

## **ВИКТОР ЛАЗАРЕВИЧ АКСЕНОВ** **(К 60-летию со дня рождения)\***

В. Л. Аксенов родился 20 июня 1947 г. В 1970 г. он окончил Томский государственный университет им. В.В. Куйбышева. В 1973 г. после окончания аспирантуры в научной школе Н. Н. Боголюбова он начал работать в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований (Дубна Московской области). Докторскую диссертацию защитил в 1985 г. в Математическом институте им. В.А. Стеклова РАН. В 1987 г. он становится заместителем директора, а затем директором крупнейшего в мире центра нейтронных исследований — Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований. Успешно продолжая традиции основателя лаборатории лауреата Нобелевской премии академика И. М. Франка, Виктор Лазаревич возглавил научную школу нейтронографии конденсированных сред. В 2006 г. он перешел на работу в Российский научный центр «Курчатовский институт» на должность первого заместителя директора по научной работе, оставаясь научным руководителем Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка.

Для научного стиля В. Л. Аксенова характерна направленность на развитие методов исследования, как теоретических, так и экспериментальных, что позволило ему получить значительные результаты в различных областях физики конденсированного состояния.

Первые работы В. Л. Аксенова были посвящены теории динамики решетки сильноангармонических кристаллов. Совместно со своим научным руководителем Н. М. Плакидой им развито новое научное направление — теория самосогласованных фононов на основе оригинального метода учета ангармонизма, позволяющего выйти за рамки теории возмущений. Этот метод позволяет исследовать динамику и термодинамику кристаллов вплоть до предела их стабильности. В. Л. Аксеновым впервые дано количественное описание уравнения состояния сильноангармонических кристаллов, квантовых кристаллов и кристаллов с вакансиями в области их динамической устойчивости. Эти результаты получили широкое признание у нас в стране и за рубежом.

---

\* Кристаллография. 2007. Т. 52, № 3. С. 590–592.

На основе теории самосогласованных фононов Виктор Лазаревич с соавторами развил динамическую теорию структурно-неустойчивых кристаллов. Им предложен ряд квантово-статистических моделей динамики решетки, дано объяснение механизма замораживания мягкой фононной моды и появления центрального пика в сечении рассеяния в области структурного фазового перехода. Впервые установлена роль квантовых флуктуаций в виртуальных сегнетоэлектриках и построена динамическая теория сегнетоэлектрических твердых растворов. Эти результаты были использованы при анализе экспериментальных данных и вошли в монографию «Рассеяние нейтронов сегнетоэлектриками», опубликованную в 1984 г. совместно с Н. М. Плакидой и С. Стаменковичем. Впервые в мире в монографии последовательно изложена динамическая теория решетки при структурных фазовых переходах, дан анализ рассеяния нейтронов в области структурной неустойчивости. В 1990 г. она была переведена на английский язык.

Теория самосогласованных фононов позволила также развить оригинальное научное направление в физике сверхпроводимости. Совместно с Н. М. Плакидой и С. Стаменковичем была предложена ангармоническая модель сверхпроводников и предсказано значительное увеличение температуры сверхпроводящего перехода в системах с локальным структурным беспорядком. Эта модель была обобщена в 1989 г. совместно с Н. Н. Боголюбовым и Н. М. Плакидой в теорию высокотемпературных сверхпроводников. Было показано, что модель может описывать механизм высокотемпературной сверхпроводимости. Эти результаты инициировали постановку целого ряда нейтронографических экспериментов по изучению структурных аномалий в оксидных сверхпроводниках.

С начала 1990-х годов научные интересы В. Л. Аксенова связаны с изучением нового состояния углерода — фуллеренов. Совместно с Ю. А. Осипьяном и В. С. Шахматовым им была развита симметричная теория структурных особенностей в фуллереновых кристаллах. Предсказаны ориентационные состояния молекулы фуллерена и ее деформации при структурном фазовом переходе, а также положения атомов металла в междоузлиях фуллеридов. Эти предсказания подтверждены в экспериментах с использованием EXAFS-спектроскопии на источниках синхротронного излучения. С использованием метода малоуглового рассеяния нейтронов им проведены систематические исследования растворов фуллеренов. Построена кинетическая теория процессов формирования кластеров фуллеренов в растворах и предсказаны условия их стабилизации.

Виктор Лазаревич сделал большой вклад в развитие самого высокопоточного импульсного источника нейтронов в мире — реактора ИБР-2, научным руководителем которого он является с 1989 года. Реактор ИБР-2 является самым крупным в стране центром коллективного пользования нейтронными пучками, ежегодно на нем проводится до 250 экспериментов физиками из 18 стран. По инициативе и под руководством В. Л. Аксенова на реакторе проводится комплексная программа исследований структуры и физических свойств новых материалов. Предложены новые методы исследований на современных импульсных источниках нейтронов. Обоснован и впервые реализован на импульсном источ-

нике обратный метод времени пролета в сочетании с фурье-анализом. Под руководством В. Л. Аксенова и при его непосредственном участии были созданы уникальные дифрактометры на реакторе ИБР-2. На них проводятся структурные исследования с максимально допустимым пространственным разрешением сложных моно- и поликристаллов. Получен ряд новых структурных результатов. Впервые установлена связь температуры сверхпроводящего перехода с параметрами структуры в ртутьсодержащих высокотемпературных сверхпроводниках с использованием элементного замещения и внешнего давления. Получена полная магнитная фазовая диаграмма семейства перовскитных манганитов и дано структурное объяснение гигантскому изотопическому эффекту. Работы В. Л. Аксенова в этой области открыли новое направление в структурной нейтронографии — нейтронную фурье-дифрактометрию по времени пролета. В 2000 г. ему с соавторами присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники за разработку и реализацию новых методов структурной нейтронографии на импульсных и стационарных реакторах.

