спроектирован и изготовлен новый модулятор спектрометра (**рис. 53**) с соответствующим статором.

В начавшемся 3 ноября с.г. цикле измерений на пучке УХН института Лауэ-Ланжевена в Гренобле методика Фурье-спектрометрии по времени пролета успешно опробована и получены временные спектры УХН, сформированные тремя разными типами интерференционных фильтров.

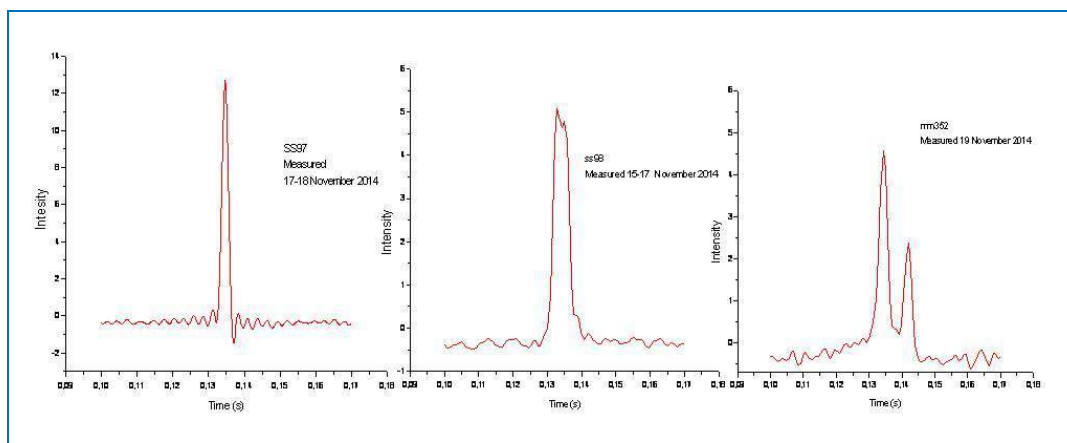


**Рис. 53.** Многощелевой Фурье прерыватель спектрометра Epigraph.

Совместно с В. А. Бушуевым (МГУ им. Ломоносова) развита многоволновая динамическая теория дифракции нейтронов на движущейся фазовой решетке в рамках приближения медленно меняющихся амплитуд. Проанализировано влияние скорости движения решетки, ее периода и высоты штрихов на дискретный энергетический спектр и интенсивности дифракционных пиков различных порядков. В развитие предшествующих работ А. И. Франка, в которых была предсказана возможность отрицательного времени задержки при отражении нейтронов от многослойных структур совместно с В. А. Бушуевым проведен анализ понятия группового времени задержки (ГВЗ) при отражении электромагнитных волн и нейтронов от резонансных и нерезонансных сред и слоистых структур. Рассмотрена связь ГВЗ с временной задержкой импульсов и пространственным продольным сдвигом пучков. Обсуждены возникающие при этом мнимые парадоксы и влияние ГВЗ на форму отраженных

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

импульсов и пучков. Начата работа по расчетам квантовых эффектов при пропускании нейтронов через кварцевый вибратор, колеблющийся с высокой частотой. В рамках модели эффективного потенциала этот объект представляет собой область потенциала, граница и величина которого периодически зависят от времени. Трудность таких квантовых расчетов обусловлена тем обстоятельством, что время распространения нейтронов через вещество ( $10^{-4}$  с) много больше периода осцилляции ( $5 \times 10^{-7}$  с) (рис. 54).



**Рис. 54.** Спектры времени пролета, сформированные интерференционными филитрами и полученные методом Фурье-спектроскопии. Слева направо: пятислойный фильтр с узкой линией пропускания, шириной порядка 4 нэВ, девятислойный фильтр с широкой линией пропускания порядка 10 нэВ и пятислойный фильтр со связью между резонаторами, и расщепленной линией пропускания.

### Методические и прикладные исследования

#### **Аналитические и методические исследования на установке ИРЕН**

На установке ИРЕН изучалось воздействие нейтронов и гамма-квантов на пластиковые сцинтилляторы, используемые в эксперименте CMS в ЦЕРНе. Опыт трёхлетней работы адронного калориметра показал неожиданно большое уменьшение светового выхода пластиковых детекторов. Был сделан вывод, что не все факторы влияния радиоактивного излучения на сцинтилляторы были учтены. Для прояснения этого вопроса были проведены исследования четырёх типов пластиковых сцинтилляторов SCSN-81, UPS-923A (изготовлены в Харькове), BC-408, LNE (изготовлены в Дубне). Облучение проводилось на установке ИРЕН – источнике резонансных нейтронов. Максимальное время облучения – 30 дней. Величина световых выходов образцов различной формы после облучения сравнивалась с величиной световых выходов до облучения. Полученные результаты не показали значительного влияния темпа облучения на световой выход. В эксперименте CMS между сцинтилляторами находится большое количество бронзы. Поэтому исследовалось влияние дополнительной наведённой радиоактивности, излучаемой радиоизотопами, появившимися в результате облучения нейтронами бронзы. Для этого на одном и том же расстоянии от мишени ИРЕН облучались два одинаковых сцинтиллятора SCSN-81. Но за одним из них располагался диск из бронзы. Измерения световых выходов показали, что существует значительный вклад от наведённой активности. Результаты измерений подтверждаются результатами расчётов с помощью программы FLUKA.

В 2014 г. были закончены измерения и обработка данных, связанные с поиском космической пыли в образцах, предоставленных Государственным астрономическим институтом им. П. К. Штернберга, МГУ. Измерения проводились на установке ИРЕН.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализировались образцы, доставленные экспедициями 2010 – 2011 гг. в районе ледника Арктур (Северо-Чуйский хребет Алтая) (рис. 55).

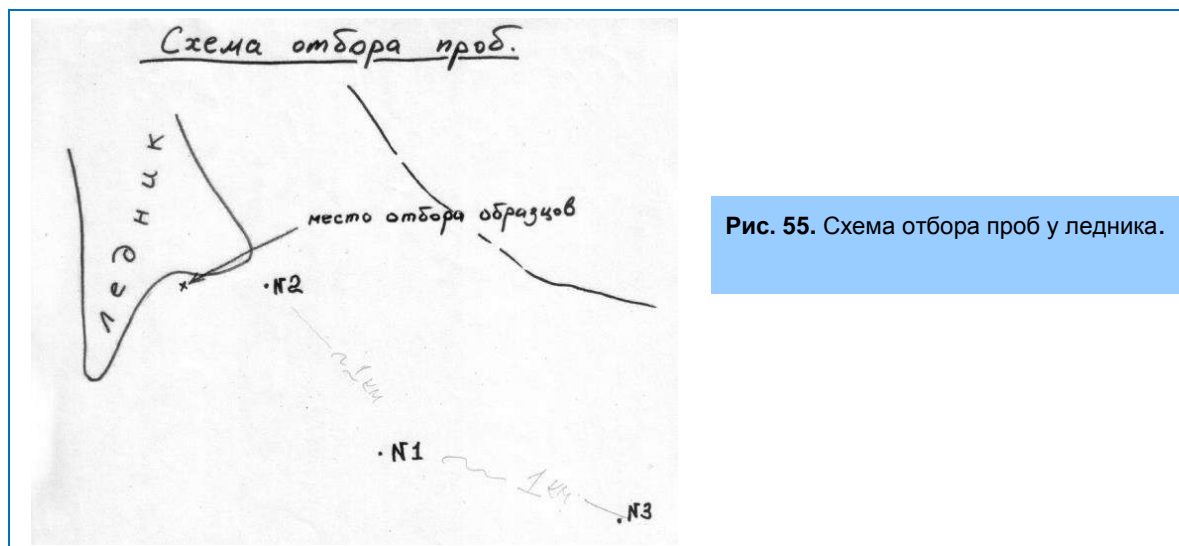


Рис. 55. Схема отбора проб у ледника.

Точка X – место, где собирались отложения, накопившиеся в скальных углублениях дна ручья. В точках №№1-3 отбирались контрольные пробы грунта ледниковых морен с нескольких горизонтов: поверхность, глубина 0.3 м; 0.6 м. Расстояния между точками 1-3 около 1 км. Анализ проводился методом нейтронной спектроскопии. Результаты исследования приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты анализа образцов.

Название образца	Глубина, м	Вес образца, г	Масса железа в образце по элементу, г	Весовая доля железа в образце, %
Точка X		270	$12.6 \pm 2.4$	$4.7 \pm 0.9$
Точка №1	0.0	470	$10.98 \pm 1.77$	$2.34 \pm 0.37$
	0.3		$14.05 \pm 1.6$	$3.0 \pm 0.34$
	0.6		$8.59 \pm 1.9$	$1.83 \pm 0.40$
Точка №2	0.0		$14.02 \pm 4.0$	$3 \pm 0.9$
	0.3		$13.4 \pm 2.1$	$2.8 \pm 0.4$
	0.6		$11.15 \pm 2.56$	$2.4 \pm 0.5$
Точка №3	0.0		$9.30 \pm 1.30$	$1.98 \pm 0.30$
	0.3		$15.8 \pm 2.37$	$3.36 \pm 0.5$
	0.6		$17.21 \pm 1.38$	$3.66 \pm 0.29$

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### **Аналитические исследования на пучках заряженных частиц ускорителя ЭГ-5**

Ускоритель ЭГ-5 проработал в этом году 495 часов на различные эксперименты. Основное направление исследований – элементный анализ приповерхностных слоев твердых тел с помощью ядерно-физических аналитических методик резерфордовского обратного рассеяния (методика RBS) и методики ядер отдачи (методика ERD). Эксперименты проводились с участием сотрудников ряда российских и зарубежных институтов: Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН (г. Москва), Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова (г. Гатчина), Воронежский Государственный Университет, Университет имени Марии Кюри-Склодовской (г. Люблин, Польша), Электротехнический институт Словацкой Академии Наук, Институт прикладной физики национальной академии наук Украины, VINCA Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Serbia. Кроме того, сотрудники ЛЯП проводили эксперименты по исследованию характеристик матричных полупроводниковых детекторов из арсенида галлия на пучках заряженных частиц от ускорителя ЭГ-5.

### **Аналитические исследования на реакторе ИБР-2**

#### *Развитие экспериментальной базы сектора НАА*

В подотчетный период в СНААПИ разработан пакет программ для комплексной автоматизации многоэлементного нейтронного активационного анализа (НАА) на реакторе ИБР-2 и проведен монтаж трех устройств автоматической смены образцов (УСО) для автоматизации массовых измерений спектров, облученных образцов на трех детекторах [7]. Новый коммутационный шкаф для спектрометрической электроники и контроллеров для управления УСО обеспечил их эксплуатацию при заданной температуре. После завершения монтажных работ произведена окончательная настройка программы автоматизации измерений спектров с использованием базы данных НАА. Работа по автоматизации НАА проводится в рамках Координационной программы МАГАТЭ «Development of an Integrated Approach to Routine Automation of Neutron Activation Analysis» (F1.20.25/CRP1888, Contract No. 17363).

Во время летней стоянки реактора проведена наладка работы пневмотранспорта с новым компрессором, а также монтаж кондиционера и приточно-вытяжной вентиляции в помещении 129а установки РЕГАТА.

Для проведения элементного анализа методом атомной абсорбционной спектрометрии (ААС) в лабораторном корпусе (пом. 83-3) установлен атомно-абсорбционный спектрометр iCE3500 фирмы Thermo Scientific, смонтированы приточно-вытяжная вентиляция и вытяжной шкаф в соответствии с требованиями, предъявляемыми к лабораториям, работающим с кислотами, используемыми при анализе образцов методом ААС. По завершении монтажных работ специалистами фирмы Intertech Corporation проведены пуско-наладочные работы атомно-абсорбционного спектрометра с оформлением сертификата о готовности спектрометра для проведения исследований.

В этом же корпусе (пом. 83-2) установлен низкофоновой HPGe детектор с защитой для проведения планируемых радиоэкологических исследований.

#### *Методическая работа*

В связи с началом совместных работ с сектором астробиологии Лаборатории радиобиологии им. Н.М. Сисакяна ОИЯИ по определению элементного состава метеоритов, а также с целью оценки возможностей устройств автоматической смены образцов на детекторах, были проведены методические исследования по определению концентраций элементов для некоторых средне- и долгоживущих изотопов метеоритов путем измерения спектров наведенной гамма-активности через несколько часов после короткого облучения. Образцы



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

облучались в течение 1–3 минут с последующим измерением спектров сразу после облучения, а затем с выдержкой от нескольких до десятков часов.

Библиотеки короткоживущих изотопов, используемые для стандартных массовых измерений концентраций элементов, были откорректированы и дополнены данными для ряда средне- и долгоживущих изотопов. Таким образом, для изотопов с периодом полураспада несколько десятков часов и даже лет разработана методика расчета концентраций элементов в некоторых специфических образцах после коротких облучений. При этом установлена необходимость использования и, соответственно, приобретения одноэлементных стандартных образцов с заданными параметрами.

### *Биомониторинг воздушных загрязнений*

В рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе – оценки на основе анализа мхов-биомониторов» в 2014 году завершена работа по изучению экологической ситуации в районе феррохромового производства в г. Тихвин Ленинградской области [8]. Полученные результаты вошли в Годовой отчет Комиссии ООН по дальнейшему переносу воздушных загрязнений в Европе. В рамках гранта РФФИ (№ 14-05-31279) для молодых ученых «Мой первый грант» в 2014 году проведен отбор 170 образцов мхов и почв на территории Московской и Тверской областей. Проведен многомерный статистический анализ данных, полученных методом нейтронной активации, и с использованием ГИС-технологий построены карты распределений элементов-загрязнителей на изучаемой территории.

Многолетнее сотрудничество со словацкими специалистами в области биомониторинга атмосферных выпадений следовых элементов нашло отражение в главе книги «Атмосферные загрязнения». Завершено исследование атмосферных выпадений тяжелых металлов и радионуклидов в районе атомной электростанции в г. Темелин, Чехия [9]. В течение отчетного периода выполнены две работы по анализу данных атмосферных выпадений тяжелых металлов и других элементов в Албании. В рамках Программы исследований Сербия-ОИЯИ проведен сравнительный анализ воздушных загрязнений в так называемых «уличных каньонах» Москвы и Белграда. Статья направлена в журнал «*Environmental Monitoring and Assessment*». Проведен НАА образцов мхов из национальных парков Польши, собранных учителями и школьниками в рамках Программы Польша-ОИЯИ.

Завершена работа по определению концентраций элементов во мхах-биомониторах, собранных на территории, прилегающей к свинцово-цинковому комбинату в Кърджали – одном из самых экологически неблагополучных мест Болгарии. Полученные результаты использованы в бакалаврской дипломной работе болгарской студентки Герганы Христовой (Пловдив), выполненной под руководством доц. С. Мариновой и доц. М.В. Фронтасевой и с отличием защищенной в Болгарии в 2014 году. В ближайшее время будет завершен НАА почв из той же экологически «горячей точки» Болгарии. Результаты войдут в магистерскую диссертацию Г. Христовой.

### *Биотехнологии*

В сотрудничестве с биофизиками Института физики им. Э. Андроникашвили Грузинского государственного университета им. И. Джавахишвили и Университета им. И. Чавчавадзе в 2014 году велись исследования по разработке методов синтеза наночастиц золота и серебра новым видом микроорганизмов - археями. Штамм термоацидофильного кренархеона *Sulfolobus islandicus* LAL14/1, предоставленный Институтом им. Л. Пастера (Париж, Франция) был использован для получения наночастиц серебра и золота в условиях высоких температур (75° С). В комплексе с рядом оптических и аналитических методов нейтронный активационный анализ на реакторе ИБР-2 использовался для характеристики процессов синтеза наночастиц

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

золота и серебра исследуемым видом архей, применение которых в технологических целях до настоящего времени весьма ограничено [10].

В 2014 году продолжались совместные работы с Институтом биотехнологии и микробиологии АН Молдовы по исследованию процесса извлечения токсичных металлов (хром, никель) из сточных вод с помощью микроводоросли *Spirulina platensis*. Выполнялись также исследования по мониторингу изменения содержания основных компонентов биомассы спирулины (белки, углеводы и др.) в процессе образования наночастиц серебра микроводорослями [11].

В рамках пилотного проекта с Университетом в Оулу, Финляндия, продемонстрированы возможности НАА сосновых опилок, используемых при очистке сточных вод в качестве сорбентов металлов. Совместно с Институтом инженерной экологии (Institute of Environmental Engineering) Университета Обуда (Óbuda University), Будапешт, Венгрия, были проведены аналогичные исследования в модельном эксперименте по использованию растения *Miscanthus sinensis* в качестве сорбента металлов. Выполненная работа является частью кандидатской диссертации аспиранта Университета Обуда, Альберта Санизло (Венгрия).

В сотрудничестве с Институтом водных проблем РАН с помощью эпитеплового НАА был определен элементный состав цианобактериальных сообществ - экстремофилов, живущих в термальных источниках Камчатки при температурах выше 55°С.

### Оценка состояния окружающей среды

В 2014 году в рамках совместного с Египтом проекта «Оценка экологической ситуации в бассейне р. Нил с использованием ядерно-физических аналитических методов» продолжен многоэлементный анализ почв и донных отложений, отобранных в дельте р. Нил, вдоль его русла и искусственных каналов. Полученные результаты показали, что элементный состав объектов исследования определяется, главным образом, геохимическими особенностями изучаемого региона и не несет на себе следов антропогенной нагрузки.

В сотрудничестве с Институтом биологии южных морей (Севастополь) с целью оценки состояния прибрежной экосистемы Крыма завершен анализ образцов макроводорослей-биомониторов, отобранных в прибрежной зоне Черного моря. Выявлены наиболее чистые области акватории прибрежной зоны Крыма и для водорослей из них определены фоновые концентрации около 30 макро- и микроэлементов [12]. Оработана методика пробоотбора и пробоподготовки фитопланктона для НАА на реакторе ИБР-2 и определен элементный состав 50 проб. Впервые получены концентрации 46 элементов в фитопланктоне Черного моря. Оценено влияние элементного состава на биофизические параметры функциональной активности фитопланктонных сообществ в прибрежных зонах. Полученные результаты показали, что фитопланктон может успешно использоваться в качестве биомонитора водных экосистем. Работа была также представлена на III Международной научно-практической конференции «Биоразнообразие и устойчивое развитие» (Симферополь, Россия) и ISINN-22 (Дубна, Россия) [13].

В рамках сотрудничества с МГУ (Биологический факультет) начаты работы по определению элементного состава почвы, донных отложений, наземной и водной растительности с целью оценки потоков загрязнителей в стратегически важных участках Черного моря (прибрежная зона г. Анапа, г. Новороссийск и г. Туапсе).

Совместно с Университетом в Стелленбоше, ЮАР, продолжены комплексные исследования воздушной среды с помощью мхов и лишайников, а также водной экосистемы (заливы Салдана и Дэнджер) в Атлантическом океане, Западное побережье ЮАР, в рамках проекта «Моллюски как биомониторы водных экосистем в ЮАР».

### Анализ продуктов питания

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Завершены исследования и принята ведущим американским академическим журналом *Food and Nutrition Sciences* в печать совместная работа сектора с аналитическим центром Геологического института РАН в области применения ядерно-физических аналитических методов для исследования качества продуктов питания, в частности, по определению содержания Cl, Br, I и Se в организме человека.

НАА применялся для исследования элементного состава некоторых сельскохозяйственных культур (овощей и зерновых), выращенных с использованием биоэнергоактиватора «Биораг», созданного биохимиками Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, а также для анализа соответствующих образцов почвы. Состав почвы показал хорошее совпадение со средними данными, характерными для земных пород. Результаты НАА исследованных образцов свидетельствуют об отсутствии токсичных элементов в сельскохозяйственных культурах, выращенных с использованием биоэнергоактиватора. Более того, содержание тяжелых металлов во всех случаях уменьшалось, что свидетельствует о положительном воздействии инновационного препарата на элементный состав сельскохозяйственных культур [14].

Результаты НАА пищевых масел (подсолнечное и оливковое) из Румынии показали существенное различие в их элементном составе, что согласуется с литературными данными, полученными другими методами. Концентрации тяжелых металлов не превосходят рекомендованные ВОЗ (WHO) значения, допустимые для продуктов питания человека [15].

### *Геология*

В рамках совместного проекта ОИЯИ-Румыния (проф. О. Дулиу, Университет в Бухаресте) в 2014 году продолжены исследования геохимии Черного моря. С помощью НАА изучен элементный состав вертикальных профилей донных отложений. (Duliu, Szabo et al., 2014). В результате изучения геохимии лёсса Четвертичного периода, образцы которого были собраны в Добруджа (Румыния), были получены сведения о климате Четвертичного периода.

Совместно с Western Cape University, ЮАР проведен НАА образцов золы, образованной при сжигании угля на тепловой электростанции в Матла, в провинции Мпамаланга Южной Африки (Mpumalanga Province in South Africa). Показаны аналитические преимущества НАА с использованием эпитепловых нейтронов в определении элементного состава золы по сравнению с другими аналитическими методами: спектрометрия оптического излучения с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES), масс спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией (LA ICP-MS) и рентгено-флюоресцентный анализ (XRF).

### *Анализ материала внеземного происхождения*

В 2014 завершена работа по поиску космической пыли в торфяных колонках Сибири и в талой воде высокогорного ледника Актру на Алтае. Датирование слоев торфяных колонок было проведено в Университете им. Адама Мицкевича в Польше. Частицы, выявленные с помощью методов электронной микроскопии, а также оценка результатов НАА образцов торфа из этих колонок по соотношению концентраций железа и никеля, позволяют предполагать, что выявленные частицы могут иметь внеземное происхождение. Более спорной представляется идентификация материала, собранного с помощью магнитных ловушек в талой воде ледника на Алтае. Результаты проведенных исследований обсуждались на Круглом столе «Актуальные проблемы общей и космической радиобиологии и астробиологии», 28-29 октября 2014 г. в Дубне. Начаты исследования торфяной колонки, отобранной в районе падения Тунгусского метеорита в 1908 году. Они проводятся совместно со специалистами Университета Мицкевича (Польша), имеющих большой опыт в датировании (определении возраста) образцов и интерпретации данных ретроспективного элементного анализа торфяных колонок.

### *Антропологические исследования*

В рамках завершаемого в 2014 году проекта РФФИ (№ 12-06-00096/14), совместного с МГУ (НИИ и Музей антропологии им. Д.Н. Анучина), продолжен НАА волос представительной группы детей Онгудайского района республики Алтай (~ 200 детей), а также почв и растительности из мест их проживания с целью установления возможных корреляций элементного состава и выявления эндемических особенностей влияния геохимической среды на организм человека. При обработке результатов НАА применяли Многомерный статистический анализ.

### *Медицинские растения*

Новым перспективным направлением исследований с помощью НАА в СШАПИ стал анализ растений, используемых в медицине. Эти работы ведутся совместно со специалистами Монголии, Польши и Болгарии. Работа по анализу традиционных монгольских растений (*Carduus crispus* L., *Sanguisorba officinalis*, *Granium pratense*, *Chamaenerion angustifolium* (L) Scop), применяемых в фитотерапии удостоена награды Thomas Edison Award-2014 (Издательство PHOTON, в разделе «Медицинские растения» для «вдохновения и распространения знаний среди молодых ученых». («...The authors receive Thomas Edison Award-2014 in the domain of Medicinal Plants for Inspiration and Knowledge Distribution among young research scholars») [16].

### *Материаловедение*

В 2014 году совместно с Научно-практическим центром НАНБ по материаловедению Национальной академии наук Беларуси в рамках гранта РФФИ-Беларусь (ОИЯИ) были проведены работы по исследованию процессов кристаллизации и характеристике искусственных алмазов в системе C-Mn-Ni-Fe. В ходе эксперимента были получены кристаллы алмазов в системах Fe-Ni-C и Mn-Ni-C при давлении 5 ГПа и температуре 1700 К. Применение НАА позволило изучить примесный состав алмазов. Электронную микроскопию проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Hitachi SU8000 в Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского (Москва), по гранту для краткосрочных научных и образовательных стажировок в области электронной микроскопии (Ю.В. Алексеенко). С помощью электронной микроскопии были определены размер и форма полученных кристаллов. Установлено, что, несмотря на схожесть механизма образования кристаллов, их характеристики значительно отличаются. В системе Fe-Ni-C вырастают кристаллы более совершенной геометрии и больших размеров. Из данных по примесному составу следует, что в системе Mn-Ni-C стимулировано образование зародышей и, соответственно, образуются менее прочные и менее крупные кристаллы несовершенной формы. Таким образом, используя определенную каталитическую систему, можно получать кристаллы с заданными характеристиками. Начата также совместная работа по изучению процессов фазообразования и физических характеристик соединений в системе Cu-Fe-S при воздействии высоких давлений и температур. Часть экспериментального материала передана в Университет в Галаце, Румыния, для проведения рентгеновской дифракции и сканирующей электронной микроскопии.

### **Литература**

- 1 Исследования в области нейтронной ядерной физики <http://www.info.jinr.ru/plan/ptp-2014/r441104.htm>.
- 2 Development of the tagged neutron method for elemental analysis and nuclear reaction studies (project TANGRA), <http://indico.jinr.ru/materialDisplay.py?contribId=7&materialId=0&confId=759>.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- 3 Enik T.L., Likhachev A.N., Mitsyna L.V., Popov A.B., Salamatin I.V., Sirotin A.P., AURA setup testing at IREN neutron beam. JINR Preprint E3-2014-13, Dubna, 2014.
- 4 Enik T.L., Mitsyna L.V., Popov A.B., Salamatin I.M., The Angular Anisotropy of Slow Neutrons Scattering Measured at IREN Facility with Vanadium as a Sample. JINR Preprint E3-2014-27, p. 42.
- 5 Golub R., Pendlebury J.M., Super-thermal sources of ultra-cold neutrons. (1975) *Physic Letters A*, v. 53, p. 133-135.
- 6 Baessler, S. et al., New methodical developments for GRANIT. (2011) *Comptes Rendus Physique*, v. 12, p. 729.
- 7 Pavlov S.S., Dmitriev, A.Yu. Chepurchenko I.A., Frontasyeva M.V., (2014) Automation system for measurement of gamma-ray spectra of induced activity for neutron activation analysis at the reactor IBRR-2 of Frank Laboratory of Neutron Physics at the Joint Institute for Nuclear Research. *Physics of Elementary Particles and Nuclei*, v. 11, p. 737–742.
- 8 Vergel K.N., Goryainova Z.I., Vikhrova I.V., Frontasyeva M.V., (2014) Moss biomonitoring and employment of the GIS technology within the framework of the assessment of air pollution by industrial enterprises in the Tikhvin District of the Leningrad Region. *Ecology of Urban Areas*, v. 2, p. 92-101.
- 9 Thinova L., Frontasyeva M., Vergel K., Bayushkina E., (2014) Assessment of contamination with trace elements and man-made radionuclides around Temelin Nuclear Power Plant in Czech Republic. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 104, p. 432-435.
- 10 Kalabegishvili T. L., Murusidze I. G., Prangishvili D. A., Kvachadze L. I., Kirkesali E. I., Rcheulishvili A. N., Ginturi E. N., Janjalia M. B., Tsertsvadze G. I., Gabunia V. M., Frontasyeva M.V., Zinicovscaia I., Pavlov S. S., (2014) Gold nanoparticles in *Sulfolobus islandicus* biomass for technological applications. *Advanced Science, Engineering and Medicine*, v. 6, p. 1302-1308.
- 11 Zinicovscaia I., Cepoi L., Rudi L., Chiriac T., Valuta A., Duca Gh., Kirkesali E., Frontasyeva M.V., Culicov O., Pavlov S.S., Bobrikov I., (2014) Biochemical changes in some cultures of cyanobacteria at the synthesis of silver nanoparticles. *Canadian Journal of Microbiology*, doi: 10.1139/cjm-2014-0450
- 12 Kravtsova A., Milchakova N., Frontasyeva M., (2014) Accumulation of macro- and trace elements in brown algae *Cystoseira* studied by multielement instrumental neutron activation analysis (the Black Sea, south-western Crimea). *Ecological Chemistry and Engineering*, v. 21, p. 9-23.
- 13 Nekhoroshkov P.S., Kravtsova A.V., Frontasyeva M.V., Tokarev Yu. N., (2014) Neutron activation analysis and scanning electron microscopy of phytoplankton in the coastal zone of Crimea (The Black Sea). *American Journal of Analytical Chemistry*, v. 5, p. 323-334.
- 14 Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Zinicovscaia I.I., Bagdavadze N. V., Kirkesali E.I., Gakhokidze R., (2014) Neutron activation analysis of agricultural crops exposed to bioenergoactivator. *Agricultural Chemistry*, v. 6, p. 55-61.
- 15 Culicov O. A., Zinicovscaia I., Setnescu T., Setnescu R., Frontasyeva M. V., (2014) Elemental content of edible oils studied by neutron activation analysis. Accepted by *Revue Roumaine de Chimie*, 2014.
- 16 Baljinnyam N., Tsevegsuren N., Jugder B., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., (2014) Investigation of elemental content of some Mongolian medicinal plants. *International Journal of Medicinal Plants. Photon*, v. 106, p. 481-492.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

На 40-й сессии ПКК по физике конденсированных сред были рассмотрены и одобрены детальный отчет по теме 1075 за 2009-2014 гг., а также обоснование и предложение об открытии на период 2015-2017 гг. новой темы первого приоритета “Развитие экспериментальной базы для проведения исследований конденсированных сред на пучках ИЯУ ИБР-2” (эти материалы доступны на сайте <http://indico.jinr.ru>). Ниже приведены результаты работ, выполненных в 2014г. по основным научным направлениям.