Виктор Лазаревич Аксенов создал новое научное направление в нейтронной поляризационной рефлектометрии, которая бурно развивается в настоящее время в связи с новыми возможностями в создании слоистых магнитных гетероструктур и других низкоразмерных магнетиков. Совместно с Ю. В. Никитенко им предложен принципиально новый метод генерации усиленных стоячих нейтронных волн в слоистых структурах с использованием поляризованных нейтронов. Этот метод основан на эффекте переворота спина нейтрона на магнитных неоднородностях и представляет собой новый метод прецизионной послойной магнитометрии. На реакторе ИБР-2 в Дубне в 2004 г. совместно с физиками из ИЛЛ (Франция) и ПИЯФ РАН создан единственный в России рефлектометр поляризованных нейтронов РЕМУР, сочетающий в себе возможности рефлектометрии и малоуглового рассеяния. С использованием этого рефлектометра и метода усиленных стоячих нейтронных волн впервые экспериментально удалось наблюдать такие тонкие эффекты, как влияние сверхпроводимости на ферромагнетизм (возникновение криптоферромагнитного состояния) в слоистых структурах и усиление сверхпроводимости в поверхностном слое сверхпроводников первого рода.

Научные и методические работы, выполненные под руководством В. Л. Аксенова на реакторе ИБР-2, оказали большое влияние на идеологию развития источников нейтронов в мире. Благодаря этим работам была осознана и признана перспективность источников с длинным импульсом. Так, Европейский суперисточник нейтронов ESS проектируется именно длинноимпульсным, в отличие от аналогичных суперисточников в США и Японии.

Виктор Лазаревич Аксенов — признанный лидер нейтронографического научного сообщества России. В 1994 г. по его инициативе была образована государственная научно-техническая программа по нейтронным исследованиям вещества, которую он возглавлял до ее завершения. По его инициативе в 1994 г. Россия была принята в Европейскую ассоциацию по рассеянию нейтронов. Активное

участие в ней В. Л. Аксенова во многом способствовало международной интеграции наших ученых. Виктор Лазаревич инициировал и провел большую работу по организации вступления России в 1997 г. в Европейский центр нейтронных исследований — Институт им. Лауэ–Ланжевена в Гренобле (Франция), где он несколько лет представлял Россию в международном Ученом совете. В течение многих лет В. Л. Аксенов является членом Международного ученого совета Будапештского нейтронного центра. В настоящее время он является членом Национального комитета российских кристаллографов и членом комиссии по рассеянию нейтронов Международного союза кристаллографов. С 2004 г. по 2006 г. В. Л. Аксенов был первым президентом Российского нейтронографического общества.

Много внимания профессор В. Л. Аксенов уделяет работе с молодежью. В 1990 г. он организовал в Дубне филиал кафедры физики твердого тела Московского инженерно-физического института. В 2000 г. по его инициативе в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова была открыта первая в стране кафедра нейтронографии, которую он возглавляет. За прошедшие 17 лет более 100 выпускников МИФИ и МГУ стали специалистами в области нейтронографии, значительная часть из них в настоящее время является ведущими научными сотрудниками у нас в стране и за рубежом. Заслуженную славу снискали дубненские школы по использованию нейтронов и синхротронного излучения в исследованиях конденсированных сред, через которые прошли сотни студентов и аспирантов из многих университетов нашей страны.

Научные и организационные заслуги В. Л. Аксенова нашли также официальное признание. Он — лауреат Государственной премии РФ, награжден орденом Дружбы РФ и офицерским крестом ордена Республики Польша, является почетным членом физического общества им. Роланда Этвоша (Венгрия).

Виктора Лазаревича отличают высокая требовательность к себе и исключительная организованность. Деловитости в работе он ждет и требует от коллег и подчиненных. В то же время в общении с людьми он прост и располагает к сотрудничеству. Характерной его чертой является умение создавать благоприятную, дружескую атмосферу в коллективе. Виктор Лазаревич является для многих стержнем и опорой, которые создают стабильность и уверенность, заставляют творить и работать с повышенной энергией.

Редколлегия и редакция журнала сердечно поздравляют Виктора Лазаревича и желают ему крепкого здоровья, удачи, новых творческих достижений и многих лет плодотворной научной деятельности.

## ОСНОВНЫЕ ДАТЫ

- 1947 Родился 20 июня в г. Якутске Якутской АССР.
- 1963 Присвоен первый разряд по лыжному спорту.
- 1965 Окончил с золотой медалью среднюю школу № 64 г. Омска.
- 1965–1970 Студент физического факультета Томского государственного университета (ТГУ) в г. Томске.
- 1966 Выступление на университетской студенческой конференции ТГУ с докладом «Влияние примесей на колебательные спектры кристаллов».
- 1970 Прикомандированный студент-дипломник кафедры теоретической ядерной физики МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Дубне Московской области.
- 1970–1973 Аспирант Томского государственного университета, прикомандированный аспирант в Лаборатории теоретической физики (ЛТФ) Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне.
- 1973–1987 Работал в ЛТФ ОИЯИ младшим, старшим, ведущим научным сотрудником.
- 1974 Защитил кандидатскую диссертацию по теме «Термодинамика и устойчивость сильноангармонических кристаллов» (ТГУ, Томск, научный руководитель Н. М. Плакида).
- 1974 Присвоена квалификация кандидата в мастера спорта СССР по альпинизму.
- 1977–1979 Секретарь (не освобожденный) организации ВЛКСМ в ОИЯИ, член городского комитета ВЛКСМ (г. Дубна).
- 1978 Присвоена квалификация инструктора альпинизма.