### Криогенные замедлители

В течение 2014 года проводились исследования на экспериментальном полномасштабном стенде криогенного шарикового замедлителя К3201 (рис. 56)



Рис. 56. Полномасштабный стенд К3201

Основной целью экспериментов была проверка возможности загрузки камеры криогенного замедлителя К3201 замороженными шариками из смеси мезитилена и метаксилола по трубопроводу с углом подъема  $50^\circ$ . Эксперименты показали, что шарики без каких-либо затруднений преодолевают данный подъем транспортного трубопровода и достигают камеры-имитатора, расположенной внутри внешней вакуумной оболочки (рис. 57). Наблюдение за заполнением камеры-имитатора велось при помощи видеокамеры с высоким разрешением (рис. 58).

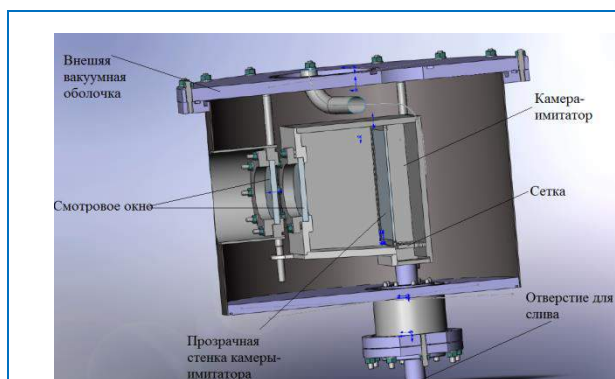


Рис.57. Камера-имитатор.



Рис. 58. Фото замороженных шариков во время загрузки.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Криогенный замедлитель КЗ202 находится в эксплуатации с 2012 года. В течение 2014 года проходила модернизация его систем управления и программного обеспечения. В результате для КЗ202, а также для КЗ201 и КГУ, практически заново в общем конструктиве были созданы системы управления (рис. 59), в состав которых входит также система аварийного контроля КЗ, которая следит за циркуляцией гелия в системе и расходом гелия в трубопроводе. Электроника контроля при превышении допустимых значений этих параметров подает на пульт реактора ИБР-2 сигнал для принятия решения о снижении мощности реактора.

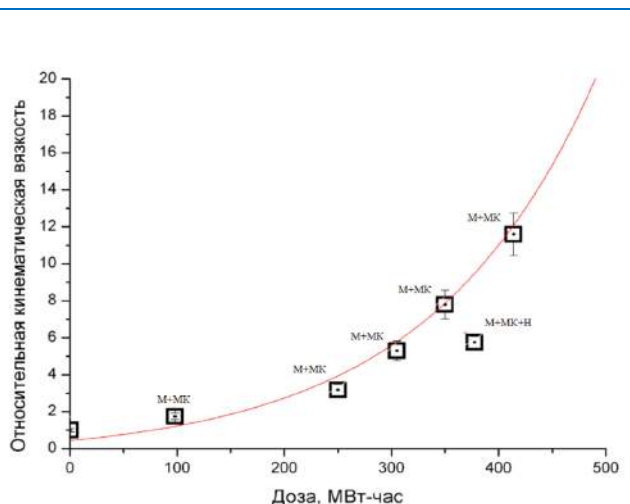
На физический эксперимент КЗ202 работал в течение 2 циклов (2 и 7 циклы ИБР-2). При этом проводились первые эксперименты с холодными нейтронами на спектрометрах НЕРА-ПР, РЕМУР и др. Выполнялись также важные исследования, направленные на увеличение цикла работы ИБР-2 в режиме криогенного замедлителя до 11 суток.

Максимальная длительность работы КЗ202 к настоящему времени составляет 410 МВт-часов (8.5 суток работы ИБР-2). Возможность увеличения длительности цикла зависит от вязкости облученной рабочей смеси замедлителя (мезитилена и метаксилола). Вязкость смеси мезитилена и метаксилола после облучения составляет около 12 единиц (8.5 суток, 410 МВт-часов). Данное значение вязкости позволяет облученной жидкости беспрепятственно перетекать из камеры в сливной бак. Возможно, что более высокие значения вязкости могут привести к закупориванию сливного отверстия и, следовательно, к выходу КЗ202 из строя.

В результате поиска выходов из сложившейся ситуации были проведены эксперименты по загрузке камеры КЗ202 замороженными шариками, полученными из раствора 55 г нафталина и 1 л смеси мезитилена и метаксилола (в соотношении 3:1). После облучения в течение 374 МВт-часов вязкость оказалась равной примерно 6 единицам, т.е. достаточно низкой по сравнению с вязкостью облученного раствора без нафталина (рис.60). Таким образом, раствор с нафталином можно использовать в течение большего времени работы ИБР-2 и, возможно, в течение 11 суток. Эксперименты по увеличению длительности цикла работы КЗ202 будут продолжены совместно с МГУ, Москва в 2015 году.



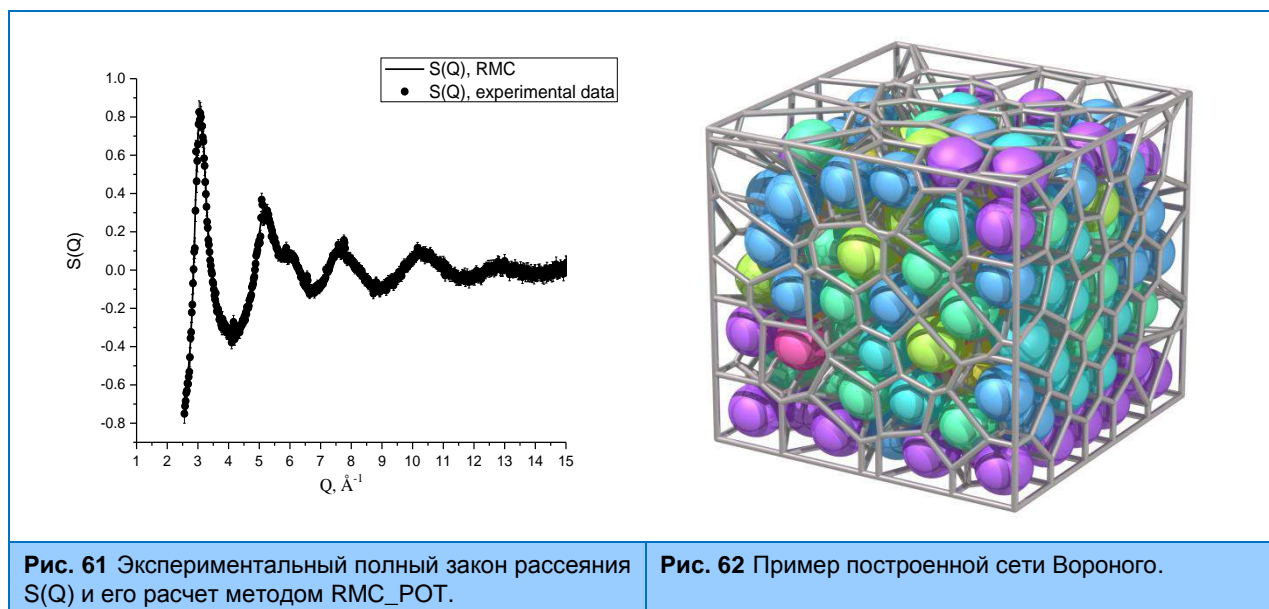
**Рис. 59.** Стойки систем управления и контроля криогенных замедлителей КЗ201, КЗ202, и КГУ.



**Рис. 60.** Изменение вязкости жидкой смеси в зависимости от дозы облучения: М-МК – раствор мезитилена и метаксилола (в соотношении 3:1), М-МК-Н – раствор 55 г нафталина в 1 л смеси мезитилена и метаксилола (в соотношении 3:1).

### Расчеты и моделирование спектрометров

Разработана методика использования метода обратного Монте Карло (Reverse Monte Carlo, RMC\_POT) для восстановления трехмерной структуры стекол (или других разупорядоченных систем) на основании дифракционных данных нейтронного эксперимента. Разработана и внедрена специальная программа, позволяющая рассчитать координацию атомов стекла с помощью сети Вороного. При необходимости построение сети Вороного может быть произведено с учетом ионных радиусов частиц. При этом использовались некоторые функции библиотеки специализированных программ Voropp. Пример расчета полного закона рассеяния  $S(Q)$  (или его аналога полного структурного фактора  $F(Q)$ ) методом обратного Монте-Карло RMC для стекла  $\text{Fe}_{63}\text{Er}_2\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6$  в сравнении с экспериментальными данными приведен на **рис. 61**. На **рис. 62** показан общий пример построенной трехмерной сети Вороного с учетом ионных радиусов (разными цветами показаны разные элементы).



**Рис. 61** Экспериментальный полный закон рассеяния  $S(Q)$  и его расчет методом RMC\_POT.

**Рис. 62** Пример построенной сети Вороного.

В сотрудничестве с Лабораторией информационных технологий ОИЯИ начата разработка специальных математических моделей и соответствующих программ для моделирования нейтронного рассеяния в образцах, включая многослойные шероховатые образцы и магнитное рассеяние. Получены первые результаты моделирования двухслойных шероховатых образцов.

### Фурье-дифрактометры

В 2014г. совместно с отделом НЭОНИКС выполнен ряд работ по модернизации и развитию фурье-дифрактометров.

**FSS.** Продолжались работы по созданию нового фурье-дифрактометра высокого разрешения, основанного на узлах спектрометра FSS (Гестхахт, Германия). Проведена ревизия поступившего оборудования и конструкторская проработка для его монтажа на 13-м канале ИБР-2. Отмыты и обезжирены оптические секции и кожуха нейтроноводов. Изготовлены дополнительные секции и стойки нейтроноводов. Для снижения радиационной нагрузки на нейтроновод в закладную трубу канала установлен стальной коллиматор. Смонтированы первая секция нейтроновода и Фурье-прерыватель (**рис. 63**). Разработана и изготовлена электроника накопления дифракционных спектров («List Mode»-анализатор MPD-64).



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На этом же канале создается инфраструктура для тестирования спектрометрического оборудования. Смонтирована биологическая защита и технологические системы на 13-м и 14-м каналах ИБР-2, в стадии изготовления находятся домик экспериментатора, платформа, юстировочные столики и др.



Рис. 63. Первая секция нейтронного волновода и Фурье-прерыватель на 13 канале ИБР-2

**ФДВР.** Смонтирована электроника управления фоновым прерывателем. Проведена профилактика фонового прерывателя и настройка электроники управления в режиме фазировки. Восстановлена работа электроники управления Фурье-прерывателем за счет установки в кольцевом коридоре фонового прерывателя быстрых нейтронов и снижения радиационного фона в зоне вывода пучка.

**ФСД.** Измерены характеристики pick up сигналов магнитного и оптического датчиков Фурье-прерывателя. На рис. 64 приведена зависимость дифференциальной нелинейности, а на рис. 65 скважности pick up сигналов магнитного и оптического датчиков от времени при изменении скорости Фурье-прерывателя от  $-4000$  до  $+4000$  об/мин. Измерения показали, что шумы pick up сигналов оптического датчика примерно в пять раз меньше, чем магнитного. Работы по развитию детекторной системы ФСД, а также разработке алгоритмов и программ восстановления спектров высокого разрешения, измеренных "List-mode" анализатором, приведены в других разделах данного отчета.

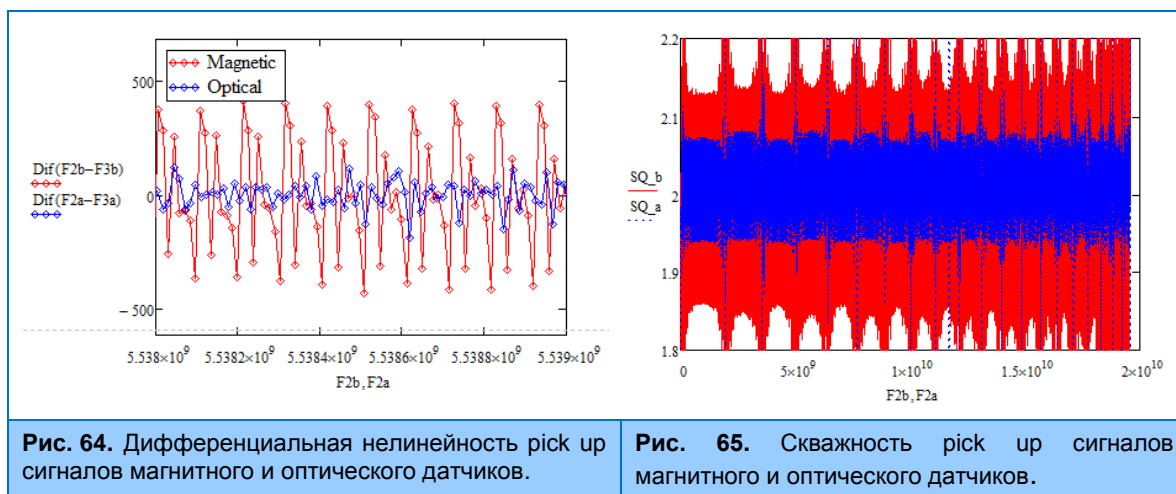


Рис. 64. Дифференциальная нелинейность pick up сигналов магнитного и оптического датчиков.

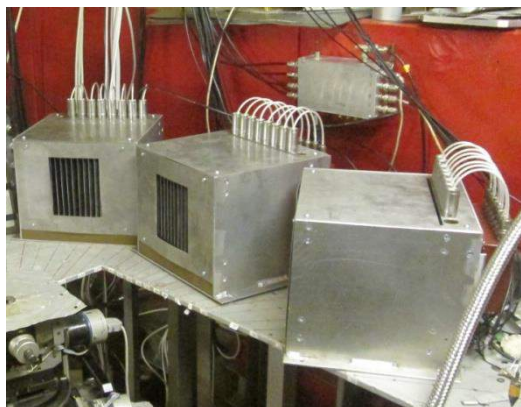
Рис. 65. Скважность pick up сигналов магнитного и оптического датчиков.

### Детекторы

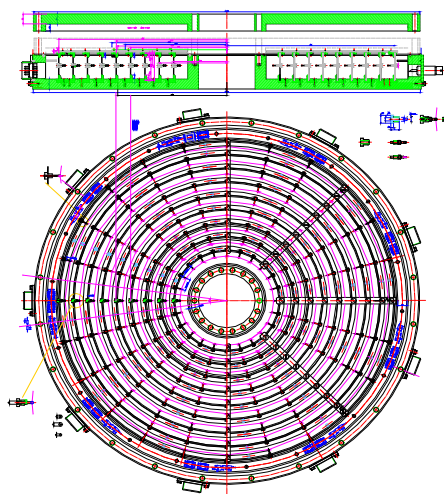
Изготовлены и настроены малоугловая,  $45^\circ$  и  $90^\circ$  детекторные системы на He3 счетчиках. Эти системы вместе с блоками предусилителей установлены на дифрактометр RTD и подготовлены к вводу в эксплуатацию (**рис. 66**).

Также для RTD разработан проект кольцевого детектора для регистрации тепловых нейтронов на малых углах рассеяния на (**рис.67**). В отличие от ранее установленного на RTD кольцевого детектора обратного рассеяния, в конструкцию малоуглового детектора внесены следующие изменения:

- вместо нержавеющей стали корпус изготовлен из дюрала, что существенно уменьшило его вес и поглощение нейтронов во входном окне;
- изменен способ крепления анодной нити, что позволило уменьшить потери в мертвых зонах детектора;
- все радиусы сделаны независимыми друг от друга, что дает возможность проводить ремонт детектора без его полной разборки;
- цилиндрические катоды изготовлены из двустороннего фольгированного стеклотекстолита, что дает возможность сделать 9 концентрических счетчиков вместо 8, а также разделить катоды на 16 секторов и, благодаря этому, получить еще одну дополнительную азимутальную координату.



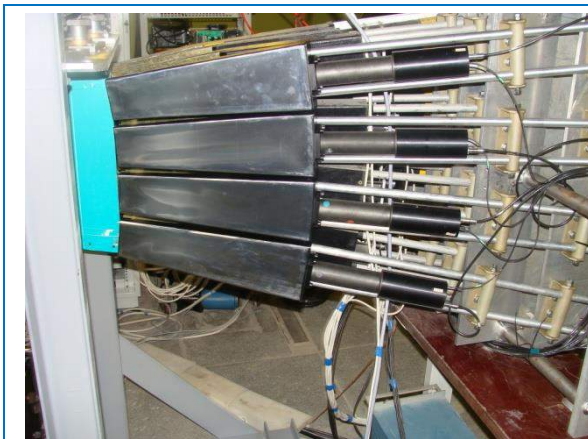
**Рис. 66.** Малоугловой,  $45^\circ$  и  $90^\circ$  детекторы на ба канале ИБР-2.



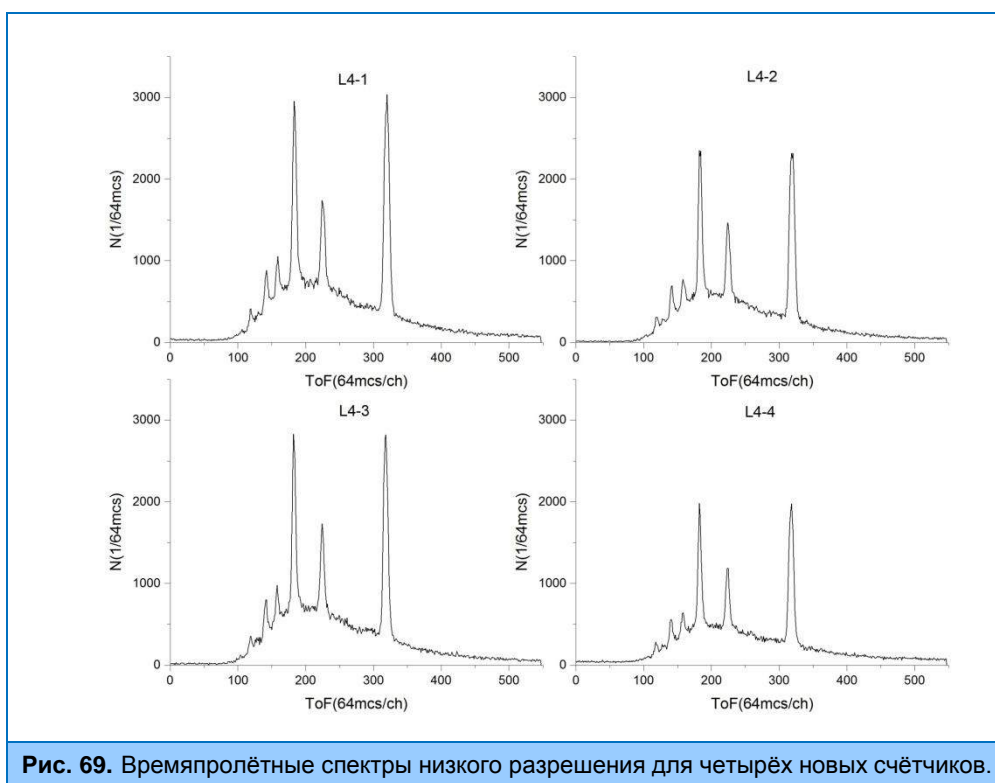
**Рис. 67.** Схема малоуглового кольцевого детектора спектрометра RTD.

Продолжились работы по комплектованию детекторной системы АСТРА. В рамках этих работ было завершено изготовление плоскости из четырёх сцинтилляционных счётчиков (третья секция, **рис. 68**). Эти счётчики установлены на дифрактометре ФСД и в настоящее время совместно с отделом НЭОНИКС проводится их тестирование и юстировка. Получены времяпролётные спектры как низкого (**рис. 69**), так и высокого разрешения (**рис.70**). В рамках подготовки к тестированию был выполнен большой объём работ по отладке электроники системы сбора и накопления данных MPD, адаптированной для использования со сцинтилляционными детекторами АСТРА.

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**Рис. 68.** Плоскость из четырёх сцинтилляционных счётчиков, установленных на дифрактометре ФСД.



**Рис. 69.** Времяпролётные спектры низкого разрешения для четырёх новых счётчиков.

Изготовлен и подготовлен к тестированию мониторный двухкоординатный ПЧД. В декабре 2014г. планируется его тестирование и рабочие измерения профилей пучков. Модернизация ПЧД на спектрометре РЕМУР оказалась невозможной без остановки экспериментов на длительный срок, поэтому совместно с заинтересованными физиками было принято решение изготовить новый детектор. Эти работы включены в план 2015 года.

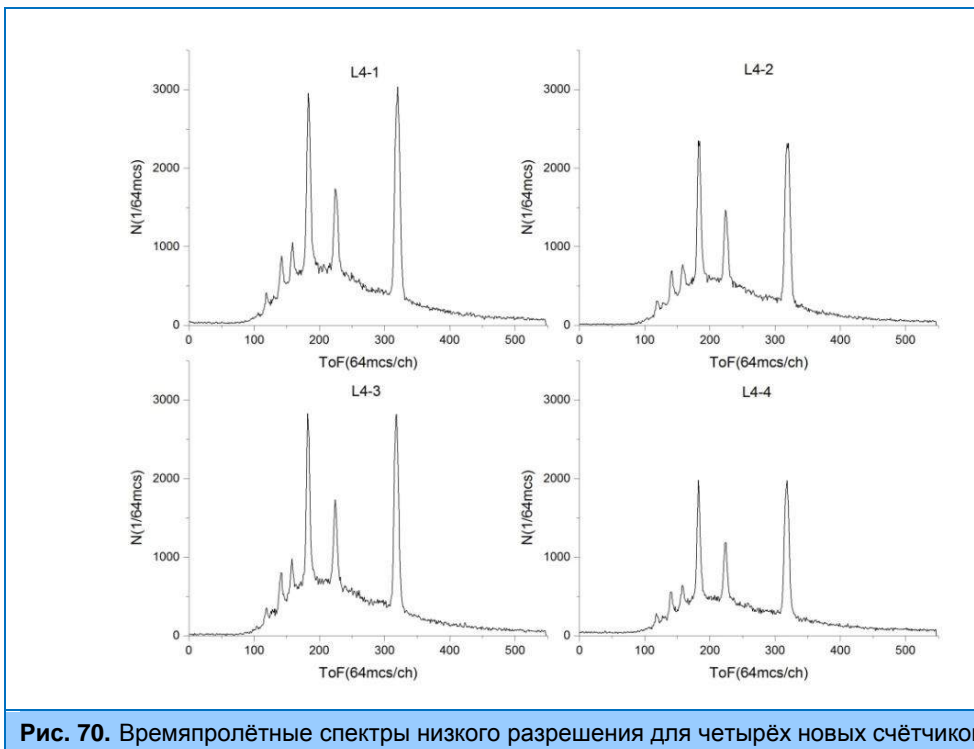


Рис. 70. Времяпролётные спектры низкого разрешения для четырёх новых счётчиков

### Криогеника

Для спектрометра НЕРА-ПР создан и введен в эксплуатацию шахтный криостат, работающий в диапазоне температур 6-300К (рис. 71). Криостат содержит криорефрижератор на пульсационной трубке CRYOMECH PT405 и имеет шахту диаметром 70мм для ввода образцов.



Рис. 71. Шахтный криостат для спектрометра НЕРА.

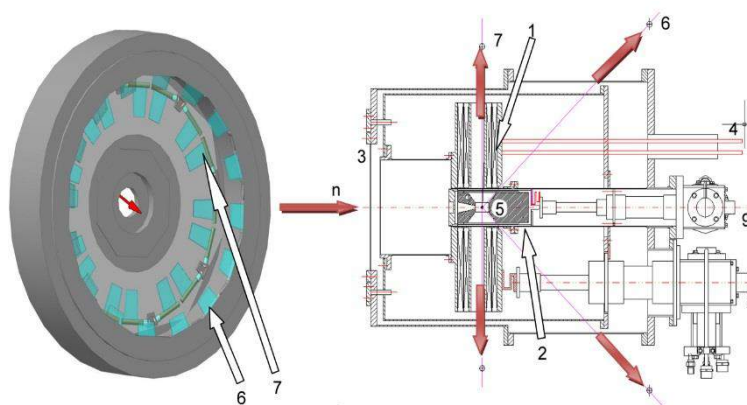


Рис. 72. Предварительная конструкция криостата со сверхпроводящим магнитом и криостатом-вставкой, и дифрактометр DN-12: 1 – сверхпроводящий магнит; 2 – криостат-вставка; 3 – входное окно для нейтронов, оно же окно обратного рассеяния; 4 – тоководы (до 300 А); 5 – камера высокого давления; 6 и 7 – детекторы для рассеянных нейтронов под углами  $45^\circ$  и  $90^\circ$ ; 8 - криорефрижератор RDK408S; 9 - криорефрижератор RDK101D).

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Введен в эксплуатацию горизонтальный криостат с криорефрижератором замкнутого цикла SRDK415 для охлаждения камер высокого давления на дифрактометре ДН-6. Получена минимальная температура 4К на камере образца.

Выполнены предварительные расчеты магнитной системы криостата со сверхпроводящим магнитом на ВТСП ленте шириной 12 мм для работы в полях до 4 Тл и изменяемой температурой на образце в диапазоне 5-300К. Разработан и одобрен 40-й сессией ПАК по физике конденсированных сред проект: **"Разработка ДТМ - системы окружения образца для дифрактометра ДН-12 на ИЯУ ИБР-2"**. Проведены предварительные конструкторские работы. Криостат будет иметь загрузочную шахту диаметром 80 мм для загрузки охлаждаемого держателя образца. Конструкция криостата (рис. 72) предусматривает его применение на дифрактометре ДН12. Работы выполняются совместно с ICPE-SA, Бухарест, Румыния.

Использование жидкого гелия и азота в условиях зоны специального допуска на ДН-12 ограничено условиями безопасности персонала, а именно - расположением установки в замкнутом пространстве. По этой причине, а также исходя из геометрического расположения элементов ДН-12, для получения низких температур требуются «криоген-фри» технологии - использование рефрижераторов замкнутого цикла без использования жидких криоагентов.

С целью упрощения тепловой схемы охлаждения магнита, а, следовательно, его конструкции, и снижения эксплуатационных расходов целесообразно использовать в качестве сверхпроводника магнита ВТСП ленту. Для работы магнита из ВТСП ленты достаточна температура охлаждения 20К, которая может поддерживаться с помощью криорефрижераторов без жидкого гелия (например, RDK408S).

Для изменения температуры образца требуется разработка криостата-вставки в магнит. Этот криостат предполагается оснастить держателями и контейнерами камер высокого давления. Камеры давления должны изготавливаться из немагнитных материалов.

Для проведения температурных измерений в зависимости от величины магнитного поля будет использоваться криорефрижератор - RDK101D с конечной температурой ~3К. Для инсталляции магнита на дифрактометре DN-12 потребуются модернизация корпуса дифрактометра, а также ревизия существующего оборудования дифрактометра на предмет обеспечения его работы в магнитных полях.