- 1985 Защитил докторскую диссертацию по теме «Квантово-статистические модели в теории структурных фазовых переходов» (Математический институт им. В. А. Стеклова АН СССР, Москва).
- 1986–1987 Председатель (не освобожденный) Объединенного местного комитета профсоюзов в ОИЯИ.
- 1987–1989 Заместитель директора, и. о. директора Лаборатории нейтронной физики (ЛНФ) ОИЯИ.
- 1989–2000 Директор ЛНФ им. И. М. Франка ОИЯИ.
- С 1988 Заместитель главного редактора журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра» (ЭЧАЯ).
- 1989 Председатель оргкомитета Международного совещания по исследованиям высокотемпературных сверхпроводников (Дубна).
- 1990 Председатель оргкомитета VI Международной школы по нейтронной физике (Алушта).
- С 1991 Заместитель председателя диссертационного совета при ЛНФ им. И. М. Франка и Лаборатории ядерных реакций (ЛЯР) им. Г. Н. Флерова ОИЯИ.
- С 1991 Председатель и член программного комитета Национальной конференции по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния.
- 1991–2000 Профессор Московского государственного инженерно-физического института (МИФИ), по совместительству.
- 1994 Присвоено ученое звание профессора по кафедре физики твердого тела.
- 1994 Избран действительным членом Международной академии наук высшей школы (МАН ВШ).
- 1994–1998 Первый представитель России в Европейской ассоциации по рассеянию нейтронов.
- 1994–2002 Председатель Научного совета Государственной научно-технической программы «Нейтронные исследования вещества» при Министерстве науки и технической политики РФ.
- С 1995 Член редакционной коллегии журнала «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования».
- 1996 Награжден орденом Дружбы РФ и офицерским крестом ордена Республики Польша.
- 1996 Избран почетным доктором Международного университета природы, общества и человека «Дубна».

- 1996–2000 Член редколлегии международного журнала «Neutron Research».
- С 1996 Директор школ по современной нейтронографии и по использованию нейтронов и синхротронного излучения (Дубна).
- 1997 Награжден медалью «В память 850-летия Москвы».
- 1997–2001 Первый представитель России в Ученом совете Европейского нейтронного центра — Института им. М. Лауэ и П. Ланжевена (ИЛЛ) (Гренобль, Франция).
- 1998 Избран почетным членом физического общества им. Роланда Этвоша (Венгрия).
- С 1998 Член Национального комитета кристаллографов России.
- С 1999 Член Международного ученого совета Будапештского нейтронного центра.
- 2000 Государственная премия РФ в области науки и техники за разработку и реализацию новых методов структурной нейтронографии на импульсных и стационарных реакторах.
- С 2000 Заведующий кафедрой нейтронографии физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (по совместительству).
- 2001–2005 Начальник научно-экспериментального отдела физики конденсированных сред — научный руководитель реактора ИБР-2 ЛНФ им. И. М. Франка ОИЯИ.
- 2004–2006 Первый Президент Российского нейтронографического общества.
- С 2005 Член комиссии по рассеянию нейтронов Международного союза кристаллографов.
- С 2005 Заместитель главного редактора журнала «Кристаллография».
- С 2006 Первый заместитель директора РНЦ «Курчатовский институт» по научной работе.  
Научный руководитель Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ (по совместительству).

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД В ОИЯИ\*

*В. Л. Аксенов*

В ОИЯИ исследования конденсированных сред (различных форм вещества в твердом и жидком состоянии) традиционно развиваются по шести направлениям: теоретические исследования, рассеяние нейтронов и синхротронного излучения, мюонные исследования, радиационное воздействие облучений и физика низких температур. Главным образом эти исследования направлены на изучение новых явлений, которыми конденсированные среды, как системы с большим числом частиц, непрерывно снабжают естествознание. Речь идет именно о физических явлениях, а не просто о новых свойствах материалов, изучение которых тоже имеет большое значение для развития как физики, так и новых технологий и промышленности. Новые явления рождают новые представления и модели, которые часто находят применение в других областях, в том числе и при построении фундаментальных теорий. Классическим примером является использование в теории электрослабых взаимодействий Вайнберга–Салама идей Н. Н. Боголюбова, выдвинутых им при исследовании фазовых переходов с позиции спонтанного нарушения симметрии.

В дальнейшем для краткости мы будем говорить о физике конденсированных сред (ФКС), хотя при этом будем иметь в виду, что речь идет не только о физике твердых тел и жидкостей, но и об использовании физических методов в биологии, химии, материаловедении.

Принципиально важным для ФКС является использование экспериментальной техники ядерной физики. В каких-то случаях эти методы естественным образом распространились в ФКС, как это было с методом рассеяния нейтронов. В других случаях формирование новых методов шло в борьбе с «паразитными» эффектами, как это было с синхротронным излучением или с мюонным методом.

Но в результате сегодня невозможно представить развитие ФКС без использования ядерных реакторов и ускорителей.

На примере ОИЯИ можно проследить эту характерную для физики XX века эволюцию. Впервые о ФКС в ОИЯИ было сказано осенью 1958 года на совеща-

---

\* Объединенному институту ядерных исследований — 40 лет. Хроника. Воспоминания. Размышления. — Дубна: ОИЯИ, 1996. — С. 25.



нии стран-участниц, организованном с целью подготовки научной программы для строящегося в Дубне импульсного реактора периодического действия ИБР Лабораторией нейтронной физики, которую основал в 1957 году лауреат Нобелевской премии И. М. Франк и которой он руководил до 1988 года (ныне ЛНФ им. И. М. Франка). Реактор ИБР, проект которого был подготовлен в Физико-энергетическом институте (ФЭИ) в Обнинске под руководством Д.И. Блохинцева, предназначался для ядерной физики. Поэтому предложение польского физика Е. Яника включить в программу исследований задачи по ФКС первоначально не встретило одобрения. Только благодаря активной поддержке со стороны заместителя директора ЛНФ Ф.Л. Шапиро, который очень хорошо чувствовал единство физики и перспективу, предложение Е. Яника получило развитие.