### Системы управления исполнительными механизмами спектрометров ИБР-2

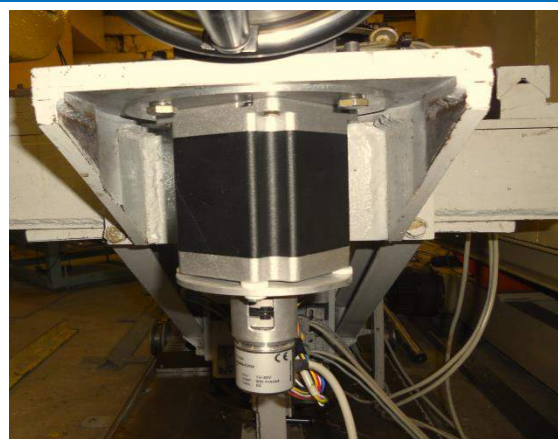
Выполнены модернизация и оснащение датчиками исполнительных механизмов спектрометра ЮМО и РЕМУР. На ЮМО абсолютные угловые многооборотные датчики установлены непосредственно на шаговые двигатели (рис. 73) для индикации линейных перемещений в горизонтальном и вертикальном направлениях стола образцов и платформ трех детекторов. Установка датчиков позволила существенно повысить точность позиционирования образцов и детекторов в пучке нейтронов.

Аналогичным образом на спектрометре РЕМУР абсолютный многооборотный угловой датчик отслеживает положение платформы с детектором. На фурье-дифрактометре ФСД установлен контроллер OSM88RA (ток - до 8А, напряжение - до 72 В), что позволило на порядок (до 1мм/сек) повысить скорость вертикального перемещения стола образцов гониометра Huber.

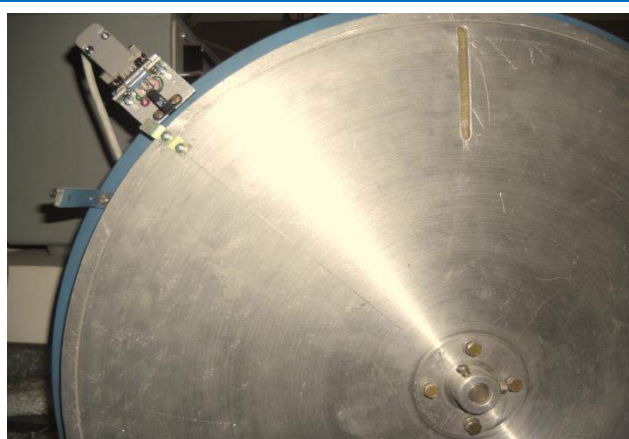
На строящемся спектрометре нейтронной радиографии и томографии на 14 канале реактора ИБР-2М введена в эксплуатацию система управления исполнительными механизмами на 4 канала управления с возможностью ее дальнейшего расширения до 32. Выполнено подключение к системе гониометрической головки Huber, обеспечивающей 3 оси вращения (2 - горизонтальные и 1 – вертикальную).

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Введены в эксплуатацию системы контроля и управления прерывателем и шиббером на дифрактометрах ДН-6 и ДН-12, а также монохроматор (рис. 74) на базе двигателя постоянного тока с магнитным датчиком оборотов на спектрометре РЕФЛЕКС.



**Рис. 73.** Двигатель с угловым датчиком MCD1312 стола для горизонтального перемещения образцов спектрометра ЮМО.



**Рис. 74.** Монохроматор и система управления на 9 канале реактора ИБР-2.

### Системы сбора и накопления данных с комплекса спектрометров ИЯУ ИБР-2.

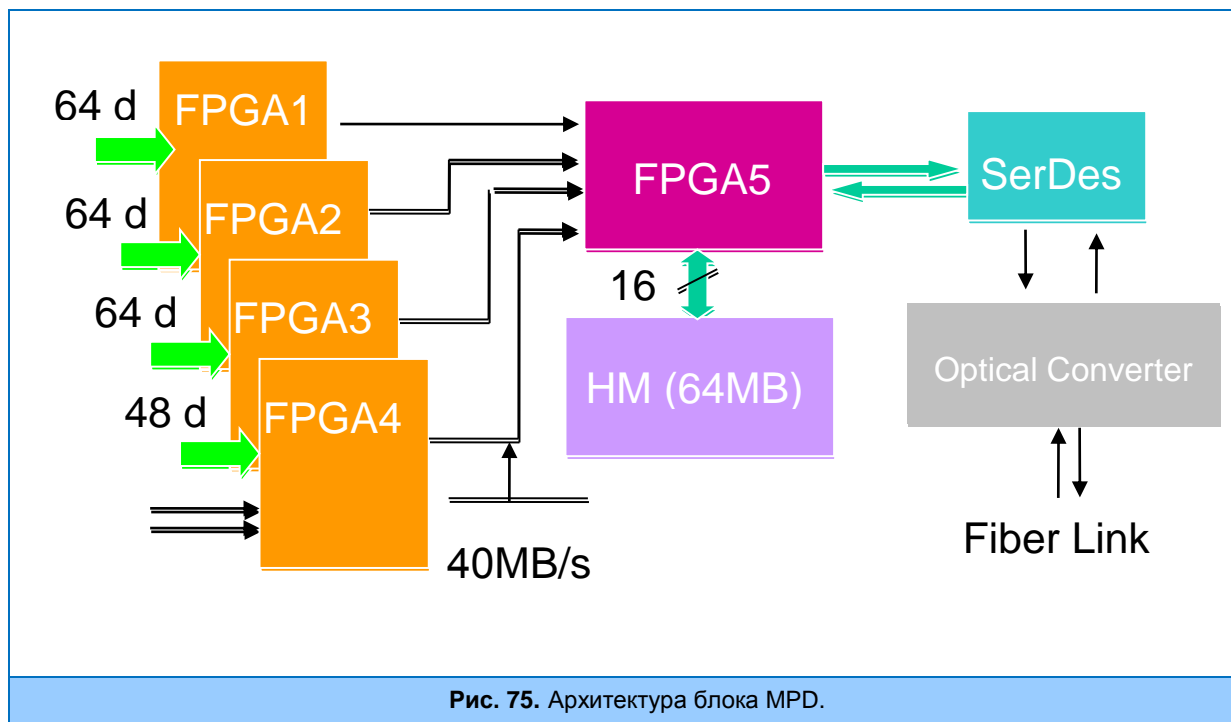
Для комплекса спектрометров ИБР-2 завершено создание нового поколения унифицированных систем сбора и накопления данных с характеристиками, отвечающими мировому уровню. Эти системы установлены на всех спектрометрах, подключаются непосредственно к управляющему PC и обладают гибкостью для быстрой адаптации к любым изменениям условий эксперимента и расширению состава оборудования спектрометров. Выбранная архитектура DAQ-систем хорошо вписывается в сетевую инфраструктуру и обеспечивает простоту и низкую стоимость их постоянной модернизации в соответствии с прогрессом в вычислительной технике и коммуникационных технологиях. Важным отличием этого поколения электроники является отказ от использования стандартов ядерной электроники (CAMAC, VME и др.), которые снижают потенциально достижимое быстродействие из-за необходимости выполнения внутренних протоколов стандарта. К тому же, стоимость «стандартных» электронных блоков существенно выше, т.к. они, в отличие от компьютерных устройств и интерфейсов, не являются массовыми продуктами. Уход от стандарта VME позволил нам также перевести программный комплекс Sonix под управление ОС Windows вместо устаревшей и недружественной операционной системы Os9. И, наконец, новые DAQ-системы на ИБР-2 дают новое качество — возможность накопления сырых данных, что в ряде случаев имеет принципиальное значение.

Системы сбора данных практически всех спектрометров ИБР-2 состоят из 1-2 базовых блоков, один из которых обрабатывает и накапливает данные с одно- и двухкоординатных ПЧД (De-Li-DAQ), а другой — с массива точечных детекторов (MPD). С точки зрения hardware базовые блоки идентичны; задание всех параметров, режимов и алгоритмов работы, специфичных для конкретного спектрометра, реализовано на уровне микропрограмм, которые хранятся и выполняются в программируемых логических матрицах (FPGA) соответствующего блока под управлением PC.

Модуль MPD используется для сбора и накопления данных с газовых и сцинтилляционных счетчиков. В настоящее время новой DAQ-электроникой оснащены все спектрометры ИБР-2. Все указанные DAQ-системы состоят из двух типов блоков — одного

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

цифрового (его архитектура показана на **рис. 75**), способного регистрировать и накапливать данные от 1 до 240 точечных детекторных элементов, и нескольких 32-канальных аналоговых блоков, в которых осуществляются прием, дискриминация, преобразование и передача сигналов от предусилителей детекторов в цифровой блок MPD. В аналоговом блоке осуществляется также переход от разъемов LEMO на ленточный кабель.



Блоки используются также для накопления множества гистограмм в коротких интервалах времени для изучения в конденсированных средах переходных процессов в реальном времени на дифрактометре ДН-2 (RTD).

На основе блоков MPD для фурье-дифрактометров ФДВР, ФСД разработан “List-mode” анализатор, для которого в отделе НЭОНИКС создано специализированное программное обеспечение. На этих дифрактометрах выполнены первые эксперименты, в которых проведены одновременные сравнительные измерения дифракционных спектров на существующем анализаторе на базе DSP и новом “List-mode” анализаторе. С помощью разработанного алгоритма восстановлены спектры высокого разрешения, измеренные в режиме “List-mode”, и проведено их сравнение с DSP-спектрами, которое показало, что спектры идентичны. Это свидетельствует о корректности работы новой электроники и разработанных алгоритмов восстановления дифракционных спектров из “сырых” данных (детали см. в отчете по теме 1069).

Для сбора и накопления данных с одно- и двухкоординатных позиционно-чувствительных детекторов на основе многопроводочных пропорциональных камер со считыванием информации с линий задержки предназначены два типа унифицированных электронных блоков нового поколения De-Li-DAQ-1 и De-Li-DAQ-2.

Блок De-Li-DAQ-1 разработан совместно с HZB, Берлин. Он построен на основе цифровых сигнальных процессоров и программируемых логических матриц (FPGA – Field Programmable Gate Array), что позволило реализовать широкие функциональные возможности и достаточно сложные алгоритмы отбора и предварительной обработки событий. Блок имеет внутреннюю гистограммную память емкостью 256 Мбайт и обеспечивает скорость регистрации

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

до  $10^5$  соб./сек. К настоящему времени изготовлено около 50 блоков DAQ, которые вместе с разработанными в ЛНФ ПЧД используются на спектрометрах ИБР-2, в ИЯФ (Ржеж, Чехия) и в ряде российских нейтронных центров (ИФМ УрО РАН, Екатеринбург, РИЦ «Курчатовский институт», Москва и Филиал НИФХИ, Обнинск), а также в HZB, Берлин с детекторами других производителей. Блок устанавливается в свободный слот персонального компьютера, подключается к PC через PCI интерфейс и работает под управлением ОС Windows.

Новый блок De-Li-DAQ-2 включает в себя гистограммную память емкостью 1 Гбайт, которая позволяет накапливать 3-х мерные спектры X-Y-TOF размером  $512 \times 512 \times 1024$  32-разрядных слов, и высокоскоростной интерфейс с оптической линией связи к персональному компьютеру. Связь с PC осуществляются через интерфейс USB 2.0. Блок De-Li-DAQ-2 обеспечивает скорость регистрации более  $10^6$  соб./сек.

Так же как и MPD, оба блока De-Li-DAQ обеспечивают сбор и накопление данных в двух основных режимах: режим гистограммирования (on-line сортировка и накопление спектров в памяти блока) и списочный режим (list mode), в котором сырые данные накапливаются непосредственно на диске компьютера.

Следует отметить, что описанные выше DAQ-блоки являются только частью электроники систем сбора данных, с которой непосредственно работают физики. В течение последнего времени была модернизирована примерно половина аналоговой электроники спектрометров, которая, как правило, от них «скрыта» – это предусилители, формирователи, дискриминаторы, источники питания, кабели, разъемы и т.п. для нескольких сот измерительных каналов.

### Программное обеспечение и локальная вычислительная сеть

Системы управления всех спектрометров ИЯУ ИБР-2 модернизированы с заменой управляющего компьютера в стандарте VME на PC. При этом, использующийся ранее управляющий программный комплекс Sonix, заменен на Sonix+, адаптированный к измененному в ходе модернизации составу оборудования спектрометров (новые детекторы, исполнительные механизмы, системы окружения образца, цифровая электроника и др.).

В ходе этих работ были значительно расширены возможности программного инструментального комплекса Sonix+:

- Добавлены новые модули для управления всеми контроллерами, разработанными в ЛНФ (MPD, De-Li-DAQ-2) или приобретенными на коммерческой основе (для управления шаговыми двигателями, гониометрами, нагрузочными машинами, нагревателями, рефрижераторами, высоковольтными источниками питания и т.д.), которые используются в составе оборудования спектрометров. Для DAQ-контроллеров помимо режима гистограммирования, реализован режим накопления сырых данных.
- Разработан и внедрен новый, более простой и удобный унифицированный графический интерфейс (GUI), включающий как управление экспериментом, так и визуализацию данных со всех используемых детекторов (точечные детекторы, 1D и 2D ПЧД). Новый GUI создан на основе PyQt и библиотеки matplotlib.
- Предложен общий подход к созданию программ юстировки (настройки) спектрометров. На основе этого подхода были разработаны и внедрены программы юстировки на рефлектометрах (РЕМУР, РЕФЛЕКС, ГРЕЙНС), а также на спектрометрах ЮМО и ЭПСИЛОН (пример работы программ показан на **рис. 76**). Одна из версий программы используется на спектрометрах Дн-6 и Дн-12 в качестве пользовательского интерфейса для управления экспериментом.
- Предложен подход к созданию программ ведения рабочего журнала измерений. Создан первый вариант, который успешно эксплуатируется на спектрометре ЮМО.



## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Выполнен перевод всех компонентов Sonix+ под Microsoft Visual Studio 2008 и версию языка Python 2.6.

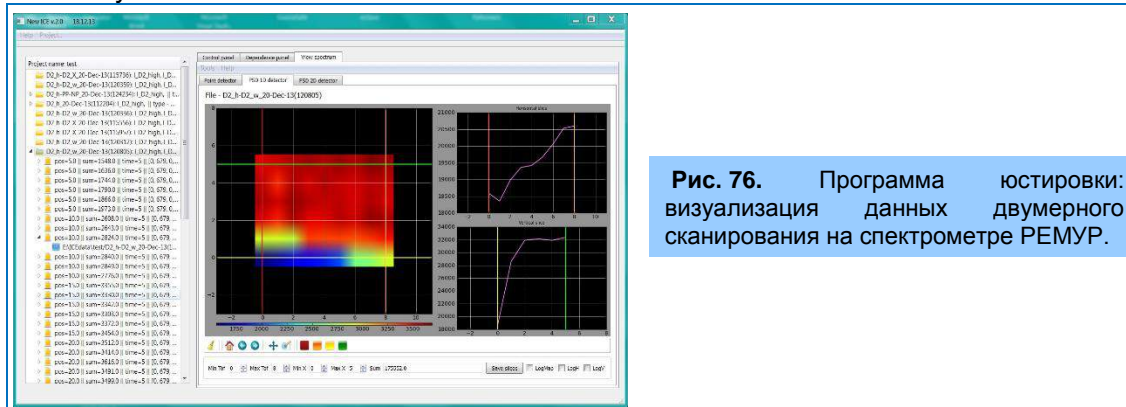


Рис. 76. Программа юстировки: визуализация данных двумерного сканирования на спектрометре РЕМУР.

Радикально переработана с учетом опыта эксплуатации и пожеланий пользователей система удаленного слежения за экспериментом WebSonix. Основные результаты модернизации – улучшение пользовательского интерфейса, а также повышение надежности и защищенности системы за счет использования современных веб технологий. Существенно дополнен справочный раздел системы на русском и английском языках.

Усовершенствовано программное обеспечение системы контроля состояния холодного замедлителя.

Начата практическая эксплуатация центрального файл-сервера ЛНФ Supermicro 6047. Предложение по организации на его основе централизованного отказоустойчивого сетевого хранилища данных, измеренных на спектрометрах ИБР-2, было выдвинуто целым рядом физических групп. Такой подход обеспечивает:

- автоматическую передачу экспериментальных данных;
- постоянную доступность данных;
- систему резервирования данных, при отказе жестких дисков на управляющем компьютере спектрометра;
- регламентацию прав доступа к данным средствами авторизации на сервере.

Все сервисы сервера настроены как единая система, которая организует сетевое хранилище и обеспечивает его функционирование. Для обеспечения доступа к данным были выбраны протоколы sftp и samba, которые обеспечивают шифрование паролей пользователей.

К скрипту записи данных на сервер был выдвинут ряд требований, выполнение которых обеспечивает надежность и безопасность хранилища:

- скрипт должен быть интегрирован в общую систему проведения экспериментов Sonix+;
- при записи данных на сервер он должен копировать структуру экспериментальных данных на управляющем компьютере спектрометра, а также обеспечивать запись промежуточных состояний файлов, если они изменяются во время эксперимента;
- скрипт должен быть максимально изолирован от общей системы;
- в системе должен вестись подробный журнал (лог) всех процессов, происходящих при записи данных на сервер.

Тестирование первой версии проводилось в течение ряда измерительных циклов реактора на спектрометрах ФСД, ФДВР и СКАТ. При этом особое внимание уделялось обеспечению бесперебойности измерений при возможных сбоях передачи данных на сервер. Проверка, в целом, показала достаточную надежность системы. В дальнейшем планируется

## 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

обеспечить авторизацию пользователей хранилища данных через общую систему авторизации ЛНФ, а также разработку дополнительных сервисных средств для удобства работы с хранилищем.

Технические характеристики сервера приведены в отчете за 2013г. В дополнение к исходной конфигурации сервера были приобретены и установлены рейд-контроллер SAS2108 и 8 блоков оперативной памяти по 4 Гбайта каждый, которые используются как кэш-буфер. Общая полезная емкость хранилища составляет 58 Тбайт.

Появились активные пользователи на новом вычислительном сервере на базе платформы Supermicro SYS-6017R-TDAF с двумя CPU Intel Xeon, дисковой памятью 16 TByte и операционной системой Linux.

Решены основные задачи по развитию сети ЛНФ (рис. 77):

- в магистральных каналах сети осуществлён переход на скорость 10 Гбит/сек;
- обеспечена возможность работы конечных пользователей на скорости до 1Гбит/сек в основных сегментах сети;
- завершено создание сети WiFi в основных зданиях Лаборатории и экспериментальных залах ИБР-2;
- обеспечена бесперебойная работа всего сетевого оборудования как на спектрометрах ИБР-2, так и в офисах персонала ЛНФ.

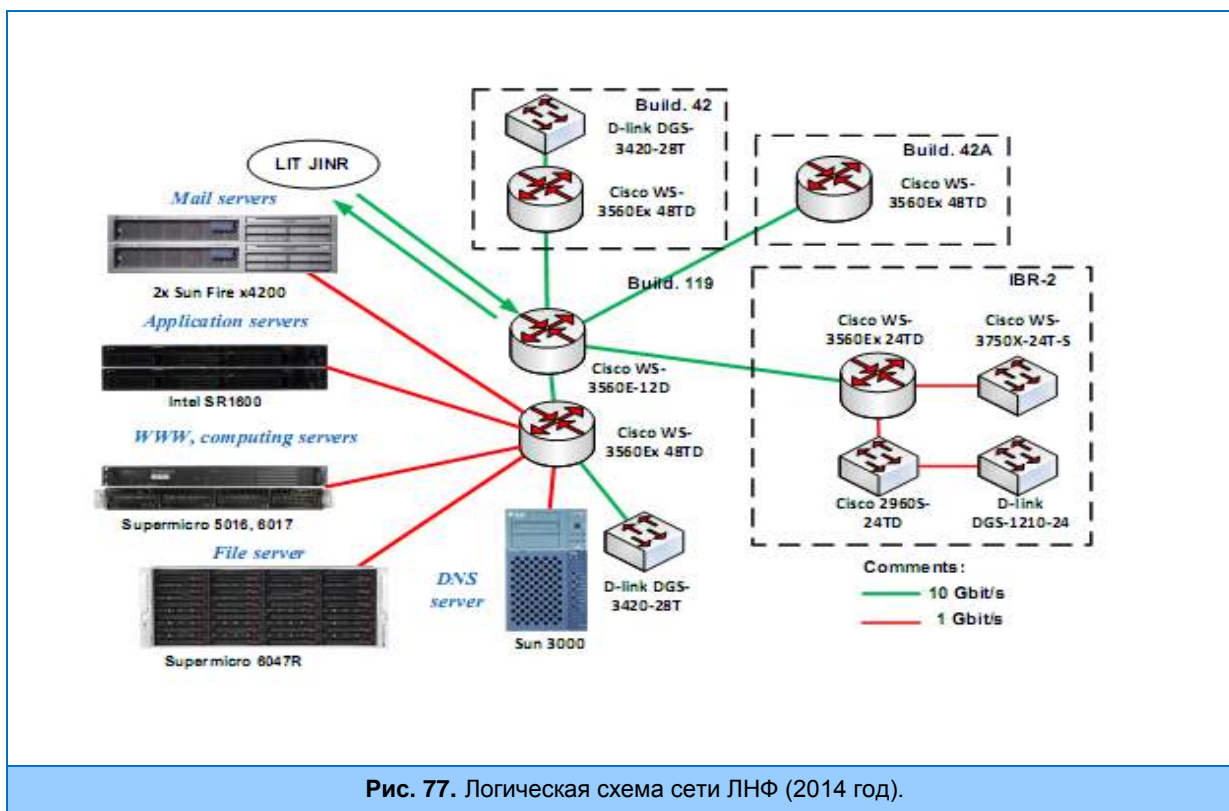


Рис. 77. Логическая схема сети ЛНФ (2014 год).

## 2. НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

### ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

#### Информация о работе исследовательской ядерной установки ИБР-2

Эксплуатация исследовательской ядерной установки ИБР-2 осуществляется на основании лицензии Ростехнадзора №ГН-03-108-2614 от 27.04.2012 г. и лицензии Ростехнадзор №ГН-03-108-2871 от 30.04.2014 г.

Приказом по ОИЯИ №67 от 07.02.2014 г. с 09 февраля 2014 г. была запрещена работа ИЯУ ИБР-2 на мощности в связи с истечением срока действия лицензии Ростехнадзора № ГН-03-108-2614 от 27.04.2012 г. на право эксплуатации исследовательской ядерной установки ИБР-2. 05 мая 2014 г. получена Лицензия № ГН-03-108-2871 от 30.04.2014 г., выданная Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору на право эксплуатации исследовательской ядерной установки ИБР-2. Приказом по ОИЯИ №266 от 06.05.2014 г. разрешена работа ИЯУ ИБР-2 на мощности 2 МВт с 12 мая 2014 г.

В 1, 3-6, 8 и 9 циклах замедлитель КЗ-202 работал в режиме водяного замедлителя, во 2 и 7 циклах- в криогенном режиме.

В таблице представлены данные о работе ИЯУ ИБР-2 на физический эксперимент в 2014 г.

№ цикла	Период	Время работы реактора на мощности, час	Время работы реактора на физический эксперимент, час	Режим работы замедлителя
1	13.01-24.01	284	267	водяной
2	30.01-08.02	213	201	криогенный
3	13.05-29.05	405	390	водяной
4	03.06-11.06	172	163	водяной
5	22.09-06.10	334	326	водяной
6	13.10-27.10	332	327	водяной
7	31.10-09.11	193	187	криогенный
8	21.11-08.12	404	398	водяной
9	15.12-26.12	239	233	водяной
	Σ	2576	2492	

#### Информация о работе системы криогенного замедлителя

Основные работы, выполненные в рамках темы 1105 «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов»:

- Заключен контракт на покупку криогенной установки 1200W 10K фирмы Linde AG.
- Разработано техническое предложение для проекта размещения оборудования криогенной установки в здании 117.
- Заключен договор с ОАО ГСПИ на выполнение проекта размещения оборудования криогенной установки Linde AG в здании 117.

## 2. НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Произведен монтаж криостата KB6640.00. с двумя газодувками на канале № 3 ИБР-2 в соответствии с планом работ по созданию комплекса криогенных замедлителей и проведены теплофизические испытания криостата в рабочем режиме.
- Произведен монтаж стенда КЗ-201 в соответствии с проектом КБ ЛНФ.
- Проведены эксперименты по загрузке мезитиленовых шариков в камеру стенда.
- Произведены исследования засыпки камеры криогенного замедлителя шариками из смеси мезитилен-нафталин с целью определения нейтроннофизических характеристик и проверки радиационной стойкости смеси.

### УСТАНОВКА ИРЕН

Почти всю первую половину 2014 года, с 17 января по 23 мая (1358 часов), ИРЕН отработал по программе облучения образцов сцинтилляторов адронного калориметра CMS, составленной сотрудниками ЛФВЭ. Было облучено более сотни образцов сцинтилляторов, изучены их радиационные характеристики и получены данные для увеличения их радиационной стойкости.

Вторую половину 2014 года персонал ИРЕН проводил глобальную модернизацию технологических и электрофизических систем установки. Была проведена модернизация систем вентиляции и кондиционирования ускорительных залов ИРЕН, демонтированы старые и установлены новые мощные импульсные модуляторы клистронов производства южнокорейской компании DAWONSY. Организован и проведен представительный конкурс по определению подрядчика выполнения проекта и работ по модернизации системы энергообеспечения ИРЕН. Подготовлены технические задания по модернизации систем энергообеспечения, систем водоохлаждения и термостабилизации ускорителя ЛУЭ-200. Все усилия были направлены для достижения в 2016 г. проектных параметров установки ИРЕН, обозначенных в «дорожной карте».

### УСКОРИТЕЛЬ ЭГ-5

Ускоритель ЭГ-5 проработал в 2014 году на эксперименты 665 часов. Было проведено большое количество аналитических исследований на различных образцах. Образцы были предоставлены из лабораторий ОИЯИ (ЛНФ, ЛЯП, ЛЯР), из других институтов России (Институт общей физики им. А.М. Прохорова; Петербургский институт ядерной физики; Воронежский государственный университет), институтов стран-участниц ОИЯИ (Университет им. Марии Кюри-Склодовской, Люблин, Польша; Электротехнический институт САН, Братислава, Словакия; Институт ядерной физики, Белград, Сербия) и студентами из Южной Африки. В результате исследований получены глубинные профили различных элементов в приповерхностных слоях представленных образцов с разрешением по глубине около 5 нм. А.П. Кобзев опубликовал в ЭЧАЯ том 45, вып. 3, 2014г. статью «О механизме излучения равномерно движущегося заряда», в которой дал детальное объяснение механизма излучения Вавилова-Черенкова и переходного излучения, не требующее нарушения фундаментальных законов физики. Показано, что ошибочный «механизм излучения при равномерном движении заряда» породил множество нереальных эффектов, получивших распространение в публикациях многих современных авторов.