23 июня 1960 г. ИБР был принят в эксплуатацию, однако оказалось, что его параметры отличаются от расчетных и не соответствуют требованиям ядерной физики. Поэтому готовящиеся эксперименты по ФКС оказались очень кстати. Использование ИБР в качестве размножающей мишени с микротроном (с 1964 г.) и затем с линейным ускорителем электронов (с 1969 г.) в качестве инжектора позволило создать один из лучших в мире источников нейтронов для ядерной физики. Однако джин уже был выпущен из бутылки — исследования по ФКС к тому времени получили известность. Дубна стала родиной не только реактора нового типа, но и родиной нового для нейтронной дифракции метода времени пролета.

Новые результаты по структуре и динамике твердых тел и жидкостей стали составной частью научного обоснования проекта нового реактора ИБР-2. Реактор ИБР-2, строительство которого началось в 1969 г., создавался уже как источник нейтронов для ядерной физики и ФКС. Однако обстоятельства сложились таким образом, что линейный индукционный ускоритель электронов, который должен был обеспечить бустерный режим на ИБР-2, реализовать не удалось. В результате ИБР-2 работает с 1984 г. в реакторном режиме и может эффективно использоваться только для ФКС.

Таким образом, случилось так, что ОИЯИ, двигаясь в направлении ядерной физики, в 1984 г. оказался обладателем самого высокопоточного импульсного источника нейтронов в мире для ФКС. Создание реактора ИБР-2, несомненно, явилось совместным достижением ОИЯИ и Министерства среднего машиностроения СССР (теперь Министерство РФ по атомной энергии). Кроме ОИЯИ и ФЭИ в строительстве пульсирующих реакторов в Дубне принимали участие целый ряд институтов и организаций мощной индустрии Средмаша. Можно утверждать, что создание пульсирующих реакторов является одним из ярких воплощений высочайшего потенциала ядерной науки и техники страны.

Отдавая должное большому коллективу руководителей разного ранга, теоретиков, разработчиков, проектировщиков, инженеров, рабочих и строителей, надо признать, что появлением реакторов нового типа в Дубне мы в значительной степени обязаны Д. И. Блохинцеву с его широтой взглядов, инженерной смелостью, способностью организовать дело и брать на себя ответственность. Дмитрий Иванович, будучи директором ОИЯИ и затем директором Лаборатории теоретичес-

кой физики, оставался научным руководителем и непосредственным участником всех работ по пульсирующим реакторам. После смерти Д. И. Блохинцева в 1979 г. научным руководителем реакторов стал И. М. Франк.

Пока строился реактор ИБР-2, в ЛНФ под руководством Ю. М. Останевича создавался современный комплекс спектрометров, позволивший проводить самые разнообразные исследования конденсированных сред. В создание приборной базы на реакторе ИБР-2 и становление научной программы основной вклад внесли физики Германии, Венгрии, Польши и России. В настоящее время каждый год проводится около двухсот экспериментов с участием физиков, биологов, химиков из научных центров стран-участниц и других стран. Принципиальное значение имело создание совместно с физиками ПИЯФ РАН (Гатчина) и Центра технических исследований Финляндии в 1990–1992 гг. фурье-дифрактометра высокого разрешения. Этот дифрактометр, позволяющий проводить измерения с практически предельным для кристаллографии пространственным разрешением, разрушил существовавшее предубеждение относительно ограниченности возможностей ИБР-2 для таких исследований. Успешное использование реактора ИБР-2 как импульсного источника с большой шириной нейтронного импульса (более 300 мкс), несомненно, повлияет на дальнейший процесс создания источников нейтронов в мире.

История с фурье-дифрактометром весьма любопытна. Попытки использования метода Фурье в нейтронной дифракции начались с 1968 г., но они не были успешными. В 1972 г. группа П. Хиисмяки (Финляндия) разработала математическое обоснование нового подхода, основанного на обратном методе времени пролета, и реализовала этот подход на маломощном реакторе в Хельсинки в 1975 г. и затем в 1984 г. на реакторе Ленинградского института ядерных исследований АН СССР (ныне ПИЯФ РАН) в Гатчине. Однако память о неудавшихся попытках в конце 60-х годов в известных центрах, таких как Брукхейвенская национальная лаборатория, служила психологическим барьером для распространения этого математически непростого, но потенциально очень эффективного метода.

В 1987 г. мы начали обсуждать возможность реализации метода на реакторе ИБР-2. Стало ясно, что метод полностью адекватен возможностям реактора, но стоимость проекта выглядела устрашающей — около 600 тыс. долларов США. О таких деньгах в ОИЯИ тогда (да в значительной мере и сегодня) можно было говорить только в связи с работами в ЦЕРН. В поисках финансирования я дошел через Комиссию ВПК при Совете Министров СССР до Отдела науки ЦК КПСС. Было принято соответствующее решение, но уже возможности некогда всесильного органа были не те, что раньше. Вопрос решился благодаря тому, что после объединения Германия в лице Министерства науки и технологий заключила соглашение с ОИЯИ о сотрудничестве по трем направлениям, одно из которых — исследование конденсированных сред на реакторе ИБР-2. Надо сказать, что своим взносом в 3 млн. немецких марок Германия сильно поддержала (если не сказать больше) весь ОИЯИ, поэтому использовать сразу большую сумму было непросто. Однако, благодаря пониманию важности дела директором ОИЯИ Д. Кишем и ад-

министративным директором Ю. Н. Денисовым, удалось довольно оперативно заключить контракты и реализовать проект. В результате ОИЯИ получил один из лучших в мире дифрактометров. В настоящее время многие нейтронные центры обсуждают возможности создания у себя подобных приборов.