### 3. ПУБЛИКАЦИИ

#### ОПУБЛИКОВАННЫЕ СТАТЬИ

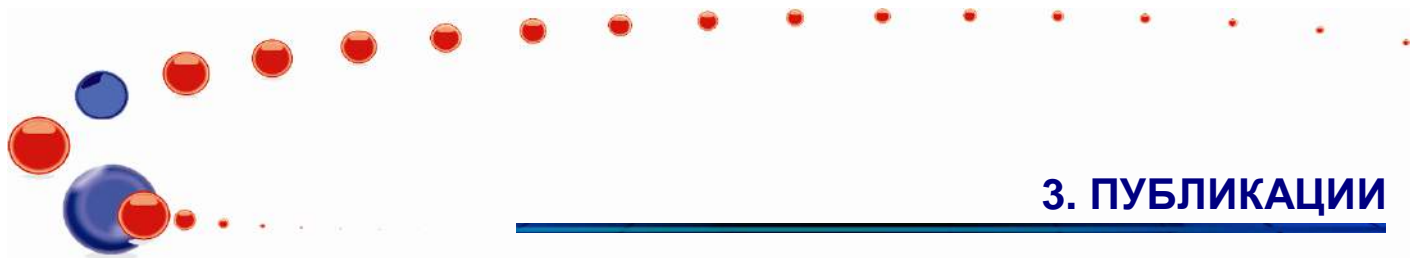
#### ОТДЕЛ НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

##### Атомная и магнитная структура (дифракция)

- Alekseev P.A., Nemkovski K.S., Kozlenko D.P., Menushenkov A.P., Yaroslavtsev A.A., Gribanov A.V., Clementyev E.S., Pantalei C., Klobes B., Hermann R.P., "Coexistence of long range magnetic order and intervalent state of Eu in  $\text{EuCu}_2(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_2$ : evidence from neutron diffraction and spectroscopic studies", **JETP Letters**, 2014, v. 99, p 185-189.
- Bobrikov I.A., Balagurov A.M., Chih-Wei Hu, Chih-Hao Lee, Sangaa Deleg, Balagurov D.A., Structural evolution in  $\text{LiFePO}_4$ -based battery materials: *in-situ* and *ex-situ* time-of-flight neutron diffraction study. **Journal of Power Sources**, 2014, v. 258, p. 356-364.
- Burzo E., Vlaic P., Kozlenko D.P., Kichanov S.E., Dang N.T., Rutkauskas A.V., Savenko B.N., Magnetic properties, electronic structures and pressure effects of  $\text{Ho}_x\text{Y}_{1-x}\text{Co}_2$  compounds. **Journal of Alloys and Compounds**, 2014, v. 584, p.393-401.
- Craus M.L., Islamov A.Kh., Anitas E.M., Cornei N., Luca D., Microstructural, magnetic and transport properties of  $\text{La}_{0.5}\text{Pr}_{0.2}\text{Pb}_{0.3-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  manganites. **Journal of Alloys and Compounds**, 2014, v. 592, p. 121–126.
- Jabarov S.H., Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Mehdiyeva R.Z., Lathe C., Mammadov A.I., Lukin E.V., Savenko B.N., The pressure effect on crystal structure of complex ferroelectrics  $\text{Ba}_4\text{Sm}_2\text{Fe}_2\text{Nb}_8\text{O}_{30}$  and  $\text{Ba}_4\text{Gd}_2\text{Fe}_2\text{Nb}_8\text{O}_{30}$ . **Zeitschrift fur Kristallographie**, 2014, DOI:0.1515/zkri-2014-1753.
- Jabarov S.H., Trukhanov A.V., Korneeva E.A., Mehdiyeva R. Z., Kichanov S. E., Mammadov A. I., Lukin E. V., Huseynov R. E., Effect of Concentration Substitution on the Size Factor in  $\text{Li}_{1-x}\text{Na}_x\text{NbO}_3$  Solid Solutions. **Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques**, 2014, v. 8, №. 6, p. 1198–1200.
- Karpinsky D.V., Troyanchuk I.O., Mantyckaya O.S., Chobot G.M., Sikolenko V.V., Efimov V., Tovar M., Магнитные и пьезоэлектрические свойства системы  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$  вблизи перехода из полярной в антиполярную фазу. **Физика твёрдого тела**, 2014, v. 56, p. 674-678.
- Karpinsky D., Troyanchuk I., Sikolenko V., Efimov V., Efimova E., Willinger M., Salak A.N., Kholkin A., Phase coexistence in  $\text{Bi}_{1-x}\text{Pr}_x\text{FeO}_3$  ceramics. **Journal of Material Science**, 2014, v.49, p. 6937-6943.
- Karpinsky, D., I.O. Troyanchuk, M. Tovar, V. Sikolenko, V. Efimov, V. Efimova, V. Shur, A. Kholkin Temperature and Composition-Induced Structural Transitions in  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}(\text{Pr})_x\text{FeO}_3$  ceramics. **Journal of the American Ceramic Society**, 2014, v. 97, p. 2631-2638.
- Karpinsky, D.V., Troyanchuk I.O., Sikolenko V.V., Efimov V., Efimova E., Silibin M.V., Chobot G.M., Willinger E., Temperature evolution of the crystal structure of  $\text{Bi}_{1-x}\text{Pr}_x\text{FeO}_3$  solid solutions. **Physics of the Solid State**, 2014, v. 56, p. 2263-2268.
- Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Wąsicki J., Nawrociak W., Dubrovinsky L. S., Liermann H.-P., Morgenroth W., Savenko B.N., The polymorphic phase transformations in the chlorpropamide under pressure. **Journal of Pharmaceutical Science**, 2014, DOI 10.1002/jps.24241.
- Kozlenko D.P., Rutkauskas A.V., Dang N.T., Golosova N.O., Kichanov S.E., Dubrovinsky L.S., Liermann H.-P., Morgenroth W., Savenko B.N., Pressure-induced antiferromagnet-ferromagnet transition and a change in the spin state of Co in  $\text{La}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{CoO}_{2.8}$ . **JETP Letters**, 2014, v. 100, p. 380-384.
- Kozlenko D. P., Kichanov S. E., Lukin E. V., Dang N. T., Dubrovinsky L. S., Liermann H.-P., Morgenroth W., Kamynin A. A., Gridnev S. A., Savenko B. N., Pressure-induced polar phases in relaxor multiferroic  $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ . **Physical Review B**, 2014, v. 89, p.1-7.
- Kozlenko D.P., Dang N.T., Jabarov S.H., Belik A.A., Kichanov S.E., Lukin E.V., Lathe C., Dubrovinsky L.S., Kazimirov V.Yu., Smirnov M.B., Savenko B.N., Mammadov A.I., Takayama-Muromachi E., Khiem L.H., Structural polymorphism in multiferroic  $\text{BiMnO}_3$  at high pressures and temperatures. **Journal of Alloys and Compounds**, 2014, v. 585, p. 741.
- Sikolenko, V.V., Efimov V.V., Schorr S., Ritter C., Troyanchuk I.O., Neutron Diffraction Studies of the Structure of Substituted Complex Cobalt Oxides. **Physics of the Solid State**, 2014, v. 56, p. 77-80.
- Troyanchuk, I.O., Karpinsky D., Efimov V., Sikolenko V., Prokhnenko O., Bartkowiak M., Ferromagnetic Interaction in  $\text{Mn}^{3+}$  based perovskites. **Journal of Physics: Condensed Matter**, 2014, v. 26, p. 396002.
- Yartys V.A., Antonov V.E., Beskrovnyy A.I., Crivello J.-C., Denys R.V., Fedotov V.K., Gupta M., Kulakov V.I., Kuzovnikov M.A., Latroche M., Morozov Yu.G., Sheverev S.G., Tarasov B.P., Hydrogen-assisted phase transition in a triglydride  $\text{MgNi}_2\text{H}_3$  synthesized at high  $\text{H}_2$  pressures: Thermodynamics, crystallographic and electronic structures. **Acta Mater**, (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2014.09.012>
- Аскеров Э.Б., Мададаза А.И., Бескровный А.И., Исмаилов Д.И., Мехдиева Р.Н., Джабаров С.Г., Керимова Э.М., Неов Д., Нейтрографическое исследование  $\text{TlFeS}_2$  и  $\text{TlFeSe}_2$  при низких температурах. **Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования**, 2014 № 12, с. 5-10.
- Балагуров А.М., Бобриков И.А., Самойлова Н.Ю., Дрожжин О.А., Антипов Е.В. Применение рассеяния нейтронов для анализа процессов в литий-ионных аккумуляторах, **Успехи Химии**, 2014, т. 83, № 12.
- Мехдиева Р.З., Лукин Е.В., Кичанов С.Е., Козленко Д.П., Джабаров С.Г., Данг Т.Н., Мамедов А.И., Савенко Б.Н., Исследование структурных аспектов фазового перехода антисегнетоэлектрик – параэлектрик в двойном перовските  $\text{Pb}_2\text{MgWO}_6$  при высоких давлениях и температурах, **Физика твердого тела**, 2014, т. 56, № 4, с. 735-740.
- Kichanov S.E., Shevchenko G.P., Tretyak E.V., Kozlenko D.P., Malashkevich G.E., Belushkin A.V., Savenko B.N., The structural and luminescent properties of  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+} + \text{Lu}_2\text{O}_3$  crystal phosphors prepared by colloid chemical synthesis. **Journal of Alloys and Compounds**, 2014, v. 613, p. 238-243.
- Кичанов С.Е., Исламов А.Х., Самойленко С.А., Козленко Д.П., Белушкин А.В., Гурин В.С., Шевченко Г.П., Трусова Е.Е., Булавин Л.А., Савенко Б.Н., Исследование особенностей структуры оксидных

##### Наноструктурированные материалы (малоугловое рассеяние и дифракция)

- Kichanov S.E., Shevchenko G.P., Tretyak E.V., Kozlenko D.P., Malashkevich G.E., Belushkin A.V., Savenko B.N., The structural and luminescent properties of  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+} + \text{Lu}_2\text{O}_3$  crystal phosphors prepared by colloid chemical synthesis. **Journal of Alloys and Compounds**, 2014, v. 613, p. 238-243.
- Кичанов С.Е., Исламов А.Х., Самойленко С.А., Козленко Д.П., Белушкин А.В., Гурин В.С., Шевченко Г.П., Трусова Е.Е., Булавин Л.А., Савенко Б.Н., Исследование особенностей структуры оксидных



### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- нанокластеров церия и титана в силикатном стекле методом малоуглового рассеяния нейтронов. **Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования**, 2014, № 2, с. 5–10.
23. Самойленко С.А., Третьяк Е.В., Шевченко Г.П., Кичанов С.Е., Козленко Д.П., Малашкевич Г.Е., Ступак А.П., Савенко Б.Н., Особенности кристаллической структуры и оптических свойств  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ , полученного коллоидно-химическим методом синтеза. **Журнал прикладной спектроскопии**, 2014, т. 81, № 6, с. 958-965.
  24. Самойленко С.А., Третьяк Е.В., Кичанов С.Е., Шевченко Г.П., Козленко Д.П., Булавин Л.А., Савенко Б.Н., Нейтронные и оптические исследования многокомпонентных кристаллических люминофоров  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$  и  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}/\text{Lu}_2\text{O}_3$ . **Украинский физический журнал**, 2014, т. 59, № 9, с. 901-905.
  25. Avdeev M.V., Particle interaction in polydisperse magnetic fluids: Experimental aspects of small-angle neutron scattering applications. **Journal of Molecular Liquids**, 2014, v. 189, p. 68-73.
  26. Anitas E. M., Cherny A. Yu, Osipov V. A., Kuklin A. I., Small-angle scattering from three-phase systems: Investigation of the crossover between mass fractal regimes. **Journal of Physics: Conference Series**. 2014, v. 490. № 1, p.1-3.
  27. Arzumanyan G, Vartic V, Kuklin A, Soloviov D, Rachkovskaya G, Zacharevich G, Trusova E., Skoptsov N., Yumashev K., Upconversion Luminescence of  $\text{Er}^{3+}$  and Co-Doped  $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$  Novel Transparent Oxyfluoride Glasses and Glass Ceramics: Spectral and Structural Properties. **Journal of Physical Science and Application**, 2014, v. 4, № 3, p. 150-158.
  28. Cherny A. Yu., Anitas E. M., Osipov V. A., Kuklin A. I., Small-angle scattering from multiphase fractal. **Journal of Applied Crystallography**, 2014, v.4, p. 198-206.
  29. Belicka M., Kucerka N., Uhríková D., Islamov A.Kh., Kuklin A.I., Devínsky F., Balgavý P., Effects of N, N-dimethyl-N-alkylamine-N-oxides on DOPC bilayers in unilamellar vesicles: small-angle neutron scattering study. **European Biophysics Journal**, 2014, v. 43, p. 179–189.
  30. Belushkin A.V., Kazimirov V.Yu., Manoshin S., Reverse Monte Carlo and Voronoi analysis of the local atomic structure of metallic glasses  $\text{Fe}_{63}\text{Er}_2\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6$  and  $\text{Fe}_{75}\text{Y}_5\text{B}_{20}$ . **Journal of Non-Crystalline Solids**, 2014, v. 402, p. 210.
  31. Byvshev I., Murugova T. N., Ivankov O. O., Vangeli I. M., Kuklin A. I., Yaguzhinskiy L. S., Respiration chain and ATP-synthesis system function as tightly-bounded supercomplex. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics**, 2014, v.1837, p. e25-e26.
  32. Gibhardt H., Haramagatti C. R., Islamov A. K., Ivankov O. I., Kuklin A. I., Eckold G., Universal Behaviour of the Structure and Dynamics of Micelles Formed from Cationic Surfactants. **Zeitschrift für Physikalische Chemie**, 2014, v. 228, p.769–791.
  33. Eremin R.A., Kholmurodov Kh., Petrenko V.I., Rosta L., Avdeev M.V., Molecular dynamics simulation analysis of small-angle neutron scattering by a solution of stearic acid in benzene. **Physics of the Solid State**, 2014, v. 56, № 1, p. 81-85.
  34. Kiselev M.A., Zemlyanaya E.V., Ryabova N.Y., Hauss T., Almasy L., Funari S.S., Zbytovska J., Lombardo D. Influence of ceramide on the internal structure and hydration of the phospholipid bilayer studied by neutron and X-ray scattering. **Applied Physics A**, 2014, v. 116, p. 319-325.
  35. Melnikova L., Mitroova Z., Timko M., Kovac J., Avdeev M.V., Petrenko V.I., Garamus V.M., Almasy L., Kopcansky P., Structural characterization of magnetoferritin. **Mendeleev Communications**, 2014, v. 24, p. 80-81.
  36. Murugova T. N., Balgavý P., Molecular volumes of DOPC and DOPS in mixed bilayers of multilamellar vesicles. **Physical Chemistry Chemical Physics**, 2014, v.16, p. 18211-18216.
  37. Nagorny A.V., Bulavin L.A., Petrenko V.I., Ivankov O.I., Tomchuk O.V., Avdeev M.V., Vékás L., Determination of the structure factor of interparticle interactions in the ferrofluid by small-angle neutron scattering. **Nuclear Physics and Atomic Energy**, 2014, v.15, p. 59-65.
  38. Nagorny A.V., Petrenko V.I., Bulavin L.A., Almasy L., Kovalchuk V.I., Moroz K.O., Nedyak S.P., Neutron and thermodynamic studies of magnetic fluids stabilized by monocarboxylic acids. **Journal of Physical Studies** 18(2/3) (2014) 2401(6 p.)
  39. Petrenko V.I., Avdeev M.V., Garamus V.M., Kubovcikova M., Gazova Z., Siposova K., Bulavin L.A., Almasy L., Aksenov V.L., Kopcansky P., Structure of amyloid aggregates of lysozyme from small-angle X-ray scattering data. **Physics of the Solid State**, 2014, v. 56, p. 129-133.
  40. Petrenko V.I., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Garamus V.M., Koneracka M., Kopcansky P., Structure and interaction of poly(ethylene glycol) in aqueous solutions. Small-angle neutron scattering data. **Macromolecular Symposia**, 2014, v. 335, p. 20-23.
  41. Polovinkin V., Gushchin I, Sintsov M, Round E, Balandin T, Chervakov P, Schevchenko V, Utrobin P, Popov A, Borshchevskiy V, Mishin A, Kuklin A, Willbold D, Chupin V, Popot J.-L., Gordeliy V., High-resolution structure of a membrane protein transferred from amphipol to a lipidic mesophase. **The Journal of membrane biology**, 2014, p.1-8.
  42. Prylutsky Yu.I., Petrenko V.I., Ivankov O.I., Kyzyma O.A., Bulavin L.A., Litsis O.O., Evstigneev M.P., Cherepanov V.V., Naumovets A.G., Ritter U., On the origin of C60 fullerene solubility in aqueous solution. **Langmuir**, 2014, v. 30, p. 3967–3970.
  43. Rajewska A., Medrzycka K., Hallmann E., Small-angle neutron scattering study of the structure of mixed micellar solutions based on nonionic and two cationic surfactants. **Physics of the Solid State**, 2014, v.56, p. 125-128.
  44. Ryabova N.Yu., Gruzinov A.Yu., Zabelin A.V., Synchrotron X-Ray Diffraction Study of the Structure of *Oral Stratum Corneum* Model Lipid Membranes. **Crystallography Reports**, 2014, v.59, № 1, p.117–124
  45. Shibaev A. V., Tamm M., Molchanov V. S., Rogachev A. V., Kuklin A. I., Dormidontova E. E., Philippova O. E., How Viscoelastic Solution of Wormlike Micelles Transforms into Microemulsion upon Absorption of Hydrocarbon: A New Insight. **Langmuir**, 2014, v. 30 № 13, p. 3705-3714.
  46. Shvetsov A. V., Lebedev D.V., Chervyakova D. B., Bakhanova I.V., Yung I.A., Radulescu A., Kuklin A.I., Baitin D.M., Isaev-Ivanov V.V., Structure of RecX protein complex with the presynaptic RecA filament: Molecular dynamics simulations and small angle neutron scattering. **FEBS Letters**, 2014, v. 588, № 6, p. 948–955.
  47. Soloviov D., Zabashta Y., Bulavin L., Olexandr I., Gordeliy V., Kuklin, A., Changes in the Area per Lipid Molecule by P–V–T and SANS Investigations. **Macromolecular Symposia**, 2014, v. 335, № 1, p. 58-61.

### 3. ПУБЛИКАЦИИ

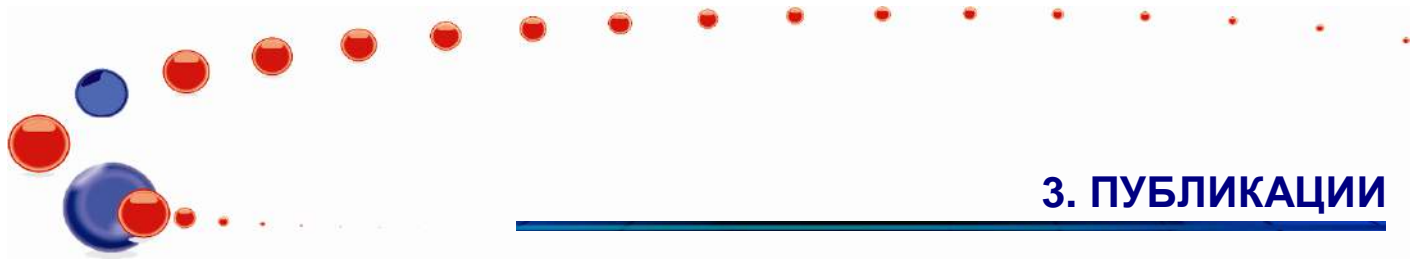
48. Tomchuk O.V., Bulavin L.A., Aksenov V.L., Garamus V.M., Ivankov O.I., Vul' A.Ya., Dideikin A.T., Avdeev M.V., Small-angle scattering from polydisperse particles with a diffusive surface, **Journal of Applied Crystallography**, 2014, v.47, p. 642–653
49. Vlasov A., Murugova T., Grudinin S., Ivankov O., Soloviov D., Rogachev A., Round A., Ryzhykau Y., Mishin A., Balandin T., Borshchevskiy V., Gordeliy V., Kuklin A., Protein structure and structural ordering versus concentration dependence. **FEBS Journal**, 2014, v. 281, p. 539 – 540.
50. Еремин Р.А., Холмуродов Х.Т., Петренко В.И., Рошта Л., Авдеев М.В., Молекулярно-динамическое моделирование в анализе малогоугольного рассеяния нейтронов органическими растворами. Труды XVIII-ой научной конференции молодых учёных и специалистов ОИЯИ (ОМУС-2014), 2014, с. 217-220.

#### Тонкие пленки (рефлектометрия и поляризованные нейтроны)

51. Asgerov E. B., Madadzada A. I., Ismayilov D. I., Mehdiyeva R.N., Interaction of Heterogeneous Thin Films and Phase Formation in the TI–Fe–S System. **Semiconductors**, 2014, v. 48, № 9, p. 1233–1236.
52. Asgerov E.B., Madadzada A.I., Ismayilov D.I., Mehdiyeva R.N., Electron Diffraction Study of the Phase Formation of TI–Fe–Se and Kinetics of Phase Transformations of Films TlFeSe<sub>2</sub>. **Semiconductors**, 2014, v. 48, № 11, p. 1449–1451
53. Ignatovich V.K., Nikitenko Yu.V., Radu F., Reflection of neutrons from fan-like magnetic systems, **American Journal of Modern Physics and Applications**, 2014, v.1, № 1, p. 7-14.
54. Nikitenko Yu.V., Proglyado V.V., Aksenov V.L., Neutron Channeling in Layered Cu/TiCu structures, **Journal of Surface Investigation**, 2014, v. 8, № 5, p. 961-966.
55. Uyanga E., Gibaud A., Daniel P., Sangaa D., Sevjdasuren G., Altantsog P., Beuvier T., Chih Hao Lee, Balagurov A.M., Structural and vibrational investigations of Nb-doped TiO<sub>2</sub> thin films. **Materials Research Bulletin**, 2014, v. 60, e222-e231.
56. Боднарчук И.А., В.И. Боднарчук, С.П. Ярадайкин, Оценка сечения рассеяния нейтронов на спиновых волнах в тонких ферромагнитных слоях, **Физика твердого тела**, 2014, т. 56, № 1, с. 138-141.

#### Атомная и магнитная динамика (неупругое нейтронное рассеяние)

57. Druzbicki K., Natkaniec I., Vibrational Properties of Water Retained in Graphene Oxide, **Chemical Physics Letters**, 2014, v.600, p.106–111.
58. Furrer A., Podlesnyak A., Frontzek M., Sashin I., Embs J.P., Mitberg E., Pomjakushina E., Crystal-field interaction and oxygen stoichiometry effects in strontium-doped rare-earth cobaltates. **Physical Review B**, 2014, v.90, 064426.
59. Górska N., Szostak E., Druzbicki K., Mikuli E., Inaba A., Hirao Y., A Comprehensive Study on Crystal Structure, Thermal Behavior, and Molecular Dynamics of [Sr(DMSO)<sub>4</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]. **Journal of Coordination Chemistry**, 2014, v.67, p.3135–3154.
60. Hetmańczyk J., Hetmańczyk Ł., Migdał-Mikuli A., Mikuli E., Florek-Wojciechowska M., Harańczyk H., Vibrations and reorientations of H<sub>2</sub>O molecules in [Sr(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]Cl<sub>2</sub> studied by Raman light scattering, incoherent inelastic neutron scattering and proton magnetic resonance. **Spectrochimica Acta A**, 2014, v.124, p. 429–440.
61. Hetmańczyk J., Hetmańczyk Ł., Migdał-Mikuli A., Mikuli E., Thermal properties of polycrystalline [Mn(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>](ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Crystal structure and phase transitions. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2014, v. 118, p. 1049–1056.
62. Hetmańczyk J., Hetmańczyk Ł., Migdał-Mikuli A., Mikuli E. "Vibrations and reorientations of NH<sub>3</sub> molecules in [Mn(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>](ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> studied by Infrared spectroscopy and theoretical (DFT) calculations. **Spectrochimica Acta A**, 2014, DOI: 10.1016/j.saa.2014.10.044.
63. Kwocz A., Kochel A., Chudoba D., Filarowski A., Tautomeric design of ortho-hydroxyheterocyclic Schiff bases. **Journal of Molecular Structure**, 2014, v. 1080, p. 52-56.
64. Лисичкин Ю.В., Л.А. Сахарова, А.А. Туманов, Динамика молекулы воды, адсорбированной кремнеземом и смолой SGK-7. **Физика твердого тела**, 2014, т. 56, № 1, с.99-106.
65. Łuczynska K., Druzbicki K., Łyczko K., Starosta W., Complementary Optical and Neutron Vibrational Spectroscopy Study of Bromanilic Acid: 2,3,5,6-Tetramethylpyrazine (1:1) Cocrystal. **Vibrational Spectroscopy**, 2014, v. 75, p. 26–38.
66. Majerz I., Natkaniec I., Proton vibrations in 2,4,6-trimethylpyridinium pentachlorophenolate. **Chemical Physics Letters**, 2014, v. 608, p. 289–294.
67. Natkaniec I., Chudoba D., Hetmańczyk Ł., Kazimirov V.Yu., Krawczyk J., Sashin I.L., Zalewski S., Parameters of the NERA spectrometer for cold and thermal moderators of the IBR-2 pulsed reactor. **Journal of Physics: Conference Series**, 2014, v. 554, 012002.
68. Ozeryanskii V.A., Pozharskii A.F., Antonov A.S., Filarowski A., Out-Basicity of 1,8-bis(dimethylamino)naphthalene: The experimental and theoretical challenge. **Organic & Biomolecular Chemistry**, 2014, v.12, p. 2360-2369.
69. Panek J.J., Jezierska-Mazzarello A.B., Lipkowski P., Martyniak A., Filarowski A., Comparison of resonance assisted and charge assisted effects in strengthening of hydrogen bonds in dipyrins. **Journal of Chemical Information and Modeling**, 2014, v.54, p.86-95.
70. Pajzderska A., Druzbicki K., Gonzalez M. A., Jencyk J., Peplińska B., Jarek M., Mielcarek J., Wąsicki J., Experimental and Solid-State Computational Study of Structural and Dynamic Properties in the Equilibrium Form of Temazepam. **Journal of Physical Chemistry B**, 2014, v. 118, p. 6670–6679.
71. Pawlukoć A., Hetmańczyk Ł., IR, INS and DFT investigations on dynamical properties of low temperature phase of choline chloride. **Chemical Physics**, 2014, v.445, p. 31–37.
72. Pawlukoć A., Holderna-Natkaniec K., Bator G., Natkaniec I., INS, IR, RAMAN, <sup>1</sup>H NMR and DFT investigations of dynamical properties in L-asparagine. **Vibrational Spectroscopy**, 2014, v.72, p. 1-7.
73. Pawlukoć A., Holderna-Natkaniec K., Bator G., Natkaniec I., L-glutamine: dynamical properties investigation by means of INS, IR, RAMAN, <sup>1</sup>H NMR and DFT techniques. **Chemical Physics**, 2014, v.443, p. 17-25.
74. Rachwalska M., Natkaniec I., Zborowski K., Hetmańczyk Ł., Urbanek Z., Inelastic Neutron Scattering (INS) Study of



### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- Low Frequency Vibrations and Hydrogen Bonding of (E)-Benzil Monoxime". **Zeitschrift für Physikalische Chemie**, 2014, v. 228, № 1, p. 63–97.
75. Sheka E.F., Natkaniec I., Rozhkova N.N., Holderna-Natkaniec K., Neutron scattering study of reduced graphene oxide of natural origin", *Pis'ma v ZhETF*. 2014, v. 99, № 11, p. 754 – 759.
76. Sheka E.F., Rozhkova N.N., Holderna-Natkaniec K., Natkaniec I., Nanoscale reduced-graphene-oxide origin of shungite in light of neutron scattering. **Nanosystems: physics, chemistry, mathematics**, 2014, v. 5, № 5, p. 659–676.
77. Smirnov M. B., Kazimirov V. Yu., Baddour-Hadjean R., Pereira-Ramos J.-P., Smirnov K.S. Atomistic mechanism of alpha-beta phase transition in vanadium pentoxide. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, 2014, v.75, p. 115.
78. Szostak M.M., Piela K., Holderna-Natkaniec K., Natkaniec I., Bidzińska E., Optical nonlinearity and electric conductivity origin study on sucrose crystal by using IR, Raman, INS, NMR, and EPR spectroscopies. **Carbohydrate Research**, 2014, v.395, p. 29–37.
79. Благовещенский Н.М., Новиков А.Г., Савостин В.В., Самодиффузия в жидких литии и свинце из данных по когерентному квазиупругому рассеянию нейтронов», **Физика твердого тела**, 2014, т. 56, № 1, с.122-125.
80. Благовещенский Н.М., Новиков А.Г., Рожкова Н.Н.,
- Анализ квазиупругого рассеяния нейтронов концентрированной водной дисперсией наноалмазов, **Физика твердого тела**, 2014, т.56, № 1, с.116-118.
81. Благовещенский Н.М., Г.Новиков А., Пучков А. В., Савостин В. В., Микроскопические свойства жидкого галлия из экспериментов по квазиупругому рассеянию нейтронов, **Письма в ЖЭТФ**, 2014, т. 100, №. 5, с. 379-384.
82. Дубовский О.А., Орлов А.В., Перспективы нейтронной спектроскопии генерируемых ультразвуком и гиперзвуком связанных мультифононных солитонов и бисолитонов нового типа, **Физика твердого тела**, 2014, т.56, № 1, с.45-49.
83. Дубовский О.А., Семенов В.А., Орлов А.В., Солитонная и мультифононная микродинамика теплопроводности плутония и урана в области температур мартенситных фазовых переходов, **Физика твердого тела**, 2014, т.56, №1, с.31-35.
84. Новиков А.Г., Топология и водородная связанность в сверхкритической воде. **Физика твердого тела**, 2014, т. 56, № 1, с.119-121.
85. Семенов В.А., Дубовский О.А., Орлов А.В., Савостин Д.В., Сударев В.В., Спектр частот вольфрама при температурах 293 и 2400 К. **Физика твердого тела**, 2014, т.56, № 1, с.36-40.

#### Прикладные исследования (текстура, напряжения, геологические материалы)

86. Bokuchava G.D., Papushkin I.V., Sumin V.V., Balagurov A.M., Sheptyakov D.V., Investigation of microstrain in dispersion-strengthened steels, **Physics of Solid State**, 2014, v. 56, p. 166-170.
87. Bokuchava G.D., Papushkin I.V., Venter A.M., Petrov P.I., Residual stress studies in electron beam welding using neutron diffraction, **Journal of Materials Science and Technology**, 2014, v. 22, № 1, p. 3-11.
88. Bokuchava G.D., Papushkin I.V., Petrov P.I., Residual Stress Study by Neutron Diffraction in the Charpy Specimens Reconstructed by Various Welding Methods. **Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences**, 2014, v. 67, № 6, p. 763-768.
89. Lutterotti L., Vasin R.N., Wenk H.-R. Rietveld texture analysis from synchrotron diffraction images. I. Calibration and basic analysis, **Powder Diffraction**, 2014, v. 29. № 1, p. 76-84.
90. Santisteban J.R., Malamud F., Vizcaino P., Li M.J., Vogel S., Liaw P., Carr D.G., Sumin V.V., Vasin R.N., Ridikas D. Preliminary round robin on the determination of crystallographic texture of Zr components by neutron diffraction, **IAEA report**, Vienna 2014. p. 1-8.
91. Scheffzuk Ch., Ullemeyer K., Vasin R.N., Naumann R., Schilling F.R. Strain and texture investigations by means of neutron time-of-flight diffraction: application to polyphase gneisses, **Materials Science Forum**, 2014, v. 777, p. 136-141.
92. Taran Yu., Balagurov A., Sabirov B., Davydov V., Venter A., Neutron Diffraction Investigation of Residual Stresses Induced in Niobium-Steel Bilayer Pipe Manufactured by Explosive Welding. **Material Science Forum**, 2014, v. 768-769, p. 697-704.
93. Taran Y.V., Balagurov A.M., Venter A.M., Evans A., Martensitic transformation of austenitic stainless steel cruciform geometry sample by biaxially fatigued cycling, **Materials Science Forum**, 2014, v. 772, p. 109-115.
94. Vasin R.N., Lebensohn R.A., Matthies S., Tome C.N., Wenk H.-R., The influence of grain shape and volume fraction of sheet silicates on elastic properties of aggregates: biotite platelets in an isotropic matrix. **Geophysics**, 2014, v. 79. №6, p. D433-D441.
95. Wenk H.-R., Lutterotti L., Kaercher L., Kanitpanyacharoen W., Miyagi L., Vasin R.N., Rietveld texture analysis from synchrotron diffraction images. II. Complex multiphase materials and diamond anvil cell experiments. **Powder Diffraction**, 2014, v. 29. № 3, p. 220-232.

#### Инструменты и методы

96. Keppler R., Ullemeyer K., Behrmann J.H., Stipp M., Potential of full pattern fit methods for the texture analysis of geological materials: implications from texture measurements at the recently upgraded neutron time-of-flight diffractometer SKAT. **Journal of Applied Crystallography**, 2014, v.47, p. 1520-1534.
97. Кожевников С.В., F. Ott, J. Torrejón, M. Vázquez, A. Thiaville, Применение поляризованного микропучка нейтронов для исследования магнитной микроструктуры, **Физика твердого тела**, 2014, v.56, p.63-67.
98. Калинин И.В., Морозов В.М., Новиков А.Г., Пучков А.В., Савостин В.В., Сударев В.В., Булкин А.П., Калинин С.И., Пусенков В.М., Ульянов В.А., Характеристики спектрометра ДИН-2ПИ с нейтронным концентратором, **Журнал технической физики**, 2014. т. 84, № .2, p.155-158



### 3. ПУБЛИКАЦИИ

#### ОТДЕЛ КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

99. Ananiev V., Belyakov A., Bulavin M., Kulagin E., Kulikov S., Mukhin K., T. Petukhova T., Sirotin A., Shabalin D., Shabalin E., Shirokov V., Verhoglyadov A., The world's first pelletized cold neutron moderator at a neutron scattering facility. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B**, 2014, v. 320, p. 70-74.
100. Belushkin A.V., Kazimirov V.Yu., Manoshin S. Reverse Monte Carlo and Voronoi analysis of the local atomic structure of metallic glasses  $\text{Fe}_{63}\text{Er}_2\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6$  and  $\text{Fe}_{75}\text{Y}_5\text{B}_{20}$ , **Journal of Non-Crystalline Solids**, 2015, v. 402, p. 210-213.
101. Chernikov A.N. Trofimov V.N. Helium-3 adsorption refrigerator cooled with a closed-cycle cryocooler. **Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques**, 2014, v. 8, № 5, p. 952–956.
102. Lieutenant K., Zandler C., Manoshin S., Fromme M., Houben A., Nekrassov D. VITNESS 2.10 - Virtual instrumentation tool for the European Spallation Source. **Journal of Neutron Research**, 2014, v.17, p. 45-51.
103. Manoshin S., Rubtsov A., Bodnarchuk V., Mattauch S., Ioffe A. Extension of the VITNESS polarized neutron suite towards the use of imported magnetic field distributions, **Journal of Neutron Research**, 2014 v. 17, p. 19-26.
104. Аняньев В.Д., Беляков А.А., Булавин М.В., Верхоглядов А.Е., Куликов С.А., Мухин К.А., Шабалин Е.П., Холодный замедлитель нейтронов на модернизированном реакторе ИБР-2. **Журнал технической физики**, 2014, т. 84, № 2, с. 131-134.

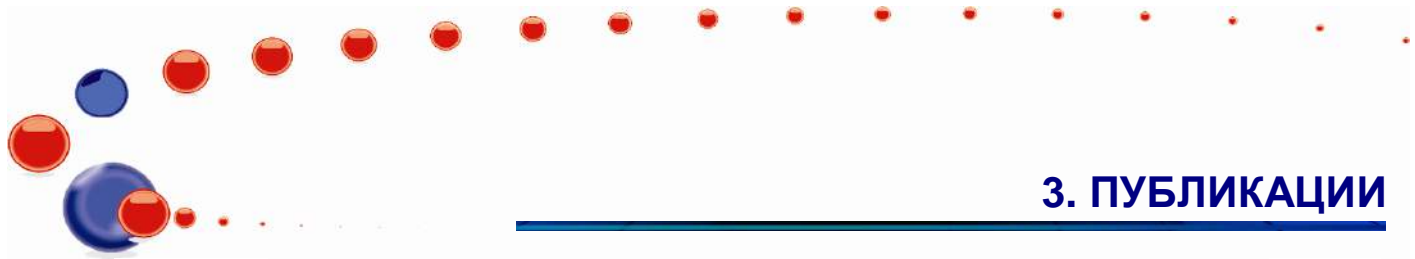
#### ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

##### Экспериментальные работы

105. Badawi M. S., Ruskov I., Gouda M. M., El-Khatib A. M., Alotiby M.F., Mohamed M.M., Thabet A.A., Abbas M.I., A numerical approach to calculate the full-energy peak efficiency of HPGe well-type detectors using the effective solid angle ratio. **IOP Journal of Instrumentation**, 2014, DOI:10.1088/1748-0221/9/07/P07030.
106. Bevilacqua R., Hamsch F.-J., Bencardino R., Giorganis G., Vidali M., Lamia L., and Ruskov I.,  $^{10}\text{B}$  and  $^6\text{Li}$  Nuclear Data Measurements for Incident Neutron Energies up to 3 MeV. **Nuclear Data Sheets**, 2014, v. 119, p. 104-106.
107. Bystritsky V.M., Kobzev A.P., Krylov A.R., Parzhitskii S.S., Philippov A.V., Dudkin G.N., Nechaev B.A., Padalko V.N., Pen'kov P.M., Tuleushev Y.Z., Filipowicz M., Bystritskii Vit.M., Gazi S., Huran J., Study of the  $d(p, \gamma)\text{He-3}$  reaction at ultralow energies using a zirconium deuteride target. **Nuclear instruments & methods in physics research**, 2014, v.737, p. 248-252.
108. Enik T.L., Mitsyna L.V., Popov A.B., Salamatin I.M., The Angular Anisotropy of Slow Neutrons Scattering. 2014, **JINR Preprint E3-2014-27**, 2014.
109. Frank A.I. Goos-Hänken Effect in Neutron Optics. **JINR Preprint E3-2014-13**, 2014.
110. Frank A.I. On the Goos-Hänken Effect in Neutron Optics. **Journal of Physics: Conference Series**, 2014, v. 528 012029.
111. Gledenov Yu. M., Nesvizhevsky V.V., Sedyshev P.V., Shulgina E.V., Vesna V.A., Search for P-ODD Asymmetry in the Radiative Cross-Section of the Interaction of Neutrons with Lead Nuclei. **Physics of Atomic Nuclei**, 2014, v. 77, № 3, p.316-320
112. Gledenov Yu. M., Sedysheva M. V., Stolupin V. A., Guohui Zhang, Jinhua Han, Zhimin Wang, Xiao Fan, Xiang Liu, Jinxiang Chen, Khuukhenkhuu G., Szalanski P. J., Cross sections of the  $^{57}\text{Fe}(n,\alpha)^{54}\text{Cr}$  and  $^{63}\text{Cu}(n,\alpha)^{60}\text{Co}$  reactions in the MeV region. **Physical Review C**, 2014, v. 89, 064607 (2014)
113. Gledenov Yu. M., Sedysheva M. V., Stolupin V. A., Guohui Zhang, Jinhua Han, Xiang Liu, Xiao Fan, Jinxiang Chen, Khuukhenkhuu G., Szalanski P. J.,  $^{57}\text{Fe}(n,\alpha)^{54}\text{Cr}$  cross sections in the MeV region. **ISINN-21 Proceedings**, 2014, p. 330-335.
114. Khuukhenkhuu G., Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Odsuren M. and Munkhsaikhan J., Statistical model analysis of  $(n,\alpha)$  and  $(n,p)$  cross sections averaged over the fission neutron spectrum". **ISINN-21 Proceedings**, 2014, p. 336-341..
115. Khuukhenkhuu G., Gledenov Yu.M., Sedysheva M.V., Odsuren M., Munkhsaikhan J., Delgersaikhan T., Systematical Analysis of  $(n,\alpha)$  Reaction Cross Sections for 6-20 MeV Neutrons. **Письма в ЭЧАЯ**, 2014, т.11, №6.
116. Kulin G.V, Strepetov A.N., Frank A.I., Geltenbort P., Goryunov S.V, Jentschel M., Kustov D.V. New experimental test of dispersion law for very slow neutrons. **Physics Letters A**, 378, 2553-2556 (2014)
117. Tsulaia M.I., Neutron nuclear Precession - Nuclear Pseudomagnetism. **Physics of Atomic Nuclear**, 2014, v.77, p1386-1398.
118. Vesna V.A., Gledenov Yu.M., Nesvizhevsky V.V., Sedyshev P.V., Shulgina E.V., Measurement of the left-right asymmetry in integral spectra of  $\gamma$ -quanta in the interaction of nuclei with polarized thermal neutrons. **ISINN-21 Proceedings**, 2014, p. 26-29.
119. Zeinalov SH., Zeinalova O., Hamsch F.J., Sedyshev P., Shvetsov V. Ionization chamber for prompt fission neutron investigations. **Physics Procedia**, 2014, p. 160-166.
120. Бушуев В.А., Франк А.И. Групповое время задержки при отражении волн от многослойных структур и мнимые парадоксы в нейтронной и рентгеновской оптике. **Рентгеновская оптика**, 2014, с. 31-33.
121. Бушуев В.А., Франк А.И., Кулин Г.В. Динамическая теория дифракции нейтронов на движущейся решетке. **Рентгеновская оптика**, 2014, с. 40-42.
122. Игнатович В.К., Саламатин И.М., Саламатин К.М., Сеннер А.Е. Автоматизация экспериментов в области спектрометрии нейтронов с использованием сетевых технологий, **Препринт ОИЯИ**, 2014, P13-2014-33.
123. Франк А. И., Гелтенборт П., Ентшель М., Кустов Д.В., Кулин Г.В., Стрелетов А.Н., Оптический эффект ускоряющегося вещества и длинноволновые нейтроны. **Труды XVIII Международного симпозиума**, 2014, т. 1, с. 349-353.
124. Франк А.И., О законе дисперсии в ускоряющемся веществе. **Письма в ЖЭТФ**, 2014, т. 100, с. 696-697.

##### Теоретические работы

125. Ignatovich V.K., A Missed Solution for an Atom: A Gate Toward Cold Nuclear Fusion. **Infinite Energy Magazine**, 2014, № 117, p. 33-36.
126. Ignatovich V.K., Comment on Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?, **American Journal of Modern Physics and Application**,



### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- v 1, № 1, p. 1-6.
127. Ignatovich V., Nikitenko Yu., Florin R., Reflection of Neutrons from Fan-Like Magnetic Systems. **American Journal of Modern Physics and Application**, 2014, v.1, № 1, p 7-14.
128. Ignatovich V.K., A Model Of Violation And Superviolation Of Bell's Inequality In Local Quantum Mechanics. **Journal of Physics & Astronomy**, 2014, v.3, №. 3, p. 1-7.
129. Игнатович В.К., Несвижевский В.В., Отражение медленных нейтронов от порошка из нано-стержней. **Атомная энергия**, 2014, т. 116, № 2, с. 100-107.
130. Kobzev A.P. On the radiation mechanism of a uniformly moving charge. **Physics Particles and Nuclei**, 2014, v. 45, № 3, p. 628-653.

#### Прикладные исследования

131. Afanasiev S.V., Borzakov S.B., Egorov V.A., Golutvin I.A., Igamkulov Z.A., Malakhov A.I., Moisenz P.V., Pyataev V.G., Sedyshev P.V., Shvetsov V.N., Smirnov V.A., Zontikov A.O., Experimental study of plastic scintillator damage caused by radiation on IREN at JINR. **CERN-CMS-NOTE-2014-003**, 17 p.
132. Afanasiev S., de Barbaro P. J., Borzakov S.B., Golutvin I., Igamkulov Z.A., Malakhov A., Moisenz P., Pogodaev, G.N., Pyataev V.G., Sedyshev P.V., Shvetsov V.N., Smirnov V. Measuring of induced radioactivity of the HE megatile on IREN at JINR. **CERN-CMS-NOTE-2014-002**, 13 p.
133. Baljinnyam N., Frontasyeva M.V., Aleksiyayenak Yu.V., INAA for determination of trace elements in bottom sediments of the Selenga River basin in Mongolia. **Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei**, 2014, v. 11, № 2, p. 199–208.
134. Baljinnyam N., Tsevegsuren N., Jugder B., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Investigation of elemental content of some Mongolian medicinal plants. **International Journal of Medicinal Plants**, 2014, v. 106, p. 481-492.
135. Cepoi L., Rudi L., Chiriac T., Valuta A., Zinicovscaia I., Duca Gh., Kirkesali E., Frontasyeva M.V., Culicov O., Pavlov S.S., Bobrikov I., Biochemical changes in some cultures of cyanobacteria at the synthesis of silver nanoparticles. **Canadian Journal of Microbiology**, 2014, DOI: 10.1139/cjcm-2014-0450.
136. Eze Ch.P., Fatoba O., Madzivire G., Ostrovnyaya T.M., Petrik L.F., Frontasyeva M.V., Nechaev A.N., Elemental composition of coal fly ash: Matla Coal Power Station in the Mpumalanga Province in South Africa case study using nuclear and related analytical techniques. **JINR Preprint**, E14-2013-131, 2014, p. 17.
137. Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Zinicovscaia I.I., Bagdavdze N. V., Kirkesali E.I., Gakhokidze R., Neutron activation analysis of agricultural crops exposed to bioenergoactivator. **Agricultural Chemistry**, 2014, № 6, p. 55-61.
138. Harmens H., Mills G., Hayes F., Sharps K., Frontasyeva M.V., Aleksiyayenak Yu., Culicov O. A., Goryainova Z. I., Vergel K.N., Zinicovscaia I. and the participants of the ICP Vegetation. Air Pollution and Vegetation. **ICP Vegetation Annual Report, 2013/2014**. ICP Vegetation Programme Coordination Centre, CEH Bangor, UK, 2014.
139. Horodek P, Dryzek J, Kobets A.G., Kulik M, Lokmatov V.I., Meshkov I.N., Orlov O.S., Pavlov V., Rudakov A.Yu., Sidorin A.A, Siemek K, Yakovenko S.L, Slow Positron Beam Studies of the Stainless Steel Surface Exposed to Sandblasting. **Acta Physica Polonica**, 2014, v. 125, № 3, p. 714-717.
140. Huran J, Balalykin NI, Feshchenko AA, Kobzev AP, Kleinova A, Sasinkova V, Hrubcin, Transmission photocathodes based on stainless steel mesh coated with deuterated diamond like carbon films. **Nuclear Instruments & Methods in Physics Research**, 2014, v. 753, p.14-18.
141. Kobzev A.P., Kulik M., Rzdokiewicz. W. Investigation of MOS Structures Using Nuclear Analytical Methods. **JINR News**, 2014, № 2, p. 16-17.
142. Kravtsova A., Milchakova N., Frontasyeva M., Accumulation of macro- and trace elements in brown algae *Cystoseira* studied by multielement instrumental neutron activation analysis (the Black Sea, south-western Crimea). **Ecological Chemistry and Engineering**, 2014, v. 21, № 1, p. 9-23.
143. Kravtsova A., Milchakova N., Frontasyeva M., Peculiarities of trace element accumulation by macroalgae *Cystoseira* from coastal aquatoria of Crimea (the Black sea). **Optimization and Protection of Ecosystems**, 2014, v.10, p. 146–158.
144. Maňková B., Frontasyeva M. V., Ostrovnyaya T.M., Temporal and spatial trends (1990–2010) of trace element atmospheric deposition in Slovakia – assessment based on moss analysis. Chapter of a book “**Air Pollution**”, INTECH, Open Access Publisher, 2014,
145. Maňková B., Oszlányi J., Izakovičová Z., Andráš P., Dubiel J., Florek M., Holý K., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Ostrovnyaya T.M., Temporal and spatial trends (1990–2010) of trace element atmospheric deposition in Slovakia: assessment based on moss analysis. **ISINN-21 Proceedings**, 2014.
146. Mitrofanov K. V., Egorov A. S., Piksaikin V. M., Goverdovskii A. A., Zolotarev K. I., Samylin B. F., Gremyachkin D. E., Sedyshev P. V., Zontikov A. O., Zeinalov Sh. S., Shvetsov V. N., Neutron-Physical Characteristics of a Neutron Source for the Production of Radioactive Isotopes Based on the Interaction of Electrons with Liquid Gallium. **Atomic Energy**, 2014, v. 116, p. 252-257.
147. Nekhoroshkov P.S., Kravtsova A.V., Frontasyeva M.V., Tokarev Yu. N., Neutron activation analysis and scanning electron microscopy of phytoplankton in the coastal zone of Crimea (The Black Sea). **American Journal of Analytical Chemistry**, 2014, v. 5, p. 323-334.
148. Nekhoroshkov P.S., Kravtsova A.V., Frontasyeva M.V., Tokarev Yu. N., Neutron activation analysis and scanning electron microscopy of phytoplankton in the coastal zone of Crimea (The Black Sea). **JINR Preprint**, E18-2014-11. Dubna, 2014, p.13.
149. Pavlov S.S., Dmitriev A.Yu., Chepurchenko I.A., Frontasyeva M.V., Automation system for measurement of gamma-ray spectra of induced activity for neutron activation analysis at the reactor IBR-2 of Frank Laboratory of Neutron Physics at the Joint Institute for Nuclear Research. **Physics of Elementary Particles and Nuclei**, 2014, v. 11, № 6, p. 737–742.
150. Perny M, Huran J, Saly V, Vary M, Packa J, Kobzev AP. Electrical and structural characterization of carbon based films prepared by RF-PECVD and ECR-PECVD techniques for photovoltaic applications. **Journal of Optoelectronics and Advanced Materials**, 2014, v.16, № 3-4, p. 306-310.
151. Qarri F., Lazo P., Bekteshi L., Stafilov T., Frontasyeva M., Harmens H., The effect of sampling scheme in the survey of atmospheric deposition of heavy metals in Albania by using moss biomonitoring. **Environmental Science and Pollution Research**, 2014, DOI: 10.1007/s11356-014-3417-3.

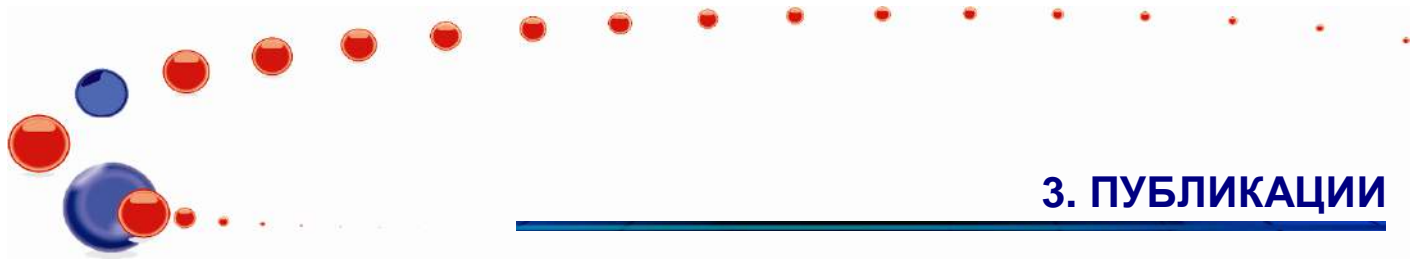
### 3. ПУБЛИКАЦИИ

152. Qarri F., Lazo P., Stafilov T., Frontasyeva M., Harmens H., Bekteshi L., Baceva K., Goryainova Z., Multi-elements atmospheric deposition study in Albania. **Environmental Science and Pollution Research**, 2014, № 21, p. 2506–2518.
153. Sumets M, Ilev V, Kostyuchenko A, Vakhtel V, Kannykin S, Kobzev A. Electrical properties of Si-LiNbO<sub>3</sub> heterostructures grown by radio-frequency magnetron sputtering in an Ar + O-2 environment. **Thin Solid Films**, 2014, v. 552, p. 32-38.
154. Vergel K.N., Goryainova Z.I., Vikhrova I.V., Frontasyeva M.V., Moss biomonitring and employment of the GIS technology within the framework of the assessment of air pollution by industrial enterprises in the Tikhvin District of the Leningrad Region. **Ecology of Urban Areas**, 2014, № 2, p. 92-101.
155. Yastrubchak O., Sadowski J., Gluba L, Domagala J.Z., Rawski M., Zuk J., Kulik M., Andrearczyk T., Wosinski T. Ferromagnetism and the electronic band structure in (Ga,Mn)(Bi,As) epitaxial layers. **Applied Physics Letters** 2014, v. 105.
156. Zinicovscaia I., Mitina T., Lupascu T., Duca Gh., Frontasyeva M. V., Culicov O. A., Study of chromium adsorption onto activated carbon. **Water, Air, & Soil Pollution**, 2014, v. 225, №. 3, p. 1889- 1894.
157. Zinicovscaia I., Cepoi L., Valuta A., Rudi L., Culicov O. A., Frontasyeva M. V., Kirkesali E. I., Pavlov S. S., Mitina T., *Nostoc linckia* as biosorbent of chromium and nickel from electroplating industry wastewaters. **Journal of Material Science and Engineering B**, 2014, v.4, № 8, p. 242-247.
158. Антонова Л. Х., Демихов Т. Е., Троицкий А. В., Юрасов А. Д., Самойленков С. В., Дидык А. Ю., Кобзев А. П., Кулик М., Куликаускас В. С., Михайлова Г. Н., Влияние протонного облучения на критические параметры композитных высокотемпературных сверхпроводящих лент. **Перспективные материалы**, 2014, № 5, с. 34 – 38.

### КОНФЕРЕНЦИИ

#### ОТДЕЛ НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

1. Avdeev M.V., Nanodiamonds in solutions: structural aspects by small-angle neutron scattering. 1st Autumn School on Physics of Advanced Materials PAMS-1, September 22-28, 2014, Iasi, Romania, invited lecture.
2. Avdeev M.V., Neutron Reflectometry: Experimental Aspects. 8th Central European Training School on Neutron Scattering, May 19 – 24, 2014, Budapest, Hungary, invited lecture.
3. Avdeev M.V., Structure Characterization of Complex Liquid Dispersions by Scattering Methods. 10th International Conference on Physics of Advanced Materials ICPAM-10, September 22-28, 2014, Iasi, Romania, plenary talk.
4. Balasoiu M., Ivankov A., Soloviov D., Lysenko S., Yakushev R., Balasoiu-Gaina A-M., Burlui V., Lupu N., Small-angle neutron scattering investigation of a concentrated CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ferrofluid sample. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, Dubna, poster report.
5. Balasoiu M., Bica I., Stepanov G.V., Ivankov A.I., Rogachev A.V., Soloviov D.V., Small-angle scattering techniques applied for MEs and MREs investigations. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27 2014, Dubna, oral presentation.
6. Balasoiu M., Ishchenko L.A., Stolyar S.V., Iskhakov R.S., Kuklin A.I., Soloviov D.V., Dragolici A.-C., Raikher Yu.L., Biogenic nanoparticles produced by *Klebsiella Oxytoca* for medical applications: structure and medical investigations. *International Workshop "Structure and Functions of Biomembranes"*, September 28 – October 03, 2014, MIPT Dolgoprudny, Russia, poster report.
7. Balasoiu M., Loginova L.A., Almasy L., I.Bica, Raikher Yu.L., On the magnetic structure of polydimethylsiloxane based elastomers polymerized with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ferrofluid. *Moscow International symposium on Magnetism*, June 29 -July 3, 2014, Moscow, oral presentation.
8. Balasoiu M., Lebedev V.T., Orlova D.N. , Rogachev A.V., Bica I., Bunoiu M., Raikher Yu.L., Structural investigation of magnetic polydimethylsiloxane elastomers polymerized in different oriented magnetic fields. *International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-mechanical properties and structure"*, September 29 - October 03, 2014, Dubna, oral presentation.
9. Balasoiu M., Ivankov O., Soloviov D., Lysenko S., Yakushev R., Balasoiu-Gaina A-M., Lupu N., SANS investigations of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/lauric acid/DDC-Na/H<sub>2</sub>O ferrofluid. Concentration effects. *International Summer School and Workshop Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-mechanical properties and structure*, September 29 - October 03, 2014, Dubna, oral presentation.
10. Balasoiu M., Ivankov O., Soloviov D., Lysenko S., Yakushev R., Balasoiu-Gaina A-M., Burlui V., Lupu N., SANS study of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/lauric acid/DDC-Na/H<sub>2</sub>O ferrofluid structure. *Moscow International symposium on Magnetism*, 29 June -3 July 2014, Moscow, Russia, poster report.
11. Belozerova N., Savenko B.N., Lukin E.V., Kichanov S.E., Jirak Z., The crystal and magnetic structure of nanostructured manganites La<sub>0.67</sub>Sr<sub>0.33</sub>MnO<sub>3</sub> at high pressure and temperature. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24 -27, 2014, Dubna, Russia, poster report.
12. Beskrovnyy A.I., Fedotov V.K., Kulakov V.I., Kuzovnikov M.A., Morozov Yu.G., Sheverev S.G., Tarasov B.P., Yartys V.A., Neutron diffraction study of MgNi<sub>2</sub>D<sub>3</sub>. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
13. Bobrikov I.A., Balagurov A.M., N. Mironova-Ulmane, Structural and Magnetic size effects in NiO nanoparticles, *4th International Conferences on Superconductivity and Magnetism*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
14. Bobrikov I.A., A.M. Balagurov, Chih-Wei Hu, Chih-Hao Lee, Sangaa Deleg, Analysis of charging/discharging processes in Li-ion batteries by neutron diffraction at pulsed neutron source. *NANO-2014*, July 13-18, 2014, Moscow, Russia, oral presentation.
15. Bobrikov I.A., Balagurov A.M., Chih-Wei Hu, Chih-Hao Lee, Sangaa Deleg, Analysis of processes in Li-ion batteries by time-of-flight neutron diffraction. *IUCr-2014*, August 5-12, 2014, Monreal, Canada, poster report.