Остановимся кратко на других направлениях. В конце 60-х годов в Лаборатории ядерных проблем на синхроциклотроне начал развиваться мюонный метод, в котором свойства вещества исследуются с помощью изучения деполяризации пучка положительных мюонов. Эти исследования были инициированы И. И. Гуревичем и Б. А. Никольским из Института атомной энергии им. И. В. Курчатова (ныне РНЦ КИ) и поддержаны директором Лаборатории ядерных проблем В. П. Желеповым. В секторе В. А. Жукова были созданы хорошие условия для проведения экспериментов. В результате Дубна довольно быстро стала известным в мире местом, где проводились исследования магнитных фазовых переходов, спиновых стекол, сверхпроводников. Признанным в мире достижением стало обнаружение в 1972 г. квантовой диффузии мюона в металлах. Во время остановки синхроциклотрона ЛЯП на реконструкцию группа РНЦ КИ–ЛЯП переместилась в ЛИЯФ АН СССР, где совместными усилиями была создана вторая в СССР установка для мюонных экспериментов.

Создание циклических электронных ускорителей в ОНМУ ОИЯИ привело к появлению в конце 70-х годов установки синхротронного излучения (СИ), на которой при поддержке начальника Отдела новых методов ускорения В. П. Саранцева группой С. И. Тютюнникова был проведен ряд исследований с помощью спектроскопии инфракрасного света, в том числе проблемы образования щели в спектре высокотемпературных сверхпроводников.

Возможности СИ в ФКС сравнимы с возможностями рассеяния нейтронов, а в ряде случаев превосходят их, поэтому последнее десятилетие характеризуется бурным ростом числа источников СИ в мире. Россия и другие страны-участницы ОИЯИ оказались несколько в стороне от этого процесса, что в ближайшем будущем может грозить серьезными проблемами в техническом развитии. Поэтому представляется весьма своевременной инициатива физиков Лаборатории сверхвысоких энергий по созданию на новом источнике СИ «Сибирь-2» в РНЦ КИ установки EXAFS для прецизионных структурных исследований, которая будет хорошим дополнением к спектрометрам на реакторе ИБР-2. В то же время развитие совместной программы нейтронных и синхротронных исследований может служить научной основой создания в Дубне источника СИ на базе накопителя позитронов с энергией 10 ГэВ, предложенного директором Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН А. Н. Скринским на сессии Ученого совета ОИЯИ, которая проходила в Смоленице (Словакия) в июне 1989 г. Реализация этого проекта позволила бы странам-участницам ОИЯИ преодолеть все возрастающую пропасть, разделяющую их и другие страны в области создания собственной экспериментальной базы для развития этого столь важного для современных технологий научного направления.

Наличие в ОИЯИ различных ускорителей позволило исследовать широкий круг задач радиационной физики. Особенно хорошие возможности сегодня дают ускорители Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова и синхрофазотрон Лаборатории высоких энергий. Одно из актуальных направлений связано с развитием радиобиологических исследований. Мне представляется, что каждый крупный ядерный центр должен иметь программу таких исследований и вносить свой вклад в научно обоснованную картину влияния излучений на живые организмы и окружающую среду. Естественно, что эта область всегда была в поле внимания руководства ОИЯИ. В 1978 г. по инициативе начальника отдела синхроциклотрона В. И. Данилова был организован сектор биологических исследований, руководителем которого был назначен В. И. Корогодин, ученик Н. В. Тимофеева-Ресовского. В 1986 г. сектор был преобразован в отдел биофизики ЛЯП, который по инициативе начальника этого отдела Е. А. Красавина в 1995 г. вошел в состав самостоятельного Отделения радиационных и радиобиологических исследований ОИЯИ. В настоящее время под руководством Е. А. Красавина в отделении осуществляется широкая программа исследований одной из основных проблем радиобиологии, связанной с влиянием малых доз облучений на индукцию мутаций в клетках живых организмов.

Ядерная физика тесно связана с физикой низких температур. Дубна получила широкую известность в данной области благодаря не только чисто физическим исследованиям, таким как исследования сверхтекучести с помощью рассеяния нейтронов или квантовой диффузии мюонным методом, но и ряду научно-технических достижений. В 1965 г. в ЛЯП Б. С. Неганов с сотрудниками предложил новый метод получения сверхнизких (до 5 мК) температур с помощью растворения  $^3\text{He}$  в  $^4\text{He}$ . В конце 60-х годов Ф. Л. Шапиро увлекся идеей измерения электромагнитных характеристик нейтрона с помощью сквида (сверхпроводящего интерференционного детектора). Для выполнения этой работы он взял молодого сотрудника ИАЭ им. И. В. Курчатова Б. В. Васильева, который в 1972 г. сделал первый в Советском Союзе сквид. Впоследствии сквиды были использованы для исследований по ФКС. Высокий научный уровень криогенного отдела ЛВЭ, организованного А. Г. Зельдовичем, обеспечил создание уникальных сверхпроводящих магнитов для нуклотрона, что явилось заметным достижением прикладной сверхпроводимости в странах-участницах, открывающим новые перспективы при создании ускорителей.

Необходимо отметить большое значение для развития ФКС в ОИЯИ исследований, проводимых в Лаборатории теоретической физики. Работы Николая Николаевича Боголюбова и таких известных теоретиков, как С. В. Тябликов, Д. Н. Зубарев, Н. М. Плакида, во многом определили статус ФКС в ОИЯИ и в мире.

Надо сказать, что Николай Николаевич недолюбливал реакторы ввиду их потенциальной опасности. Как-то я пришел к нему с докладом о делах лаборатории (по-видимому, это было в начале 1988 г.). На сообщение о плановой профилактической остановке реакторов он отреагировал: «Вот и хорошо, сделайте, чтобы

профилактика была подольше». В то же время Николай Николаевич понимал важную роль нейтронов, особенно в ФКС, и всячески поддерживал эти исследования.

Итак, к концу 70-х годов физика конденсированных сред заняла свое место в научных планах практически всех лабораторий ОИЯИ. В это время создавалась Программа развития Института до 2000 года. В ней ФКС уже фигурировала как отдельное научное направление наряду с физикой элементарных частиц и физикой атомного ядра.