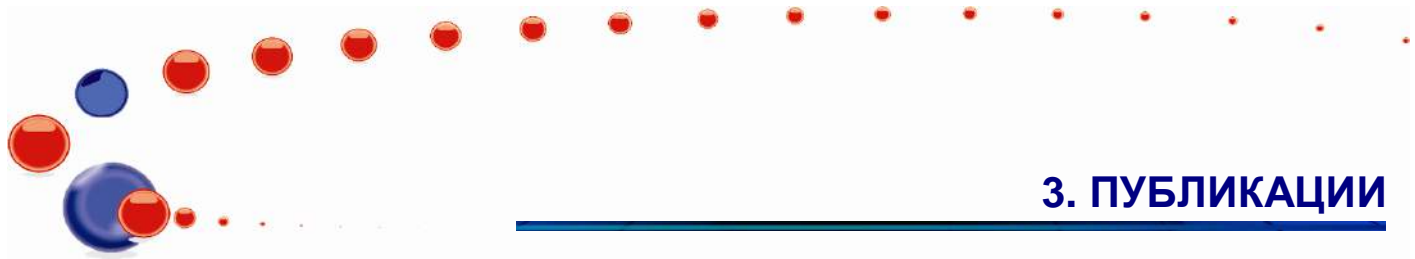


### 3. ПУБЛИКАЦИИ

16. Bobrikov I.A., Analysis of charging/discharging processes in Li-ion batteries by neutron diffraction. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
17. Chudoba D., Hetmańczyk Ł., Natkaniec I., Sashin I.L., Parameters of the NERA spectrometer at the IBR-2 pulse reactor. *Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах РНСИ-КС-2014*, 27-30 октября, 2014, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, стендовый доклад.
18. Chudoba D., D. Kozlenko, V. Shvetsov, FLNP JINR User programme at IBR-2 reactor after modernization. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
19. Chudoba D., V. Shvetsov, FLNP JINR User programme at IBR-2 reactor. *International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure"*, September 29 – October 03, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
20. Dang N.T., Kozlenko D. P., Kichanov S. E., Lukin E. V., Dubrovinsky L.S., Liermann H.-P., Morgenroth W., Kamynin A. A., Gridnev S. A., Savenko B. N. Pressure-induced polar phases in relaxor multiferroic  $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ . *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, 24 June 24-27, 2014, Dubna, Russia, poster report.
21. Druzbicki K., E. Mikuli, J. Wąsicki, A. Pajzderska, K. Łuczyńska, N. Pałka, S. Zalewski, D. Chudoba, J. Ortyl, N. Górka, Vibrational Spectroscopy of Selected Molecular Crystals Explored by First-Principles Computation. 17th International Seminar "Neutron Scattering Investigation in Condensed Matter", May 21-23, 2014, Adam Mickiewicz University, Poznan, Poland, oral presentation.
22. Druzbicki K., J. Ortyl, Time-Dependent Density Functional Theory Study on the Electronic Structure and Spectral Properties of Some Novel Phthalimide Derivatives. *International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure"*, September 29 –October 03, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
23. Druzbicki K., K. Łuczyńska, N. Pałka, Terahertz Vibrational Spectroscopy of Molecular Crystals. *International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure"*, September 29 –October 03, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
24. Druzbicki K., K. Łuczyńska, N. Pałka. Terahertz Vibrational Spectroscopy of Molecular Crystals. *International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure"*, September 29 – October 03, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
25. Druzbicki K., N. Pałka, Time-Domain Terahertz Spectroscopy: A New Tool for Studying the Low-Energy Transfers in Molecular Crystals. *International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure"*, September 29 – October 03, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
26. Eremin R.A., Kholmurodov Kh.T., Petrenko V.I., Rosta L., Avdeev M.V., Solute-solvent interface peculiarities for mono-carboxylic acids organic solutions: Possible effect on small-angle neutron scattering data. 7th Russian-Japanese International Workshop Molecular Simulation Studies in Material and Biological Sciences (MSSMBS-2014). September 21-22, 2014, Moscow, Russia, invited talk.
27. Fedotov V., Bashkin I., Sholin I., Beskrovnyy A., Sheverev S. Neutron diffraction evidence of the stability of the  $\gamma$ -phase in the Ti-D and Zr-D systems. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
28. Filarowski A., D. Chudoba, Ł. Hetmańczyk, A. Kwocz, P. Szklarz, Spectroscopic and crystallographic investigations of nitro derivatives of ortho-hydroxy acetophenones. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
29. Gorkovenko E. A., Kichanov S. E., Kozlenko D. P., Wąsicki J., Nawrociak W., Lukin E. V., Lathe C., Savenko B. N. Study of polymorphic transformations in the complex molecular crystal of fluconazole at high pressure. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
30. Gorshkova Yu. DMPC MLVs and ULVs Structures in presence of  $\text{Ca}^{2+}$  Ions. 17th International Seminar on "Neutron Scattering Investigation in Condensed Matter", May 21-23, 2014, Adam Mickiewicz University, Poznan, Poland, oral presentation.
31. Hetmancyk J., L. Hetmancyk, A. Migdał-Mikuli, Comparison of dynamical properties of  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_4](\text{ClO}_4)_2$  and  $[\text{Ca}(\text{NH}_3)_6](\text{ClO}_4)_2$  compounds studied by vibrational spectroscopies (IR and IINS). *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"*, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
32. Hetmańczyk J., Ł. Hetmańczyk, A. Migdał-Mikuli, Low temperature phase transition in  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$  studied by infrared and raman spectroscopy and neutron scattering. The 32nd European Congress on Molecular Spectroscopy, August 24-29, 2014, the Heinrich-Heine-University, Düsseldorf, Germany, poster report.
33. Hetmańczyk Ł., J. Hetmańczyk, A. Migdał-Mikuli, E. Mikuli, I. Natkaniec, Structural phase transition in  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6](\text{ClO}_4)_2$  studied with neutron scattering methods and infrared spectroscopy. *International Conference QENS/WINS 2014*, May 11-16 2014, Atrians, France, poster report.
34. Hetmancyk L., J. Hetmancyk, E. Mikuli, Low temperature phase transition in  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4](\text{ReO}_4)_2$  studied by infrared spectroscopy and neutron scattering. *International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2"* June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
35. Jabarov S.H., Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Mehdiyeva R.Z., Mammadov A., Lathe C., Savenko B.N., Crystal structure of multiferroics  $\text{Ba}_4\text{Sm}_2\text{Fe}_2\text{Nb}_8\text{O}_{30}$  and  $\text{Ba}_4\text{Gd}_2\text{Fe}_2\text{Nb}_8\text{O}_{30}$  at high pressures. 19th International Conference on Ternary and Multinary Compounds, September 1-5, 2014, Niigata, Japan, poster report.
36. Jabarov S.H., Mammadov A., Savenko B.N., Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Mehdiyeva R., High Pressure Effect on Crystal Structure of Antiferroelectric  $\text{NaNbO}_3$ . *International Conference "Condensed Matter Research at*

### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
37. Jargalan N., Kyzyna O.A., Tropin T.V., Tomchuk A.A., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Aksenov V.L., Formation and growth of clusters in non-polar and polar fullerene solutions: experimental and theoretical aspects. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2". June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
  38. Jargalan N., Tropin T.V., Avdeev M.V., Sangaa D., Aksenov V.L., Investigation of the kinetics of fullerene C60 dissolution in benzene, toluene and NMP. The 39th meeting of the JINR Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics. 2014, Dubna, Russia, poster report.
  39. Kichanov S. E., Kozlenko D.P., Lukin E.V., Savenko B.N., Neutron diffraction at high pressure at IBR-2 reactor: current state and prospects. The European Powder Diffraction Conference, June 15-18, 2014, Aarhus, Denmark, invited keynote talk.
  40. Kichanov S., Kozlenko D., Rutkauskas A., Savenko B., Bokuchava G., Lukin E., First attempts for time-of-flight neutron radiography experiments on IBR-2 reactor. 10th World Conference on Neutron Radiography (WCNR-10), October 5-10, 2014 Grindelwald, Switzerland, poster report.
  41. Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Wąsicki J., Nawrociak W., Czarniecki P., Lukin E.V. and Savenko B.N. The molecular crystals at high pressure: from organic ferroelectrics to complex pharmaceutical components. 17th International Seminar Neutron Scattering Investigation in Condensed Matter, May 21-23, 2014, Poznan, Poland, oral presentation.
  42. Kichanov S.E., Shevchenko G.P., Tretyak E.V., Kozlenko D.P., Malashkevich G.E., Belushkin A.V. and Savenko B.N. The structural aspect of luminescent properties forming in composite phosphors Y3Al5O12:Ce3+/Lu2O3 and Lu3Al5O12:Ce3+/Lu2O3: neutron diffraction results. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  43. Kosova N.V., Devyatkina E.T., Podgornova O.A., Bobrikov I.A., Karpov I.D., Balagurov A.M. Substitution and Size Effects on the Structure and Electrochemistry of 5 V Spinel Cathode Materials LiNi0.5-xMn1.5-yMx+yO4. NANO-2014, July 13-18, 2014, poster report.
  44. Kosova N.V., Podugolnikov V. R., Bobrikov I. A., Balagurov A. M., Crystal Structure and Electrochemistry of Na2-xLixFePO4F (0 ≤ x ≤ 1) New Cathode Materials for Li- and Na-Ion Batteries. 17th International Meeting on Lithium Batteries, June 10-14, 2014, Como, Italy, oral presentation.
  45. Kozlenko D., Kichanov S., Bokuchava G., Lukin E., Rutkauskas A., Savenko B., Neutron Imaging Instrument at IBR-2 high flux pulsed reactor. 10th World Conference on Neutron Radiography (WCNR-10), October 5-10, 2014 Grindelwald, Switzerland, oral report.
  46. Kozlenko D.P. Structure and Properties of Functional Materials and Nanosystems: Neutron Scattering Insight. The 7th International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics, September, 16-19 2014, Chisinau, Republic of Moldova, invited talk.
  47. Kozlenko D.P., Neutron Diffraction: Current Achievements at a Long Pulse Neutron Source. The European Powder Diffraction Conference (EPDIC-14), June 15-18, 2014, Aarhus, Denmark, invited plenary lecture.
  48. Kozlenko D.P., Recent progress in development of the spectrometer complex of IBR-2 high flux pulsed reactor, 17th International Seminar on „Neutron Scattering Investigation in Condensed Matter”, Adam Mickiewicz University, Poznan, May 21-23, 2014, Poland, invited talk.
  49. Kubik P., Filarowski A., Kozłeckie T., Synthesis of new BODIPY compounds". Central European School on Physical Organic Chemistry, Modeling, molecules, processes and properties, May 26-30, 2014, Przesieka, Poland, poster report.
  50. Kwocz, A., Martyniak A., Kochel A., Filarowski A., Triple hydrogen bonding in a circular arrangement: synthesis and spectroscopy studies of tris-hydroxyaryl enamines. Central European School on Physical Organic Chemistry, Modeling, molecules, processes and properties, May 26-30 2014, Przesieka, Poland, poster report.
  51. Leiss, B., R. Kühn, K. Ullemeyer. Quantitative texture analysis, a tool for the understanding of kinematics and deformation histories of geological fold structures. 17th International Conference on Textures of Materials, August 24-29, 2014, Dresden, Germany, oral presentation.
  52. Lopatkova M., Filarowski A., Experimental and theoretical (DFT and TD-DFT) investigation of the ground and excited state of BODIPY dyes. Central European School on Physical Organic Chemistry, Modeling, molecules, processes and properties, May 26-30 2014, Przesieka, Poland, oral presentation.
  53. Lopatkova M., Barbosa N., Wieczorek R., Kochel A., Ziolkowski P., Osiecka B., Filarowski A., Synthesis, physico-chemical and biological study of 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indacene (BODIPY) derivatives. Central European School on Physical Organic Chemistry, Modeling, molecules, processes and properties, May 26-30 2014, Przesieka, Poland, poster report.
  54. Łuczyńska K., K. Druźbicki, Complementary Vibrational Analysis of Bromanilic Acid: 2,3,5,6-Tetramethylpyrazine Co-Crystal. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  55. Łuczyńska K., K. Druźbicki, Vibrational Spectroscopy Study of Low-Weight Molecular Crystals: The Case of Chloranilic Acid Complexes with □- and □-Picolines. International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure", September 29- October 03 2014, Dubna, Russia, poster report.
  56. Łuczyńska K., K. Druźbicki, K. Łyczko, Structural and Vibrational Spectroscopy Study of Bromanilic Acid: 2,3,5,6-Tetramethylpyrazine Complex. Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, стендовый доклад.
  57. Lukin E., Kozlenko D., Kichanov S., Rutkauskas A., Bokuchava G., Savenko B., Neutron Imaging Station at IBR-2. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  58. Lychagina T., D. Nikolayev, A. Sanin, J. Tatarko. Wheel steel crystallographic texture investigation by neutron diffraction. International Conference of Condensed Matter Research at the IBR-2, June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
  59. Nagorny A.V., Petrenko V.I., On the stability of magnetic fluids under excess of surfactants. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2",

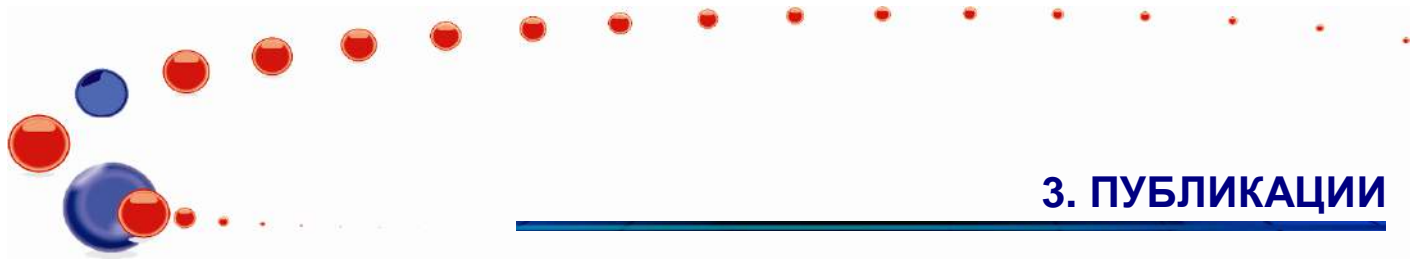


### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
60. Nagornyi A.V., Bulavin L.A., Petrenko V.I., Avdeev M.V., Almasy L., Rosta L., Aksenov V.L., Structure investigations of magnetic fluids with surfactant excess by small-angle neutron scattering. 6th International Conference Physics of Liquid Matter: Modern Problems, May 23-27, 2014, Kyiv, Ukraine, oral presentation.
  61. Natkaniec I., Družbicki K., Sheka E.F., Holderna-Natkaniec K., Buslayeva E.Yu., Gubin S.P., Tkachev S.V., Neutron scattering and computational studies of water retained in graphene oxide. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
  62. Natkaniec I., Družbicki K., Sheka E.F., Holderna-Natkaniec K., Buslayeva E.Yu., Gubin S.P., Tkachev S.V., Neutron scattering and computational studies of water retained in graphene oxide. 17th International Seminar "Neutron Scattering Investigation in Condensed Matter", May 21-23, 2014, Adam Mickiewicz University, Poznan, Poland, oral presentation.
  63. Neov D., Valkov S., Beskrovnyi A., Recent Development of the Neutron Guide System RTD Diffractometer – Improvement of Neutron Beam Characteristics and Conformity with the Modeled Results. Сoвeщaниe пo иcпoльзoвaнию рacceяния нейтронoв и синхрoтроннoгo излучения в кoндeнсирoвaнных средах РНСИ-КC-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, стендoвый доклад.
  64. Neov D., Valkov S., Beskrovnyi A., Simulations of Neutron Beam at 6a Horizontal Channel of IBR-2 Research Reactor by Monte-Carlo method. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  65. Ordon M., Neutron and thermal analysis of new derivatives, modified terpenoids. Сoвeщaниe пo иcпoльзoвaнию рacceяния нейтронoв и синхрoтроннoгo излучения в кoндeнсирoвaнных средах РНСИ-КC-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, стендoвый доклад.
  66. Ordon M., Novel Thioester Cholesterol Derivatives with Liquid Crystalline Properties. International Summer School and Workshop "Complex and Magnetic Soft Matter Systems: Physico-Chemical Properties and Structure", September 29- October 03 2014, Dubna, Russia, poster report.
  67. Ordon M., Thermal analysis of new thioester derivatives of terpenoids. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  68. Ordon M., Liquid crystal properties of a new thioester derivatives of cholesterol. XVIII международная научная конференция Объединения молодых ученых и специалистов ОИЯИ, 24-28 февраля 2014 Дубна, устный доклад.
  69. Pajzderska A., Družbicki K., Gonzalez M. A., Kiwiłsza A., Mielcarek J., Wąsicki J., Dynamics of pharmacologically active compounds - A QENS and NMR study combined with molecular dynamics and density functional theory simulations. International Conference QENS/WINS 2014, May 11-16, 2014, Autrans, France, poster report.
  70. Papushkin I., Bokuchava G., Sumin V., Residual stress investigation in the crack region of the gas pipeline tube. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  71. Petrenko V.I. Structural aspects of magnetic fluids stabilization: neutron scattering investigations. ISAC meeting at Budapest Neutron Center, November 21-22, 2014, Budapest, Hungary, invited talk.
  72. Petrenko V.I., Structural aspects of magnetic fluids stabilization: neutron scattering investigations. International Conference on Physics and Advanced Materials ICPAM-10, September 22-28, 2014, Iasi, Romania, invited talk.
  73. Petrenko V.I., Avdeev M.V., Bulavin L.A., Garamus V.M., Almasy L., Formation of LC-phase in concentrated solutions of mono-carboxylic acids by SANS and SAXS, Physics of liquid matter: modern problems. May 23-27, 2014, Kyiv, Ukraine, oral presentation.
  74. Petrenko V.I., Avdeev M.V., Garamus V.M., Bulavin L.A., Ivankov O.I., Kopcansky P., Small-angle neutron scattering study of complex surfactant-PEG aqueous micellar solutions. 20th International symposium on surfactants in solution "SIS2014". June 22- 27, 2014, Coimbra, Portugal, oral presentation.
  75. Petrenko V.I., Garamus V.M., Ivankov O.I., Avdeev M.V., Bulavin L.A., Micelle formation in surfactant solutions in the presence of polymer by small-angle neutron scattering. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2" June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  76. Petrenko V.I., Tomchuk O.V., Nagornyi A.V., Gapon I.V., Bodnarchuk V.I., Avdeev M.V., Multifunctional neutron reflectometer GRAINS with horizontal sample plane for studying liquid interfaces at IBR-2 reactor. 20th International symposium on surfactants in solution "SIS2014". June 22- 27, 2014, Coimbra, Portugal, poster report.
  77. Rajewska A., Medrzycka K., Hallmann E. Small Angle Neutron Scattering Study of Micellar Structure of the Type C1E7 (i=10,12,14) of Surfactants in Dilute Solutions. The 28th Conference of the European Colloid and Interface Society, September 7-12, 2014, Limassol, Cyprus, poster report.
  78. Rajewska A., Medrzycka K., Hallmann E., Soloviov D. B. Структура смешанных мицеллярных растворов на основе монотетрадецилового эфира гептаэтиленгликоля и додецилсульфата цезия методом малоуглового рассеяния нейтронов. Сoвeщaниe пo иcпoльзoвaнию рacceяния нейтронoв и синхрoтроннoгo излучения в кoндeнсирoвaнных средах РНСИ-КC-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, стендoвый доклад.
  79. Rajewska A., Mędrzycka K., Soloviov D. Aggregation in mixed nonionic surfactant C14E7 and anionic CsDS surfactants micellar solutions. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  80. Rutkauskas A.V., Kichanov S.E., Kozlenko D.P., Burzo E., Lukin E.V., Dang N.T., Savenko B.N. The magnetic structure of HoCo2 and ErCo2 compounds studies at high pressures. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
  81. Sashin I., D. Chudoba, L. Hetmanczyk, I. Natkaniec, S. Zalewski, Spectrometer NERA: results of modernization and proposals for further development. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.

### 3. ПУБЛИКАЦИИ

82. Sheverev S., Diffractometer RTD: current status and perspective directions of researches. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, oral presentation.
83. Sholin I., Fedotov V., Beskrovnyy A., Bashkin I. Neutron diffraction evidence of the stability of the  $\gamma$ -phase in the Ti-D and Zr-D systems. International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
84. Starosta W., Łuczyńska K., Buczkowski M., Titanium Based Inorganic Nanosorbents for the Removal of Radioactive Cesium and Strontium Radioisotopes. NUTECH, September 21-24, 2014, Warszawa, Poland, poster report.
85. Stipp, M., Schumann K., Leiss B., Ullemeyer K., Understanding the great strength variability among soft Nankai accretionary prism sediments from offshore SW-Japan using synchrotron texture analysis. 17th International Conference on Textures of Materials (ICOTOM), August 24-29, 2014, Dresden, Germany, poster report.
86. Szostak E., J. Hetmańczyk, A. Migdał-Mikuli, Dynamical properties and phase transition in  $[\text{Mn}(\text{DMSO})_6](\text{ClO}_4)_2$  studied by vibrational spectroscopies (IR and IINS). Сoвeщaниe пo иcпoльзoвaнию рacceяния нейтронoв и синхрoтроннoгo иcлyчeния в кoндeнсирoвaннoй cрeдe РНCИ-КC-2014, 27-31 oктябpя 2014, Сaнкт-Пeтeрбyрг, Poccия, cтeндoвoй дoклaд.
87. Tomchuk O.V., Study of detonation nanodiamond dispersions by small-angle neutron scattering. International conference "Condensed matter researches at IBR-2", June 24-27, 2014, JINR, Dubna, Russia, poster report.
88. Tomchuk A.A., Kyzyma O.A., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Tomchuk O.V., Aksenov V.L., Garamus V.M., Cluster reorganization in C60/NMP/H2O solutions: comparative characteristics of dynamic light scattering and small-angle neutron scattering data. Physics of liquid matter: modern problems. May 23-27, 2014, Kyiv, Ukraine, oral presentation.
89. Tomchuk O.V., Structural studies of detonation nanodiamonds by small-angle neutron scattering, PAC for Condensed matter physics of JINR, June 23-24, 2014, Dubna, Russia, oral presentation.
90. Tomchuk O.V., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Aksenov V.L., Garamus V.M., Vul' A.Y., Korobov M.V., Osawa E., Diamond-graphite interface of detonation nanodiamond particles in polar suspensions. Physics of liquid matter: modern problems. May 23-27, 2014, Kyiv, Ukraine. oral presentation.
91. Tomchuk O.V., Bulavin L.A., Avdeev M.V., Aksenov V.L., Osawa E., Continuous diamond-graphite interface in detonation nanodiamond particles as revealed by small-angle neutron scattering analysis. International conference on diamond and carbon materials. September 7-11, 2014, Madrid, Spain, oral presentation.
92. Tropin T.V., G. Schulz, J.W.P. Schmelzer, C. Schick, DSC measurements and modeling of polystyrene glass transition Cp curves in a wide range of cooling rates. 18th Research Workshop "Nucleation Theory and Applications", JINR, Rostock University, Dubna, Russia, April 12-19, 2014, Dubna, Russia, oral report.
93. Tropin T.V., G. Schulz, J.W.P. Schmelzer, C. Schick, Theoretical methods for modeling of the polystyrene glass transition in a wide range of cooling rates. 13th Lähnwitzseminar on Calorimetry, June 15-20, 2014, Rostock, Germany, poster report.
94. Tropin T.V., M.V. Avdeev, O.A. Kyzyma, N. Jargalan, M.V. Korobov, V.L. Aksenov, Formation and growth of clusters in fullerene solutions: experimental and theoretical aspects. International Conference on Physics and Advanced Materials ICPAM-10, September 22-28, 2014, Iasi, Romania, invited report.
95. Tropin T.V., M.V. Avdeev, O.A. Kyzyma, N. Jargalan, M.V. Korobov, V.L. Aksenov, SANS investigation and modeling of cluster growth in polar fullerene C60 solutions. 17th International Seminar "Neutron Scattering Investigation in Condensed Matter", May 21-23, 2014, Poznan, Poland, oral report.
96. Ullemeyer K., Lokajicek T., Keppler R., Vasin R., Behrmann J.H. Bulk rock elastic moduli at high pressures, derived from the mineral textures and from extrapolated laboratory data. 17th International Conference on Textures of Materials, August 24-29, 2014, Dresden, Germany, oral presentation.
97. Ullemeyer, K., T. Lokajicek, R. Keppler, R. Vasin, J. H. Behrmann. Bulk rock elastic moduli at high pressures, derived from the mineral textures and from extrapolated laboratory data. 17th International Conference on Textures of Materials, August 24-29, 2014, Dresden, Germany, poster report.
98. Vasin R.N. Neutron diffraction texture analysis: application to minerals and rocks. International Conference International Conference "Condensed Matter Research at the IBR-2", June 23-24, 2014, Dubna, Russia, oral presentation.
99. Vasin, R.N., T. Lokajicek, K. Ullemeyer. The influence of pore systems on the elastic properties of muscovite-bearing quartzite: insights from ultrasonic measurements and microstructure-based modeling. 17th International Conference on Textures of Materials, August 24-29, 2014, Dresden, Germany, oral presentation.
100. Vovk M.A., A. Kwocz, T. Kozlecki, P. Tretyakov, P.M. Tolstoy, A. Filarowski NMR study of hindered internal rotation in  $\beta$ -hydroxynaphthylamides. Central European School on Physical Organic Chemistry, Modeling, molecules, processes and properties, May 26-30, 2014, Przesieka, Poland, poster report.
101. Walter, J.M., C. Randau, M. Stipp, B. Leiss, K. Ullemeyer, H. Klein, B. T. Hansen, W. F. Kuhs. Textures along the Deformation or Recrystallisation Path – New Experimental Perspectives with the POWTEX Neutron Diffractometer at FRM II Garching, Germany. 17th International Conference on Textures of Materials, August 24-29, 2014, Dresden, Germany, oral presentation.
102. Авдеев М.В., Малоугловое рассеяние нейтронов в структурных исследованиях биорелевантных дисперсных систем. Сoвeщaниe OИКС ПИЯФ пo мaлoуглoвoмy рacceянию и рeфлeктoмeтpии МУРoмeц-2014, 18-19 ceнтябpя 2014, Гaтчинa, Poccия, ycтнoй дoклaд.
103. Авдеев М.В., Структура магнетоферритина: синхротронные и нейтронные исследования. Сoвeщaниe пo иcпoльзoвaнию рacceяния нейтронoв и синхрoтроннoгo иcлyчeния в кoндeнсирoвaннoй cрeдe РНCИ-КC-2014, 27-31 oктябpя 2014, Пeтepгoф, Poccия, пpиглaшeнный дoклaд.
104. Балагуров А.М., Применение рассеяния нейтронов для анализа процессов в Li-источниках электрического тока. XIII Международная



### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- конференция “Фундаментальные проблемы преобразования энергии в литиевых электрохимических системах”, 16-19 сентября 2014, Алматы, Казахстан, устный доклад.
105. Балагуров А.М., Рассеяние нейтронов для анализа процессов в Li-ионных аккумуляторах. XXII Международное совещание “Использование рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах”, 27-31 октября 2014, Петергоф, Россия, приглашенный доклад
  106. Балашов М.А., В.Т. Лебедев, И. Бика, С.С. Абрамчук, Ю.Л. Райхер, Исследование магнитных эластомеров синтезированных в продольном магнитном поле методом МУРН. VIII Научно-практическое совещания “Актуальные проблемы физики конденсированных сред”, 8-10 октября 2014 года, Пермь, Россия, устный доклад.
  107. Бескровный А.И. Нейтронная дифракция в реальном времени. Совещание. Дифракция нейтронов и синхротронного излучения. Перспективы развития в ПИЯФ, 20 - 21 февраля 2014, Гатчина, Россия, устный доклад.
  108. Благовещенский Н.М., Нейтронография жидкого галлия. XXII Международное совещание “Использование рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах”, 27-31 октября 2014, Петергоф, Россия, приглашенный доклад.
  109. Бобриков И.А., Analysis of charging/discharging processes in Li-ion batteries by neutron diffraction at pulsed neutron source. XXII Международное совещание “Использование рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах”, 27-31 октября 2014, Петергоф, Россия, устный доклад.
  110. Бобриков И.А., Взаимосвязь структурного и магнитного фазового перехода в феррите меди. Конференция ОМУС-2014, 24-28 февраля 2014, Дубна, Россия, устный доклад.
  111. Бобриков И.А., Косова Н.В., Карпов И.Д., Neutron diffraction study of substitution and size effects on the structure of 5 V spinel cathode materials  $\text{LiNi}_{0.5}\text{-xMn}_{1.5}\text{-yMx}\text{+yO}_4$ . XXII Международное совещание “Использование рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах”, 27-31 октября 2014, Петергоф, Россия, стендовый доклад.
  112. Бокучава Г.Д., Петров П.И., Папушкин И.В., Применение нейтронной стресс-дифрактометрии для исследования образцов-свидетелей, восстановленных различными методами сварки. XXII Международное совещание “Использование рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах”, 27-31 октября 2014, Петергоф, Россия, приглашенный доклад.
  113. Васин Р.Н. Нейтронографический текстурный анализ горных пород и конструкционных материалов в ЛНФ ОИЯИ. Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах, 27-31 октября 2014, Петергоф, Россия, устный доклад.
  114. Горковенко Е.А., Кичанов С.Е., Д.П.Козленко, Я.В.Вонсицки, Е.В. Лукин, К. Лате, Б.Н.Савенко, Исследование полиморфных фазовых переходов в сложном молекулярном кристалле флуконазола при высоком давлении, ОМУС-2014, 24-28 февраля 2014 года, Дубна, Россия, устный доклад.
  115. Еремин Р.А., Холмуродов Х.Т., Петренко В.И., Рошта Л., Авдеев М.В., Молекулярно-динамическое моделирование в анализе малоуглового рассеяния нейтронов органическими растворами, ОМУС-2014., 24-28 февраля 2014 г., Дубна, Россия, устный доклад.
  116. Карпов И.Д., Нейтронное дифракционное исследование влияния замещения катионов на микроструктуру литий-марганцевых шпинелей, ОМУС-2014, 24-28 февраля 2014, Дубна, Россия, устный доклад. Устный доклад.
  117. Кичанов С.Е., Козленко Д.П., Руткаускас А.В., ЛукЕ.В., Бокучава Г.Д., Савенко Б.Н. Экспериментальная станция для нейтронной радиографии и томографии на реакторе ИБР-2: текущий статус и перспективы. Научная конференция “Практическая микротомография”, 1 - 4 октября 2014 года, Санкт-Петербург, Россия, устный доклад.
  118. Кичанов С.Е., Джабаров С.Г., Козленко Д.П., Лукин Е.В., Савенко Б.Н. Оксидные сегнетоэлектрики при высоком давлении: структурный аспект. Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, устный доклад.
  119. Кожевников С.В., Neutron methods for direct determination of magnetic induction, III Школа полярных нейтронов, 18-19 декабря 2014, Гатчина, Россия, устный доклад.
  120. Кожевников С.В., В.К. Игнатович, Т. Келлер, Ф. Отт, Ф. Раду, Ю.Н. Хайдуков, Канализация нейтронов в слоистых волноводах, Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, устный доклад.
  121. Козленко Д.П., Комплекс спектрометров модернизированного реактора ИБР-2: текущее состояние и перспективы развития. XXII Международное совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Петергоф, приглашенный доклад.
  122. Лукин Е.В., Кичанов С.Е., Козленко Д.П., Руткаускас А.В., Бокучава Г.Д., Савенко Б.Н. Текущий статус дифрактометра для исследований при высоких давлениях ДН-6. Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, устный доклад.
  123. Нагорный А.В., Структура полярного феррофлюида с избытком молекул кислоты по данным малоуглового рассеяния нейтронов, ОМУС-2014, 24-28 февраля 2014, Дубна, Россия, стендовый доклад.
  124. Нагорный А.В., Петренко В.И., Иванов О.И., Томчук О.В., Авдеев М.В., Булавин Л.А., Vekas L., Изучение межчастичного взаимодействия в полярной феррожидкости с помощью метода малоуглового рассеяния нейтронов. 48-ая Школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния» (ФКС-2014). 10-15 марта 2014, Зеленогорск, Россия, стендовый доклад.
  125. Никитенко Ю.В., Метод стоячих волн в рефлектометрии слоистых наноструктур сверхпроводник/ферромагнетик. III Школа

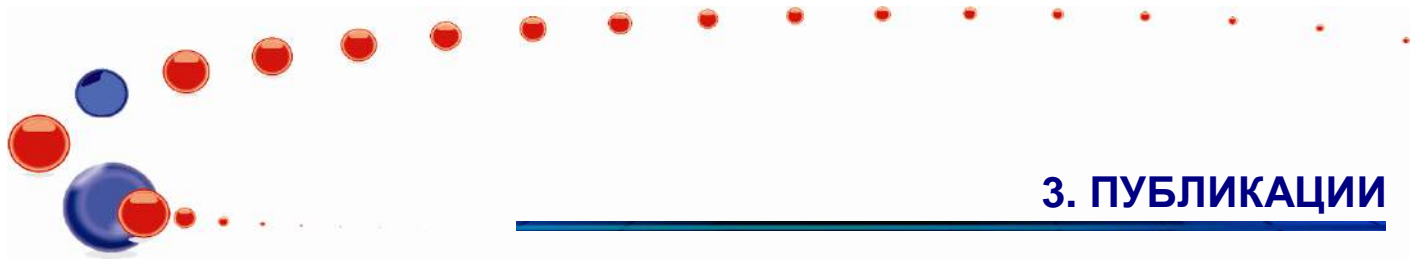


### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- поляризованных нейтронов, 18-19 декабря 2014, Гатчина, Россия, устный доклад.
126. Руткаускас А.В., Д.П. Козленко, С.Е. Кичанов, Б.Н. Савенко, Е.В. Лукин, N.T. Dang, И.О. Троянчук Исследование лантан бариевых оксидов кобальта под высокими давлениями. Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах (РНСИ-КС-2014), 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, устный доклад.
127. Руткаускас А.В., Д.П. Козленко, С.Е. Кичанов, Б.Н. Савенко, Е.В. Лукин, N.T. Dang, И.О. Троянчук Структурные и магнитные фазовые переходы в сложном оксиде кобальта  $\text{La}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{CoO}_{2.8}$  при высоких давлениях. ОМУС-2014, 24-28 февраля 2014, Дубна, Россия, устный доклад.
128. Сумников С.В., Исследование атомной и магнитной структуры твердых растворов  $\text{Ni}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ , ОМУС-2014, 24-28 февраля 2014, Дубна, Россия, устный доклад.
129. Томчук А.А., Кизима О.А., Авдеев М.В., Булавин Л.А., Петренко В.И., Алмаши Л., Коробов М.В., Кошлань И.В., Корреляция структуры и токсичности водных растворов фуллерена  $\text{C}_{60}$ . 48-я Школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния (ФКС-2014), 10-15 марта 2014, Гатчина, Россия, стендовый доклад.
130. Томчук А.В., Авдеев М.В., Булавин Л.А., Фрактальные модели кластеров в анализе малоуглового рассеяния наноалмазами. 48-я Школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния (ФКС-2014), 10-15 марта 2014, Гатчина, Россия, стендовый доклад.
131. Шверёв С., Real-time diffractometer на 6 канале реактора ИБР-2: текущее состояние. Совещание по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург, Россия, устный доклад.

### ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

132. Barandovski L., Frontasyeva M.V., Stafilov T., Šajn R., Bačeva K., Dmitriev A.Yu., Air pollution study in Macedonia by using moss biomonitring technique, NAA, ICP-AES, AND AAS. *The 27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
133. Chietera A., Stuttge L., Goennenwein F., Kopatch Y., Mutterer M., Guseva I., Gagarski A., Chernysheva E., Dorvaux O., Hamsch F.J., Hanappe F., Telezhnikov S., Mezentseva Zh., Neutron emission anisotropy in fission. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27-30, 2014, Dubna, Dubna, Russia, oral presentation.
134. Culicov O., Setnescu T., Setnescu R., Zinicovscaia I., Frontasyeva M., Neutron activation analysis of sewage sludge from Dambovita county, Romania. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27-30, 2014, Dubna, Dubna, Russia, oral presentation.
135. Culicov O.A., Tarcău D., Cucu-Man S.M., Zinicovscaia I., Vintu V., Samuil C., Frontasyeva M.V., Epithermal neutron activation analysis of forages from permanent grasslands of north-eastern Romania. *RadChem-2014*, May 11-16, 2014, Marianske Lazne, Czech Republic, oral presentation.
136. Culicov O.A., Zinicovscaia I., Setnescu T., Setnescu R., Frontasyeva M.V., Neutron activation analysis of elemental content of sunflower and olive oils. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27-30, 2014, Dubna, Dubna, Russia, oral presentation.
137. Dmitriev A.Yu., Pavlov S.S., Frontasyeva M.V., Software complex for automation of reactor neutron activation analysis. *The 3rd International Conference on Circuits, Systems, Communications, Computers and Applications (CSCCA '14)*, November 22-24, 2014, Florence, Italy.
138. Dmitriev A.Yu., Pavlov S.S., Chepurchenko I.A., Frontasyeva M.V., Automation system for measurement of gamma spectra in mass neutron activation analysis in the radioanalytical complex regata at the reactor ИБР-2 of FLNP JINR. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27-30, 2014, Dubna, Dubna, Russia, oral presentation.
139. Duliu O.G., Szabo G., Frontasyeva M.V., Culicov O.A., Oaie G., Gradinaru J., The Geochemistry of the Black Sea. Sediments Belonging to the First and to the Second Stratigraphic Units: (I) Major Elements Vertical Profile. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27-30, 2014, Dubna, Dubna, Russia, oral presentation.
140. Dunaev A.M., Frontasyeva M.V., Grinevich V.I., Biomonitoring of trace elements in Ivanovo Region, Central Russia. *The 27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
141. Frank A., Interaction of neutrons with birefringent medium moving with acceleration. *Polarized Neutrons for Condensed Matter Investigations (PNCMI 2014)*, September 15-19, 2014, Sydney, Australia, oral presentation.
142. Frontasyeva M. V., Long-range transboundary air pollution studied by nuclear and related analytical techniques. *Global Environmental Change and Population Health: Progress and Challenges*. November 19-21, 2014, Budapest, Hungary.
143. Frontasyeva M., Moss biomonitring of trace elements and radionuclides in rural and urban areas experiencing environmental stress. *The 27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
144. Frontasyeva M.V., Long-range transboundary air pollution studied by nuclear and related analytical techniques in Europe. *The VIth Euroasian Conference on Nuclear Science and its Application*, October 21-24, 2014, Baku, Azerbaijan.
145. Frontasyeva M.V., Nuclear and related analytical techniques in microbial biotechnology. *The 5th World Congress Biotechnology-2014*, July 25-27, 2014, Valencia, Spain, invited talk.
146. Frontasyeva M.V., The moss biomonitring, nuclear and related analytical techniques, and GIS technology used to study atmospheric deposition of trace elements and radionuclides in the areas under strong anthropogenic impact. *The 2nd International Conference "Lichenology in Russia: problems and perspectives"*. November 5-8, 2014, Saint-Petersburg, Russia.
147. Frontasyeva M.V., The moss biomonitring, nuclear and related analytical techniques, and GIS technology used to study atmospheric deposition of trace elements and

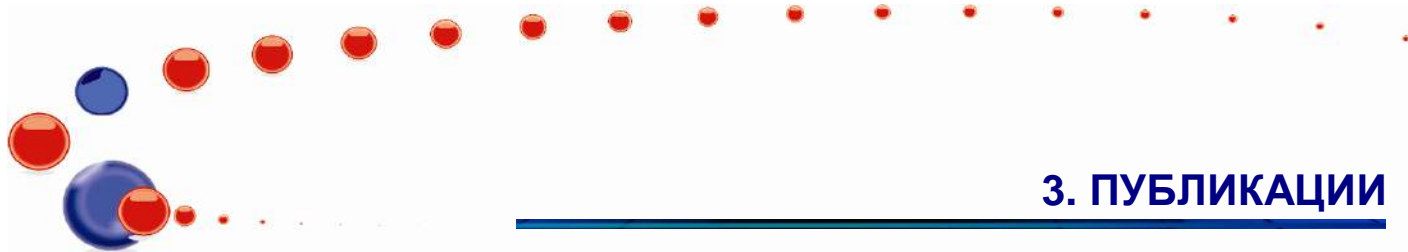


### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- radionuclides in the areas under strong anthropogenic impact. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, oral presentation.
148. Frontasyeva M.V., Moss survey in 2015/2016: tentative plans in Europe and Asia. *The 33rd session of the Working Group on Effects (WGE) under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*. September 17-19, 2014, Geneva, Switzerland.
  149. Gorelova S.V., Frontasyeva M.V., Gorbunov A.V., Lyapunov S.M., Okina O.I., Bioindication and monitoring of atmospheric deposition using trees and shrubs. *The 27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
  150. Gorelova S.V., Frontasyeva M.V., Lyapunov S.M., Gorbunov A.V., Okina O.I., Perspectives of woody plant implementation in phytoremediation of toxic elements in industrial cities. *The 11th International Phytotechnologies Conference*, September 30 – October 3, 2014, Heraklion, Crete, Greece.
  151. Grozdanov D., Sariev N.D., Ruskov I., Kopach Yu.N., Negovellov S.I., Mareev Yu.D., Comparison of two NaI(Tl) multi-detector systems. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Dubna, Russia,
  152. Grozdanov D.N., Issatov A.T., Kopach Yu.N., Skoy V.R., Negovellov S.I., Ruskov I.N., Energy- and Time- resolution of gamma-ray detectors”, *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
  153. Huran J., Boháček P., Kulikov S.A., Shabalin E.P., Sasinková V., Kleinová A., Kobzev A.P., Sekáčová M., Arbet J. Radiation Hardness Investigation of PECVD Silicon Carbide Layers for PV Application. *40th IEEE Photovoltaic Specialist Conference*, June 8-13, 2014, Denver, Colorado. Oral presentation.
  154. Ignatovich V.K., Nesvizhevsky V.V., Reflection of slow neutrons from powder of nanorods. *ICANS XXI*, September 29- October 04, 2014 Mito, Japan.
  155. Ignatovich V.K., Salamatin I.M., Salamatin K.M., Senner A.E., Automation of neutron spectrometry experiments using network technologies. *ICANS XXI*, September 29- October 04, 2014 Mito, Japan.
  156. Kalabegishvili T.L., Murusidze I.G., Kirkesali E.I., Rcheulishvili A.N., Ginturi E.N., Gelagutashvili E., Kuchava N., Bagdavadze N., Janjalia M., Pataraya D.T., Gurielidze M.A., Frontasyeva M.V., Zinicovscaia I.I., Pavlov S.S., Tsertsvadze G., Gabunia V. Possibilities of physical methods in development of microbial nanotechnology. *Nano 2014*, October 20-24, 2014, Tbilisi, Georgia.
  157. Khuukhenkhuu G., Gledenov Yu.M., Guohui Zhang, Sedysheva M.V., Munkhsaikhan J., Odsuren M., Systematics of (n,α) cross sections for 4-6 MeV neutrons. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster report
  158. Khuukhenkhuu G., Gledenov Yu.M., Turbold A., Baatarkhuu D., Munkhsaikhan J., Odsuren M., Some Peculiarity of the Photon Activation Analysis By Bremsstrahlung Gamma-Ray. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster report.
  159. Kopatch Y., Chietera A., Stuttgart L, Goennenwein F, Mutterer M., Guseva I., Gagarski A., Chernysheva E., Dorvaux O, Hamsch F.J., Hanappe F., Telezhnikov S., Mezentseva Zh., Detailed study of the angular correlations in the prompt neutron emission in spontaneous fission of <sup>252</sup>Cf, *THEORY-3: Scientific Workshop on Nuclear Fission dynamics and the Emission of Prompt Neutrons and Gamma Rays, EC-JRC-IRMM, Opatija, Croatia*, oral presentation...
  160. Kopatch Yu. For the TANGRA collaboration, Development of the tagged neutron method for elemental analysis and nuclear reaction studies - TANGRA project. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, oral presentation.
  161. Kravtsova A.V., Frontasyeva M.V., Milchakova N.A., Neutron activation analysis of macroalgae *Cystoseira* from coastal zone of marine protected areas (the Black Sea, Crimea). *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia,
  162. Kulik M., Kołodyńska M.D., Kobzev A.P., Komarov F.F. and Pyszniak K. Chemical composition of native oxides on noble gases ion implanted GaAs. *X-th international conference - Ion Implantation and Other Applications of Ions and Electrons*, June 23-26, 2014, Kazimierz Dolny, Poland, oral presentation.
  163. Kulik M., Kołodyńska M.D., Komarov F.F. and M. Turek M. Effect of increase of the implanted In+ ion fluence on chemical composition of near surface GaAs layer. *X-th international conference - Ion Implantation and Other Applications of Ions and Electrons*, June 23-26, 2014, Kazimierz Dolny, Poland, poster.
  164. Kulik M., Kołodyńska M.D., Rzdokiewicz W., Żuk J., Kobzev A.P. Komarov F.F., Maćzka D. Dielectric function of In+ ion implanted GaAs after rapid thermal annealing. *X-th international conference - Ion Implantation and Other Applications of Ions and Electrons*, June 23-26, 2014, Kazimierz Dolny, Poland, poster.
  165. Kulik M., Surowiec Z., Rzdokiewicz W., Filijs F. and Drozdziel A. Effect of N<sup>2+</sup> ion implantation and thermal annealing on near-surface layers of implanted GaAs. *X-th international conference - Ion Implantation and Other Applications of Ions and Electrons*, June 23-26, 2014, Kazimierz Dolny, Poland, poster.
  166. Kulin G Diffraction on moving grating and systematic effects in gravity experiment. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
  167. Lazo P., Qarri F., Bektishi L., Stafilov T., Frontasyeva M., Harmens H., Multi-elements atmospheric deposition study in Albania. *The 5th EuChemS – Chemistry Congress*, August 31- September 4, 2014, Istanbul, Turkey.
  168. Lazo P., Qarri F., Stafilov T., Frontasyeva M., Bektishi L., Baceva K., Marka J., The survey of atmospheric deposition of Al, Cr, Fe, Ni, V and Zn in Albania by using moss biomonitoring and ICP-AES. *27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
  169. Lychagin E., Helium UCN source in an external beam of thermal neutrons. *GRANIT-2014, Ecole de Physique des Houches*, March 2-7, 2014, Les Houches, France.
  170. Lychagin E.V., Muzychka A.Yu., Nekhaev G.V., Nesvizhevsky V.V., Strelkov A.V., Helium UCN source at the extracted beam of thermal neutrons, *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
  171. Maňková B., Oszlányi J., Izakovičová Z., Florek M., Holý K., Masarik J., Sýkora I., Tučeková A., Andráš P., Dubiel L., Frontasyeva M., Moss biomonitoring of trace

### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- elements in Slovak industrial areas, mining country, and national parks experiencing environmental stress. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
172. Maňkovská B., Oszlányi J., Izakovičová Z., Florek M., Holý K., Tučeková A., Frontasyeva M.V., Ostrovnyaya T.M., Andráš P., Dubiel J., Chemical and morphological characteristics of key tree species of mining country by toxic element at selected Cu- deposits. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
173. Maňkovská B., Oszlányi J., Izakovičová Z., Frontasyeva M.V., Critical evaluation of ecosystem pollution. *27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
174. Nekhoroshkov P.S., Tokarev Yu.N., Kravtsova A.V., Frontasyeva M.V., Neutron activation analysis of plankton from coastal zone of Crimea. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
175. Oprea A. I., Oprea C. Neutron capture cross sections and strength functions in neutron reactions on  $^{147}\text{Sm}$  nucleus. *Conference of Physics*, June 20, 2014, Bucharest, Romania, oral presentation.
176. Oprea A. I., Oprea C., Gledenov Yu. M., Sedyshev P. V., Sedysheva M. V., Cross sections evaluation in nuclear reactions with fast neutrons. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster.
177. Oprea A. I., Oprea C., Sedyshev P.V., Gledenov Yu. M. PV effects in neutron reactions with slow neutrons on  $^{204}\text{Pb}$  nucleus. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster.
178. Oprea C., Gustova M. V., Oprea A. I., Szalanski P. J., Ciofu R., Mihul A., Determination of essential elements and trace heavy metals in agricrops by photon neutron activation method. *Conference of Physics*, June 20, 2014, Bucharest, Romania, oral presentation.
179. Oprea C., Oprea A. I., Cross section of Gd isotopes in neutron transmission simulated experiments with slow neutrons up to some hundreds eV. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster.
180. Oprea C., Oprea A. I., Numerical evaluation of Sn isotope cross sections by photoneutron activation method. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster.
181. Oprea C., Oprea A., Gruia I., Isomer ratio in photofission of  $\text{U}^{238}$ . *Conference of Physics*, June 20, 2014, Bucharest, Romania, oral presentation.
182. Oprea C., Oprea A., Mihul A., Photonuclear cross section and isomer ratio in photoneutron reactions on natural Sn. *Conference of Physics*, June 20, 2014, Bucharest, Romania, oral presentation.
183. Oprea C., Oprea I., Mihul A., Numerical evaluation of light nuclei cross-sections by new neutron activation method. *Conference of Physics*, June 20, 2014, Bucharest, Romania, oral presentation.
184. Popescu I., Stihi C., Ene A., Cucu-Man S., Todoran R., Radulescu C., Dulama I.D., Chilian A., Atmospheric deposition of major and trace elements in Romania studied by NAA and AAS: Moss Survey 2010/2011. *27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
185. Qarri F., Lazo P., Bekteshi L., Stafilov T., Frontasyeva M., Harmens H., the effect of sampling scheme in the survey of atmospheric deposition of heavy metals in albania by using moss biomonitoring. The 5th EuCheMS – Chemistry Congress, August 31- September 4, 2014, Istanbul, Turkey.
186. Ruskov I., Development of universal monitor of low intensity neutron+gamma radiation fields”, *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
187. Ruskov I., TANGRA - a setup for basic and applied neutron-nuclear research, *EC-JRC-IRMM*, July 22, 2014, Retieseweg, Geel, Belgium, invited talk.
188. Ruskov I., TANGRA–setup for Investigation of Standard Nuclear Reactions Induced by 14.1 MeV Tagged Neutrons. THEORY-3: Scientific Workshop on Nuclear Fission dynamics and the Emission of Prompt Neutrons and Gamma Rays, *EC-JRC-IRMM*, Opatija, Croatia, invited talk,
189. Skoy V.R. Kopatch Yu.N., Ruskov I., A versatile multi-detector gamma-ray spectrometry system for investigation of neutron induced reactions. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
190. Špirić Z., Stafilov T., Vučković I., Kušan V., Barišić D., Vekić B., Šmit Z., Glad M., Frontasyeva M., Croatia participated in the ICP Vegetation survey since 2005. *27th UNECE ICP Task Force Meeting*, January 28-30, 2014, Paris, France.
191. Telezhnikov S.A., Ahmadov G., Kopatch Yu.N., Granja C., Pospisil S., Energy calibration of timepix pixels below 60 keV. *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster.
192. Toderas M, Oprea A., Cadar. D., Oprea M., Transboundary cooperation in watershed areas (Danube Basin case). *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster
193. Vary M., Huran J., Perny M., Micolack M., Aly V., Packa J., Kobzev A.P. Study of Al/a-SiC/c-Si(p)/Al structure by PECVD. *40th IEEE Photovoltaic Specialist Conference*. June 8-13, 2014, Denver, Colorado, oral presentation.
194. Zeynalov SH., Zeynalova O., Sedyshev P., Shvetsov V., Novel approach to prompt fission neutron investigation, *22nd International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, May 27–30, 2014, Dubna, Russia.
195. Zinicovscaia I., Cepoi L., Chiriac T., Valuta A., Rudi L., Mitina T., Frontasyeva M.V., Kirkesali E.I., Culicov O., Gundorina S., Biotechnology for wastewater treatment. Book of Abstracts, *The 5th World Congress Biotechnology-2014*, July 25-27, 2014, Valencia, Spain.
196. Zinicovscaia I., Cepoi L., Valuta A., Rudi L., Frontasyev M., Culicov O., Gundorina S., Mitina T., Biosorption of chromium and nickel from wastewater by microalgae *Nostoc linckia*. *RadChem-2014*, May 11-16, 2014, Marianske Lazne, Czech Republic.
197. Zinicovscaia I., Cepoi L., Valuta A., Rudi L., Frontasyeva M.V., Culicov O., Biosynthesis of selenium and titanium nanoparticles by *Nostoc linckia*. Book of Abstracts, *2nd International Conference on Microbial Biotechnology*, October 9-10, 2014, Chisinau, Moldova.
198. Zontikov A.O., Grozdanov D., Ruskov I., Kopatch Yu.N., Neutron-gamma field intensity and absorbed doses simulation at some points of “Romashka” experimental setup. *22nd International Seminar on Interaction of*



### 3. ПУБЛИКАЦИИ

- Neutrons with Nuclei (ISINN-22)*, Dubna, May 27–30, 2014, Dubna, Russia, poster.
199. Василев А., Хростозова Г., Евстатиева Л., Стрелкова Л.П., Фронтасьева М.В., Изучение элементного состава некоторых болгарских медицинских растений методом эпитеплового нейтронного активационного анализа. *Международная научно-практическая конференция «Аптекарские огороды – вчера, сегодня»*. 19-20 декабря 2014, Москва, Россия.
  200. Кравцова А.В., Накопление тяжелых металлов и других микроэлементов макроводорослями рода *Cystoseira* из прибрежной зоны заповедных акваторий Крыма. *3-я Международная научно-практическая конференция «Биоразнообразие и устойчивое развитие»*, 15-19 сентября, 2014, Симферополь, Россия.
  201. Франк А.И., Оптический эффект ускоряющегося вещества и длинноволновые нейтроны. *XVIII Международного симпозиум “Нанопизика и наноэлектроника”*, 10-14 марта 2014, Нижний Новгород, Россия, приглашенный пленарный доклад.
  202. Фронтасьева М.В., Бояркина А.П., Прокофьев В.Б., Гиндилис Л.М., Поиск космической пыли в природных планшетах с использованием ядерно-физических аналитических методов. *Круглый стол. “Актуальные проблемы общей и космической радиобиологии и астробиологии”*, 28-29 октября 2014, Дубна, Россия, приглашенный доклад.

## 4. ПРЕМИИ И СТИПЕНДИИ

### РАЗНОЕ

На сессии ПКК по физике конденсированных сред проводился конкурс на лучший стендовый доклад среди молодых ученых. Лучшей работой на данной сессии было избрано стендовое сообщение «Исследования магнитной структуры соединений  $\text{HoCo}_2$  и  $\text{ErCo}_2$  при высоких давлениях», представленное **А.В. Руткаускасом**. ПКК также отметил высокий уровень двух других стендовых сообщений: «Моделирование методом молекулярной динамики человеческого апобелка лактоферрина» **Р. Ерхана** и «Дифрактометр для исследования при высоких давлениях ДН-6: текущее состояние» **Е.В. Лукина**.

### СТИПЕНДИИ ОИЯИ И ЛНФ

В рамках конкурса организованного Объединением молодых ученых и специалистов ОИЯИ гранты молодых ученых и специалистов в 2014 г. получили:

грант для молодых сотрудников  
с ученой степенью  
И.А. Бобриков  
В.М. Милков  
С.Е. Кичанов

грант для молодых научных  
сотрудников  
Ю.В. Алексеенок  
С.М. Горюнов  
З.И. Горяйнова  
К. Лучиньска  
А.В. Руткаускас  
А.В. Томчук

грант для молодых специалистов  
Е.В. Лукин  
Е.А. Голубков  
В.С. Попов

грант для молодых рабочих  
М.А. Бобров  
Д.Е. Панкратов  
Р.В. Чепурченко

С 2002 г. в ЛНФ присуждается стипендия имени академика СССР и первого директора ЛНФ И.М.Франка с целью стимулирования научных и методических исследований молодых ученых. В 2012 г. **стипендия им. И.М.Франка** присуждена:

- В области ядерной физики: И.И. Зиньковская
- В области физики конденсированного состояния: Д.В. Соловьев
- В области методических исследований: М.В. Булавин
- В области развития базовых установок: А.В. Кутергин, К.В. Удовиченко

С 2006 г. в ЛНФ ежегодно присуждается стипендия имени выдающегося ученого, члена-корреспондента АН СССР Ф.Л. Шапиро. Стипендия присуждается по направлениям: физика УХН, поляризованные нейтроны и нейтронная спектроскопия.

В 2014 г. **стипендия им. Ф.Л.Шапиро** присуждена:

- По направлению «Нейтронная спектроскопия» Д.Н. Грозданов, А.В. Нагорный, Г.С. Ахмедов

### ПРЕМИЯ ОИЯИ

Премия ОИЯИ присуждается ежегодно за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы. В 2014 следующие научные работы, представленные сотрудниками ЛНФ, удостоены премий ОИЯИ:

#### В области экспериментальной физики:

##### *Поощрительная премия*

“Структура и свойства магнитных наночастиц, продуцируемых бактериями *Klebsiella oxytoca*: комплексное исследование и экспериментальное обоснование биометрических применений”.

**Авторы:** М. Балашою, Д.В. Соловьев, А.В. Рогачев, Л. Ангел, О.Л. Орелович, Л.А. Ищенко, С.В. Столяр, Р.С. Исхаков, Ю.Л. Райхер.