Любопытен эпизод окончательного оформления ФКС как самостоятельного направления. Перестройка политической системы в странах-участницах отразилась на ОИЯИ в попытке его реорганизации в 1987 г. В частности, вместо секций Ученого совета по физике высоких и низких энергий были образованы научно-координационные советы (НКС) по направлениям. Руководил этим процессом вице-директор М. С. Гмитро. Он никак не мог решить, куда приписать ФКС: с одной стороны, это направление уже было записано в Программе до 2000 года, а с другой — не хотелось нарушать стройные ряды ядерной физики. Последний вариант состоял во включении тематики ФКС в НКС по теоретической физике. Меня в то время назначили заместителем директора ЛНФ, так что я уже непосредственно был причастен к программе ОИЯИ по ФКС. Поэтому меня более или менее держали в курсе реформаторских идей. К счастью, Мариан Степанович Гмитро сообщил мне о последней идее насчет ФКС еще вечером, накануне заседания секции Ученого совета, на которой принималось решение об учреждении научно-координационных советов.

Утром на заседании члены Ученого совета Н. Кроо (Венгрия), К. Хенниг (ГДР), работавшие ранее заместителями директора ЛНФ, и Е. Яник проявили активный интерес к положению дел с ФКС в ОИЯИ, и по их инициативе, после моего доклада, был образован отдельный НКС по физике конденсированных сред. Кстати, я считаю, что этот процесс реорганизации Ученого совета и его консультативных органов, начатый при Н. Н. Боголюбове и продолженный при Д. Кише, завершился весьма успешно уже после избрания директором ОИЯИ В. Г. Кадышевского. Можно сказать, что сегодня мы имеем эти органы в виде, вполне адекватном времени и статусу международного научного центра.

Новый этап развития ФКС в ОИЯИ начался в 1987 г., когда, вскоре после открытия высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), в СССР, как и во многих странах, была открыта специальная государственная программа. Председателем Научного совета по ВТСП был назначен председатель Совета Министров СССР Н. И. Рыжков, заместителем — президент АН СССР Г. И. Марчук, ответственным за выполнение программы был вице-президент АН СССР Ю. А. Осипьян. Такая же программа была открыта в ряде министерств. В Министерстве атомной энергетики и промышленности СССР соответствующий совет возглавлял министр В. Ф. Коновалов, ответственным за выполнение программы был директор Отделения сверхпроводимости и физики твердого тела ИАЭ им. И. В. Курчатова Н. А. Черноплеков.

В ОИЯИ уже существовала база для комплексных исследований новой физической проблемы, поэтому была открыта общеинститутская тема, которая объединила все группы, работающие по ФКС. В становлении новой темы мне и Н. М. Плакиде, как ее руководителям, большую помощь оказал Н. Н. Боголюбов. Он с большим интересом включился в теоретические исследования механизмов ВТСП, и уже на первую международную конференцию в 1988 г. мы втроем подготовили приглашенный доклад, в котором была предложена ангармоническая модель, описывающая повышение сверхпроводящего перехода за счет структурных аномалий кристаллической решетки. Работать с Николаем Николаевичем и как с ученым, и как с директором было очень интересно. Образование общеинститутской темы сыграло важную роль для организации физиков и инженеров, работающих в области ФКС, в научное сообщество, которое уже в состоянии создавать лучшие условия для проведения исследований и поддерживать его членов.

Государственная программа СССР по ВТСП помогла нам не только в научном плане, но и материально. Это была первая национальная программа за всю историю ОИЯИ, в которую были включены исследования, проводимые в Дубне, причем со значительной финансовой поддержкой, помимо вноса СССР, а затем России. Правда, мне пришлось приложить определенные усилия, чтобы убедить Ю. А. Осипьяна и Н. А. Черноплекова в необходимости этой поддержки. К счастью, оба проявили заботу о науке, а не о групповых интересах.

Программа ОИЯИ по ВТСП развивалась довольно успешно. В 1988 г. появилась возможность организовать при ОИЯИ за счет внебюджетных средств международный центр по ВТСП и тем самым расширить научные и финансовые возможности ОИЯИ для исследований по ФКС. Однако Ученый совет проявил осторожность и не принял это предложение. В определенном смысле в этом решении отразилась приверженность стран-участниц к традиционной тематике, связанной с физикой высоких энергий и ядерной физикой. В то же время до сих пор в ОИЯИ далеко не в полной мере используются уже существующие возможности уникального реактора ИБР-2 и комплекса ускорителей для ФКС. В этом проявляется общий недостаток старой системы (от которой мы ушли очень недалеко), когда тратятся большие средства на создание базы, которая потом не используется в полной мере. Вместо этого создаются новые и новые объекты. В этой ситуации, особенно в условиях весьма скромного бюджета, необходимо было искать дополнительные средства.

В июне 1989 г. мы провели в Дубне Международный семинар по ВТСП. Его тематическая направленность — использование ядерных методов — была выбрана абсолютно правильно. Во-первых, к тому времени уже появилось огромное количество экспериментальных данных и нужны были встречи специалистов по отдельным направлениям. Во-вторых, ядерные методы, особенно рассеяние нейтронов, сыграли особую роль в ВТСП. Идея семинара была поддержана Н. Н. Боголюбовым и автором открытия ВТСП, лауреатом Нобелевской премии К. А. Мюллером. В результате в Дубне собрались все ведущие специалисты.

Своим успехом семинар во многом был обязан большой работе программного комитета, которым руководил хорошо известный в мире физик-теоретик Ю. М. Каган (ИАЭ им. И. В. Курчатова).