#### В области научно-методических исследований:

##### *Вторая премия*

“Разработка газовых детекторов для нейтронных исследований”.

**Авторы:** А.В. Белушкин, А.А. Богдзель, В.В. Журавлев, Ф.В. Левчановский, Е.И. Литвиненко, В.М. Милков, Ц.Ц. Пантелеев, В.И. Приходько, А.В. Чураков, В.Н. Швецов.

#### В области прикладных исследований:

##### *Вторая премия*

“Нейтронная диагностика перспективных реакторных материалов”.

**Авторы:** А.М. Балагуров, Г.Д. Бокучава, Р.Н. Васин, И.В. Папушкин, В.В. Сумин.

## 4. ПРЕМИИ И СТИПЕНДИИ

### СЕМИНАРЫ ЛНФ

- **Л.С. Дубровицкий** (Баварский Геоинститут, Байройт, Германия) Внутреннее строение земли: результаты исследований геоматериалов в экстремальных условиях. (22.01.2014)
- **Н.Д. Дукусар** (ЛИТ ОИЯИ) Метод базисных элементов (кусочно-полиномиальная аппроксимация высоких порядков. (06.02.2014)
- **А.Б. Попов** (ЛНФ ОИЯИ) Из истории нейтронно-ядерных исследований ЛНФ. (19.02.2014)
- **Д. Иткис** (МГУ им. М.В. Ломоносова) Интеркаляция лития в наноструктурированные оксиды ванадия. (21.04.2014)
- **Ш. Лансбергер** (Техасский университет в Остине, США) Курс лекций: Гамма-спектрометрия и достижения в ядерной методологии: Применение в анализе окружающей среды. (14.04.2014-18.04.2014)
- **В.И. Фельдман** (МГУ им. М.В. Ломоносова) Исследование радиационно-химических превращений в системах на основе мезитилена и смесей мезитилен-ксилол. (21.05.2014)
- **И. Муха** (Центр по изучению тяжёлых ионов имени Гельмгольца, Германия) Нейтронная радиоактивность. (12.06.2014)
- **П. Колчанский** (Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук) Кооперативные явления в комплексных системах, содержащих магнитные наночастицы, с последующим их использованием в биомедицине и промышленности. (13.10.2014)
- **Ф.И. Фурман** (ЛНФ ОИЯИ) Семинар, посвященный 90-летию Л.Б. Пикельнера. (10.11.2014)
- **А.В. Белушкин** (ЛНФ ОИЯИ) Иренеуш Натканец и нейтронное рассеяние в Дубне. (14.11.2014)
- **Дж. Бенкхофф** (Европейское космическое агентство, Германия) VeriColombo – совместная миссия ESA/JAXA по изучению Меркурия. (04.12.2014)
- Семинар, посвященный 80-летию В.И. Лущикова (10.12.2014).



**Л.Б. Пикельнер**



**Л.Б. Попов**



**В.И. Лущиков**

### КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

С 27 по 30 мая в Дубне проходил Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-XXII). Это традиционный ежегодный семинар ЛНФ в данной области.

С 24 по 27 июня ЛНФ была организована международная конференция «Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2». Целью конференции было объединить пользователей нейтронных установок для обсуждения экспериментальных результатов, перспектив дальнейших исследований и развития спектрометров ИБР-2.



Исследования конденсированных сред на реакторе ИБР-2

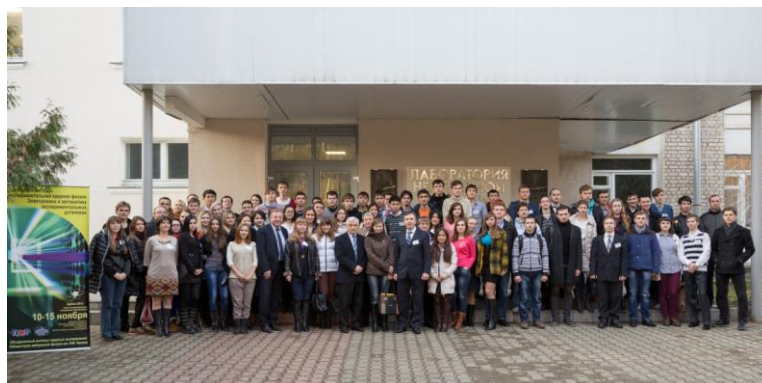


ISINN-22

С 29 сентября по 03 декабря в Дубне была организована летняя школа - конференция «Физика комплексных и магнитных мягких систем: физико-механические и структурные свойства». Рабочее совещание было организовано совместно с Институтом физики сплошных сред РАН, Румынским физическим обществом, Западным университетом Тимишоара и Национальным институтом физики и ядерной техники имени Х.Хулубея (Румыния).

### ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

С 10 по 15 ноября 2014 года в ЛНФ проходила Пятая молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок». Участие в Школе приняли студенты, аспиранты и молодые ученые из 13 городов России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Армении и Монголии, которые отбирались с учетом их специальностей. Целью Школы было знакомство молодых ученых, студентов и аспирантов с современным состоянием приборной и методической базы для проведения экспериментов с помощью нейтронов.





## 5. СОБЫТИЯ

ЛНФ успешно сотрудничает с Учебно-научным центром ОИЯИ в организации летней практики для студентов из стран-участниц ОИЯИ (Беларусь, Чехия, Польша, Румыния, Словакия) и ассоциированных стран (Египет, Южная Африка).



Летняя студенческая практика



Летняя практика для студентов из Египта

Были организованы также лекции и экскурсии на установки ЛНФ для учителей физики и их учеников старших классов из России и других стран

## ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДЕЛЕГАЦИИ

- Заведующий кафедрой ядерной физики Киевского национального института им. Т. Шевченко профессор Игорь Каденко и начальник отдела материаловедения Института ядерных наук «Винча», (Белград) Бранко Матович посетили ЛНФ в феврале 2014 года.
- В феврале ЛНФ посетил профессор Мохамед Салем Бадави зам. начальника отдела радиационной физики Университета в Александрии, Египет.
- В марте 2014 года ЛНФ посетил д-р Дуглас Гленжински, представитель эксперимента Mu2e Фермилаб, США. В ходе своего визита д-р Гленжински посетил установки ИБР-2 и ИРЕН.
- 6 апреля в ЛНФ состоялся визит сотрудников Посольства Республики Польша в Российской Федерации в Москве во главе с заместителем Чрезвычайного и Полномочного Посла Республики Польша в РФ Кщёнжек Ярославом. В ходе визита гости посетили установки ИБР-2 (КОЛХИДА, РЕГАТА) и ИРЕН.



Сотрудников Посольства Республики Польша в Российской Федерации



Визит д-р Б. Матовича

- 17-го июня с.г. Лабораторию посетили участники форума Индия-ОИЯИ «Передовые исследования по физике атомного ядра, элементарных частиц и конденсированных сред», который проходит в ОИЯИ с 16 по 20 июня 2014 г. посетили установки реактор ИБР-2 (установки РЕГАТА и РЕМУР).

- 16 сентября ЛНФ посетила делегация из Индии. В ее составе атташе по науке посольства Индии, представители министерств, академических институтов и исследовательских центров. Члены делегации встретились с дирекцией Лаборатории и посетили реактор ИБР-2.

## СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРИИ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Дирекция:	
Директор	<i>В.Н. Швецов</i>
Заместитель директора	<i>О.А. Куликов</i>
Заместитель директора	<i>Е.В. Лычагин</i>
Заместитель директора	<i>Н. Кучерка</i>
Заместитель директора	<i>С.В. Козенков</i>
Главный инженер:	<i>А.В. Виноградов</i>
Ученый секретарь	<i>Д. Худоба</i>
Научный руководитель Лаборатории	<i>В.Л. Аксенов</i>
Советник при дирекции лаборатории	<i>В.Д. Ананьев</i>
Советник при дирекции лаборатории	<i>Л.Б. Пикельнер</i>

Реактор и технические подразделения	Руководитель
ИБР-2 реактор	Главный инженер: <i>А.В. Долгих</i>
Механико-технологический отдел	<i>А.А. Беляков</i>
Электро-технологический отдел	<i>В.А. Трепалин</i>
Конструкторское бюро	<i>А.А. Кустов</i>
Экспериментальная мастерская	<i>А.Н. Кузнецов</i>

Научные подразделения	Руководитель
Отделение нейтронных исследований и разработок в области конденсированных сред	<i>A. V. Belushkin</i>
Отделение ядерной физики	<i>В.Н. Швецов</i>

Административные службы
Секретариат
Финансы
Персонал

Группа ученого секретаря
Секретариат
Перевод

## 6. СТРУКТУРА

### ОТДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

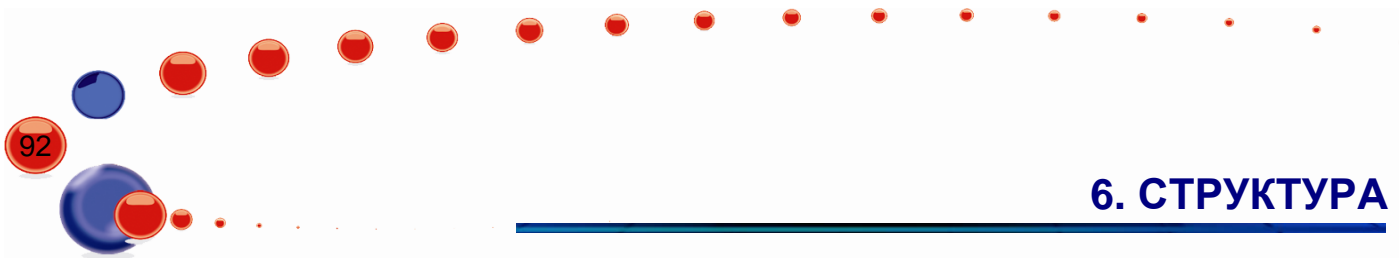
Руководитель: *А.В. Белушкин*

#### НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Подразделение	Название	Руководитель
Руководитель отдела		<i>Д.П. Козленко</i>
Сектор 1: Нейтронной дифракции. Руководитель: <i>Г.Д. Бокучава</i>		
Группа No.1	ФДВР, ФСД	<i>А.М. Балагуров</i>
Группа No.2	ДН-2	<i>А.И. Бескровный</i>
Группа No.3	ДН-12	<i>В.Н. Савенко</i>
Группа No.4	Геоматериалы	<i>А.Н. Никитин</i>
Группа No.5	СКАТ/ЭПСИЛОН	<i>К. Шеффцюк</i>
Сектор 2: Нейтронной оптики. Руководитель: <i>М.В. Авдеев</i>		
Группа No.1	Физики поверхностей	<i>Ю.Н. Никитенко</i>
Группа No.2	Физики наносистем	<i>М.В. Авдеев</i>
Группа малоуглового рассеяния		<i>А.И. Куклин</i>
Группа неупругого рассеяния		<i>Д. Худоба</i>

#### ОТДЕЛ КОМПЛЕКСА СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

Подразделение	Название	Руководитель
Руководитель отдела		<i>С.А. Куликов</i>
Группа No.1	Детекторов	<i>А.В. Чураков</i>
Группа No.2	Электроники	<i>А.А. Богдзель</i>
Группа No.3	Информационных технологий	<i>А.С. Кирилов</i>
Группа No.4	Окружения образца и прерывателей	<i>А.П. Сиротин</i>
Группа No.5	Криогенных исследований	<i>А.Н. Черников</i>
Группа No.6	Холодных замедлителей	<i>М.В. Булавин</i>



## 6. СТРУКТУРА

### ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Руководитель: *В.Н. Швецов*

Подразделение	Название	Руководитель
Сектор 1.	Исследование нейтронно-ядерных взаимодействий	<i>Ю.Н. Копач</i>
Сектор 2..	Исследование фундаментальных свойств нейтрона	<i>Е. В. Лычагин</i>
Сектор 3.	Нейтронного активационного анализа и прикладных исследований:	<i>М.В. Фронтасьева</i>
Установка ИРЕН		<i>В.Г. Пятаев</i>

### ПЕРСОНАЛ

#### Распределение персонала по подразделениям

Тема	Подразделение	Количество сотрудников
<b>-1104-</b>	Отделение ядерной физики	92
<b>-1069-</b>	Научно-экспериментальный отдел нейтронных исследований конденсированных сред	93
<b>-1075-</b>	Научно-экспериментальный отдел комплекса спектрометров ИБР-2	43
<b>-1105-</b>	Реактор ИБР-2	45
	Механико-технологический отдел	49
	Электро-технологический отдел	31
	Экспериментальная мастерская	38
	Группа ядерной безопасности	7
	Конструкторское бюро	6
	Инфраструктура ЛНФ:	
	Дирекция	10
	Отдел обслуживания	24
	Группа ученого секретаря	4
	Группа материально-технического снабжения	4
Всего		<b>451</b>

## 6. СТРУКТУРА

### Персонал из стран-участниц ОИЯИ (кроме РФ)

Страна	Количество сотрудников	Количество молодых сотрудников ( $\leq 35$ лет)
Азербайджан	5	4
Беларусь	1	1
Болгария	9	5
Грузия	1	-
Германия	1	-
Казахстан	6	6
Молдова	2	2
Монголия	9	9
Польша	10	3
Румыния	7	2
Словакия	1	
Украина	12	8
<b>ВСЕГО</b>	<b>64</b>	<b>42</b>

### Аспиранты

В 2014 в ЛНФ проводили экспериментальную работу по диссертациям 21 аспирант из 11 стран.

ФИО	Страна	Учреждение
Ахмедов Г.С.	Азербайджан	Институт Радиационных Проблем НАНА
Алексеенок Ю.В.	Белоруссия	Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова
Христозова Г.	Болгария	Университет Паиссии Хилендарски, Пловдив, Болгария
Санисло А.	Венгрия	Университет Годолло
Багдаулет М.	Казахстан	Казахский национальный университет имени аль-Фараби
Храмко К.	Молдова	Университет АН Молдовы
Нямсурен В.	Монголия	Национальный университет Монголии
Лучиньска К.	Польша	Институт ядерной химии и технологии
Ордон М.	Польша	Естественно - Гуманитарный Университет в г. Седльце

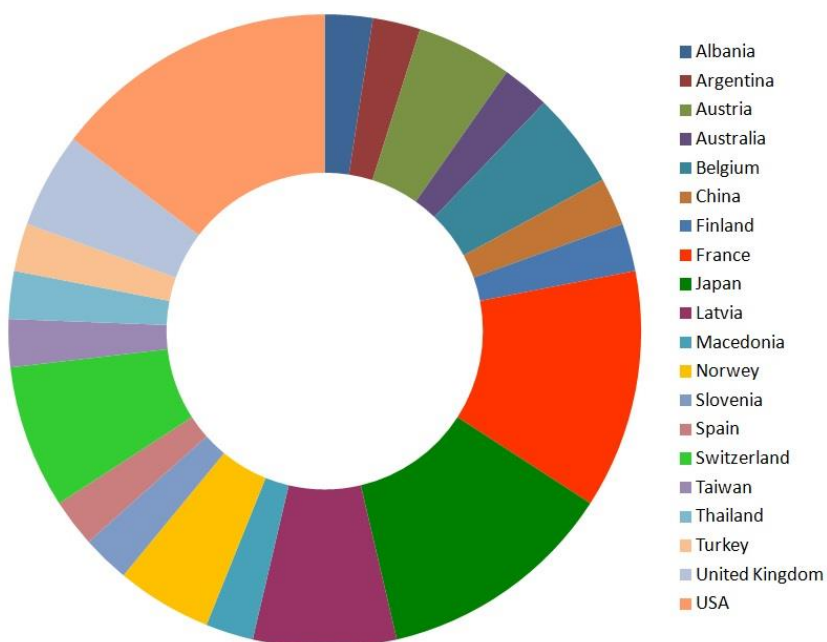
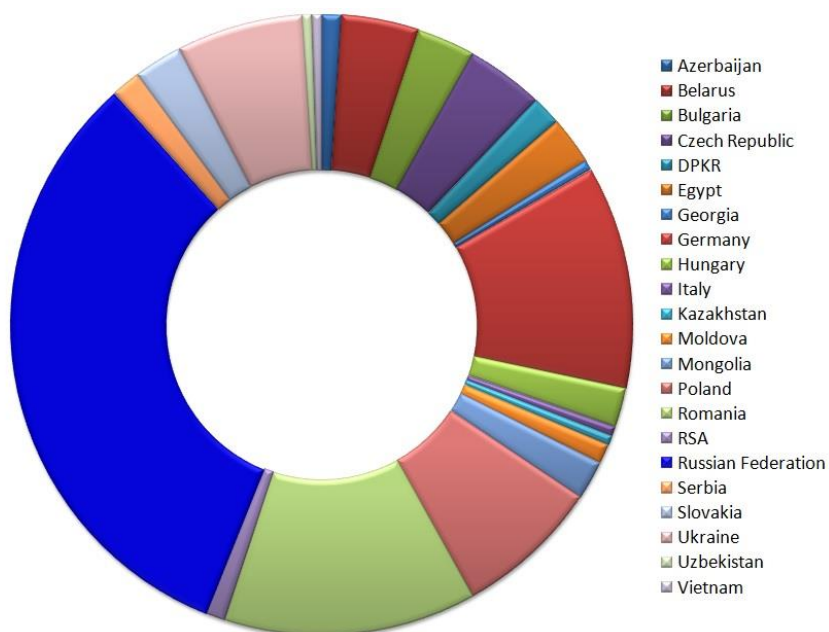
<b>Жакетов В.Д.</b>	Россия	УНЦ ОИЯИ
<b>Еремин Р.А.</b>	Россия	УНЦ ОИЯИ
<b>Румянцев И.</b>	Россия	УНЦ ОИЯИ
<b>Руткаускас А.В..</b>	Россия	УНЦ ОИЯИ
<b>Вергель К.Н.</b>	Россия	Международный университет природы, общества и человека «Дубна»/ ЛНФ
<b>Зонтиков А.О.</b>	Россия	Международный университет природы, общества и человека «Дубна»/ ЛНФ
<b>Кравцова А.В.</b>	Россия	Институту биологии южных морей им. А.О.Ковалевского
<b>Нехорошков П.С.</b>	Россия	Институту биологии южных морей им. А.О.Ковалевского
<b>Нтомзихона Беаулах Ндлову</b>	ЮАР	Университет Стелленбош
<b>Езе П.</b>	ЮАР	Университет Западной Капской провинции
<b>Самойленко С.А.</b>	Украина	Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко
<b>Томчук А.В.</b>	Украина	Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко

В 2014 году были защищены 9 бакалаврских и 4 магистерских дипломов на основе экспериментального материала, полученного в ЛНФ. Один сотрудник получили степень доктора наук.

## 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И ПОЛИТИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

### МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

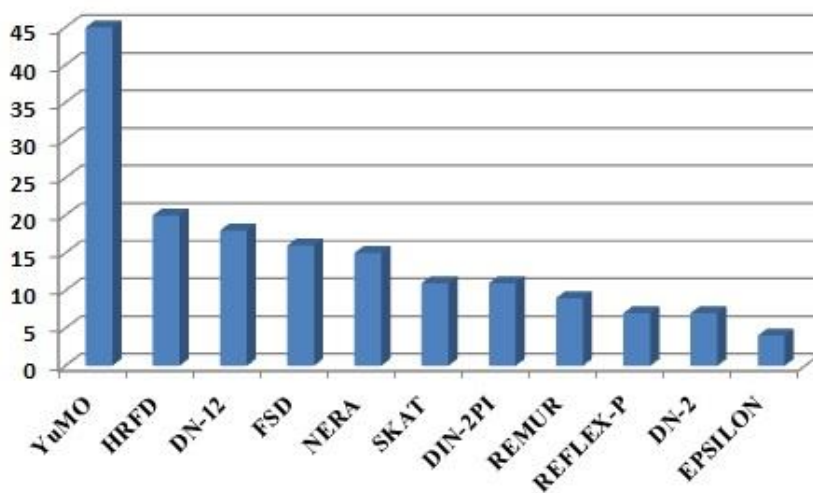
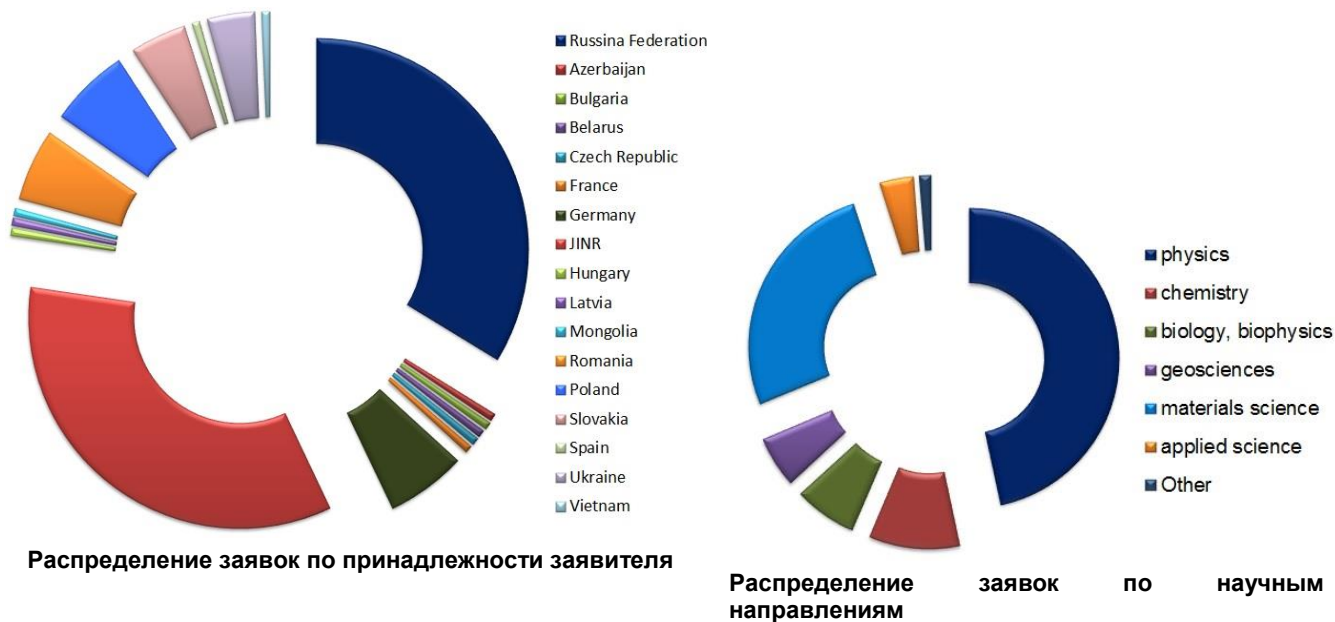
В 2014 г. Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка осуществляла сотрудничество с 197 научными учреждениями из 22 стран-участниц ОИЯИ и ассоциированных стран и с 41 учреждением из 20 стран, не являющихся участницами ОИЯИ. Ниже представлено распределение учреждений по странам.



## 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И ПОЛИТИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

### ПОЛИТИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В 2014 году было проведено два раунда приема заявок на проведение экспериментов на реакторе ИБР-2 (с 15 сентября по 01 ноября 2013 г. и с 15 марта по 30 апреля 2014 г.). Всего было получено 163 предложений из 17 стран. Свыше 46% заявок были направлены на решение физических задач, 26% были посвящены проблемам материаловедения, остальные 28% охватывали исследования в области химии, геологических наук, биологии и прикладные задачи. Для проведения экспериментов в 2014 г. было отобрано 150 заявок.





## 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И ПОЛИТИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Распределение пользователей из стран-участниц ОИЯИ или ассоциированных стран в 2014 г.

Страна	Количество пользователей
Азербайджан	1
Болгария	3
Венгрия	1
Вьетнам	1
Германия	10
Грузия	2
Египет	2
Италия	1
Казахстан	3
Молдова	1
Монголия	3
Польша	18
Румыния	9
Сербия	2
Словакия	8
Украина	11
Чехия	2
ЮАР	1

Распределение пользователей из стран, не являющихся участницами ОИЯИ, в 2014 г.

Страна	Количество пользователей
Австралия	1
Англия	1
Испания	2
Китай	3
Латвия	7
Норвегия	1
Словения	2
США	1
Франция	1
Тайвань	2
Швейцария	2
Япония	1

## 8. ЛНФ и СМИ

В 2014 году мероприятия и события, проходившие в лаборатории, неоднократно освещались на страницах средств массовой информации.

### NANO NEWS NET

22.01.2014

<http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/ibr-2-stanovitsya-fabrikoi-vysokikh-tekhnologii>

Публикации Азбука Общение Аналитика Тендеры О сайте Фонд

Главная » новости

### ИБР-2 становится фабрикой высоких технологий

Просмотр What links here

Опубликовано Korvin в 22 января, 2014 - 05:28

В Дубне начались зимние сессии программно-консультативных комитетов по основным направлениям исследований, ведущихся в Объединенном институте ядерных исследований.

Первой 20 и 21 января 2014 года проведена 38-я сессия программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред.

Напомним, что **реактор ИБР-2**, на котором ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области конденсированных сред, после коренной модернизации был вновь запущен в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ летом 2011 года. Его часто называют «окном в наномир», но, по аналогии с фабрикой сверхтяжелых элементов, которая создается в соседней Лаборатории ядерных реакций, он получает все большее право называться настоящей фабрикой высоких технологий.

### Russian Atomic Agency 24.02.2014

<http://www.atomic-energy.ru/news/2014/02/24/46871>

РОССИЙСКОЕ АТОМНОЕ СООБЩЕСТВО

Главная Публикации Репортажи Журнал Сообщество Поиск по сайту

Новости 24 февраля 2014

### ОИЯИ возглавил международную программу по дальнейшему трансграничному переносу воздушных загрязнений

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) (234)

Организация Объединенных Наций (ООН) (250)

Теги по теме

- Международное сотрудничество (2599)
- Экологический мониторинг (136)
- Нейтронная физика (60)
- Детекторы (37)

Лаборатория нейтронной физики ОИЯИ

Экономическая комиссия ООН по Европе (UNECE) в рамках Конвенции по дальнейшему трансграничному переносу воздушных загрязнений работает с Международной кооперативной программой ЛНФ по области радиационной гигиены.

Архив материалов АРХИВ МАТЕРИАЛОВ

19.02.2014 | Координатор программы ООН – учения из Дубны

Научград может гордиться, что координатором Рабочей группы Экономической комиссии ООН (UNECE), занимающейся мониторингом эффектов воздушных загрязнений экосистем, назначена начальник сектора Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований кандидат физико-математических наук, доцент М.В. Фронтасьева.

На совещании в Женеве в сентябре прошлого года координация работы по этой международной программе была передана от Великобритании России. Такое решение было принято благодаря большому вкладу, который начиная с 1995 года вносит коллектив сектора нейтронного активационного анализа и прикладных исследований, возглавляемый М.В. Фронтасьевой, в создание европейского Атласа "Атмосферные выпадения тяжелых металлов – оценки на основе анализа мхов-биоиндикаторов", а также благодаря прямому сотрудничеству Объединенного института со странами Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии – комиссия ООН заинтересована в расширении работ по оценке воздушных загрязнений в России, вовлечении новых стран – Армении, Азербайджана, Грузии, Казахстана и др. в эту программу, цель которой – держать под пристальным контролем процессы влияния на экосистему Земли.

Координация всех работ по данной программе, а это создание базы данных по результатам анализов, оценка воздушных загрязнений в разных районах России, построение карт распределения атмосферных выпадений тяжелых металлов и других токсичных элементов, организация подобной работы в других странах – огромное и сложное поле деятельности. Пожелаем Марине Владимировне успеха на этом поприще!

Ольга Мелкузова  
О ближайших планах координатора комиссии ООН – в следующем номере газеты.

Газета "Площадь Мира" 19.02.2014

[http://pressdubna.ru/archive\\_full.php?nid=12159](http://pressdubna.ru/archive_full.php?nid=12159)

2014  
Annual Report

**PREFACE**

1. SCIENTIFIC RESEARCH	1
• CONDENSED MATTER PHYSICS	1
• NEUTRON NUCLEAR PHYSICS	25
• NOVEL DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF EQUIPMENT FOR THE IBR-2 SPECTROMETERS COMPLEX	49
2. NEUTRON SOURCES	61
3. PUBLICATIONS	63
4. PRIZES AND AWARDS	70
5. EVENTS	72
6. ORGANIZATION	75
7. INTERNATIONAL COOPERATION AND USER INTERACTION	79
8. FLNP AND MASS-MEDIA	82
9. ANNIVERSARIES	83