Участие в семинаре большого числа известных физиков Запада привлекло к нему также немало представителей школы Л. Д. Ландау, которые до этого сторонились Дубны. Как-то во время прогулки между заседаниями мы обсуждали программу семинара с А. А. Абрикосовым, который в то время был директором Института физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина АН СССР. Алексей Алексеевич очень ругал многих участников за то, что они ничего не понимают в сверхпроводимости. Я его убеждал в том, что задача присутствующих здесь экспериментаторов — качественно выполнять эксперименты и совершенствовать методику. А вот постановка задач и интерпретация экспериментов должны проводиться под руководством и при участии специалистов-твердотельщиков. Эти обсуждения мы продолжили через полгода в Бакуриани во время школы, которую регулярно проводили Научный совет АН СССР по физике низких температур, Институт физических проблем АН СССР и Институт физики Академии наук Грузии (обычно в феврале, во время горнолыжного сезона). По окончании школы мы ехали вместе в Тбилиси и по дороге договорились организовать комиссию АН СССР по использованию ядерно-физических методов в ФКС при Отделении общей физики и астрономии. А. А. Абрикосов убедил бюро Отделения в необходимости координации в этой области. Бюро утвердило комиссию и назначило ее председателем А. А. Абрикосова. В довольно трудный для ОИЯИ период перемен в России эта комиссия и бюро ООФА АН СССР оказали определенную поддержку своими обращениями к полномочным представителям стран-участниц. Кроме этого, в рамках комиссии началась подготовка отдельной программы по нейтронным исследованиям.

Первый вариант этой программы был подготовлен в начале 1992 г. Программа составлялась в Дубне при активном участии ведущих нейтронных центров: ПИЯФ РАН, РНЦ КИ, ИФМ УрО РАН, МИФИ. Первоначально она представлялась как программа по нейтронной физике с включением всех ее разделов и источников нейтронов. В Министерстве науки и технической политики РФ идею программы поддержали заместитель министра И. М. Бортник и начальник управления приоритетных направлений фундаментальных исследований В. В. Румянцев, она была также согласована с вице-президентом РАН А. Ф. Андреевым. Однако вскоре И. М. Бортник перешел на другую работу, и процесс согласований сильно замедлился. Дело сдвинулось только к концу 1993 г., чему помогли директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский и вице-директор А. Н. Сисакян. К этому времени программа была уже многократно переписана и сокращена, так что, когда вышел приказ министра Б. Г. Салтыкова в марте 1994 г. о моем назначении руководителем Межотраслевой научно-технической программы «Нейтронные исследования вещества», в ней сохранились только методы и исследования конденсированных сред. Через год она была переведена в разряд государственных научно-технических

ких программ России и вошла в состав объединенной Государственной программы «Актуальные направления в физике конденсированных сред».

Надо сказать, что программа существенно поддержала нейтронные исследования в России. Дело не только в финансовой поддержке — возникла организационная структура для этих исследований, что не менее важно в современных условиях, особенно для проведения работ на больших установках. Благодаря этой программе в ОИЯИ удалось организовать систему пользователей, полностью аналогичную развитым в ведущих европейских центрах, и тем самым открыть исследователям стран-участниц ОИЯИ и других стран широкий доступ к реактору ИБР-2.

Программа активно интегрирована в международную кооперацию, через нее, и в значительной мере через ОИЯИ, осуществляется международное сотрудничество. Так, ОИЯИ стал официальным членом Международной коллаборации перспективных источников нейтронов, Россия принята наблюдателем в Европейскую ассоциацию нейтронного рассеяния, в настоящее время идет процесс подготовки участия России как страны-участницы в Европейском центре нейтронных исследований — Институте им. Лауэ–Ланжевена в Гренобле (Франция).

Во время Международного семинара по ВТСП в 1989 г. было в принципе решено еще одно важное дело. В то время обсуждалось создание при ОИЯИ Учебно-научного центра с участием МГУ и МИФИ. С МГУ переговоры вела С. П. Иванова (ныне директор УНЦ при ОИЯИ), а с МИФИ этот вопрос я обсуждал еще раньше, в связи с подготовкой молодых специалистов. С проректором МИФИ по научной работе А. С. Александровым нас связывала совместная работа в области ВТСП, он привлек к этому делу декана факультета теоретической и экспериментальной физики В. Н. Беляева. Окончательно мы обсудили этот вопрос, когда они оба приехали в Дубну на семинар. Однако все оказалось не так просто. Тот, кто сталкивался с организацией новых кафедр, знает, что это такое. Помогло то, что В. Н. Беляев был в то время председателем Комиссии по образованию Верховного Совета СССР. Он и обеспечил подписание в январе 1991 г. приказа Государственного комитета СССР по народному образованию и Министерства атомной энергетики и промышленности СССР об утверждении МГУ и МИФИ вузами целевой подготовки специалистов для предприятий МАЭП СССР и организации при ОИЯИ специализированной подготовки студентов МГУ и МИФИ. Дополнительно к традиционным для ОИЯИ специальностям, подготовка по которым проводилась с 1962 г. на базе филиала НИИЯФ МГУ, добавились ядерно-физические исследования конденсированных сред и высокотемпературной сверхпроводимости, а также радиационная биология. По этим двум специальностям были открыты филиалы соответствующих кафедр МИФИ за счет дополнительных ставок. Этот приказ и послужил основанием для открытия УНЦ при ОИЯИ в 1991 г.

Для создания перспективы научному направлению образование кафедры физики конденсированных сред в УНЦ ОИЯИ имело большое значение. Пришлось, конечно, довольно много времени потратить на подбор преподавателей, со-



ставление учебных программ и т. д. Однако результат уже начинает сказываться. Приток молодых людей, получивших специальное «твердотельное» образование, уже ощущается при формировании программы исследований по физике конденсированных сред в ОИЯИ.

Итак, в год 40-летия Объединенного института ядерных исследований можно утверждать, что благодаря широте кругозора людей, заложивших основы ОИЯИ, в Дубне сформировано и успешно развивается научное направление — исследование конденсированных сред ядерными методами.

## НЕКОТОРЫЕ ЭПИЗОДЫ ОБЩЕНИЯ С Ю. М. ОСТАНЕВИЧЕМ\*

*В. Л. Аксенов*

*Жизни быстротечные моменты —  
Как вы парадоксами богаты...  
(студенческая песня)*

Человеческая жизнь в ее эмпирическом восприятии — процесс непрерывный. Однако память фиксирует образы других людей через какие-то эпизоды или моменты общения — важные в то время или ставшие важными позже по каким-то причинам. В результате образ другого человека для нас — это наше в нем отражение, и поэтому любые воспоминания о ком-то с неизбежностью превращаются в дискретные воспоминания о своей собственной жизни. Интересно, что значимость отдельных эпизодов для нас самих вовсе не определяется их исторической весомостью. Я расскажу о двух совершенно разных по своей «серьезности» эпизодах общения с Ю. М. Останевичем, эпизодах, которые по различным причинам в последние годы время от времени всплывают в моей памяти.

С Юрием Мечиславовичем мы начали общаться в 1977 году, когда он предложил мне прочитать лекцию на очередной Школе по нейтронной физике в Алуште, что я и сделал в апреле 1978 года. Насколько я помню, И. М. Франк был не очень доволен, я же сам своей лекцией очень гордился и был признателен Юрию Мечиславовичу за привлечение меня к школе. Во-первых, Крым весной — это, несомненно, сказка. И на этом фоне две недели научных дискуссий и общения с коллегами просто приятны. Кроме этого, можно было отчитаться перед начальством. В. Г. Соловьев, заместитель директора ЛТФ, постоянно требовал от нас участия в формировании научной программы для строящегося реактора ИБР-2. Мы с моим научным руководителем Н. М. Плакидой очень старались и даже написали вместе с С. Стаменковичем из Института ядерных исследований им. Б. Кидрича в Белграде монографию «Рассеяние нейтронов сегнетоэлектрика-

---

\* Юрий Мечиславович Останевич. Ученый. Учитель. Друг: К 65-летию со дня рождения / Сост. А. М. Балагуров, В. Г. Симкин. — Дубна: ОИЯИ, 2002. — С. 40.

ми». Однако, по-моему, особого толка от наших стараний не было. Как я теперь понимаю, не могло быть в силу нашей полной принадлежности к теоретической физике, может быть, даже больше к математической физике. Так или иначе, с тех пор я стал постоянным участником этих школ и был свидетелем, с какой тщательностью Ю. М. Останевич формировал программу. По существу, это была его школа в части физики конденсированного состояния.

В 1979 году А. Н. Сисакян, который был тогда ученым секретарем ОИЯИ, пригласил меня в эксперты по проблемно-тематическому плану (ПТП). Я стал курировать работы по физике конденсированных сред в ОИЯИ и, стало быть, реактор ИБР-2 и отдел физики конденсированных сред ЛНФ. В результате мы начали регулярно встречаться с Ю. М. Останевичем. Наша разница в годах, 11 лет, тогда для меня казалась очень большой, и я относился к Юрию Мечиславовичу с большим почтением уже только поэтому. Однако возраст, конечно, был только внешним фоном. Юрий Мечиславович был человеком основательным, серьезным и довольно твердым. Он производил впечатление человека неразговорчивого и даже немного мрачноватого. Но на самом деле это оказалось не так. Начиная с обсуждения ПТП, мы довольно быстро переходили на общие темы по физике и философии, обычно наши беседы затягивались и проходили довольно живо. Так что в результате у меня осталось впечатление о Юрии Мечиславовиче как о человеке доброжелательном, остроумном и разговорчивом. По крайней мере, к 1987 г. я довольно хорошо ориентировался в научной проблематике ЛНФ.

Последнее обстоятельство сыграло определенную роль в том, что дирекция Института, возглавляемая Н. Н. Боголюбовым, решила направить меня заместителем к И. М. Франку. Эта идея возникла в начале осени 1986 года, незадолго до очередной алуштинской школы. Начала реализовываться она весной 1987 года. И это был весьма драматический процесс. И. М. Франк хотел, чтобы эту должность занял Ю. М. Останевич. Но при этом он хотел, чтобы это произошло как-то само собой: ни Николаю Николаевичу, ни мне он определенно об этом не сказал. Более того, в общении со мной он как бы и поддерживал меня. Дальше пошел некоторый затяжной процесс, который уже начал раздражать Николая Николаевича. Готовилось общественное обсуждение в ЛНФ, а он к такого рода акциям относился скептически. Я же просил Николая Николаевича не подписывать приказ о назначении, втайне надеясь на то, что проголосуют за Останевича, и как-то все обойдется без меня. В общем, надо сказать, относился к этому делу довольно легкомысленно.

И вот в конце мая 1987 года состоялось собрание коллектива ЛНФ, на котором за Ю. М. Останевича проголосовало 20 %. Для меня это было довольно неожиданно. Я не мог себе представить, чтобы человек, отдавший себя полностью лаборатории и составлявший ее суть, человек, который, по существу, заложил основы современной экспериментальной базы на реакторе ИБР-2 и исследований конденсированных сред с помощью нейтронов в Дубне, фактически не получил поддержки коллектива. Тем более что она носила чисто моральный характер, потому что к тому времени приказ о моем назначении уже был подписан и на нем не

было только даты. Теперь я уже отношусь к такого рода вещам совсем по-другому и очень хорошо понимаю и Н. Н. Боголюбова, и И. М. Франка. Но тогда мне было довольно грустно, и на душе остался горький осадок еще и оттого, что я был причастен к этой несправедливости.

В дальнейшем наши отношения, казалось, не изменились, но стали глубже и серьезнее. Мы не были друзьями. Я ни разу при его жизни не был у него дома, а он у меня. В то же время я постоянно ощущал неафишируемую поддержку. Я всегда знал, что могу опереться на него в серьезных делах.

Другой эпизод связан с нашей поездкой в Гренобль на международную конференцию по рассеянию нейтронов в августе 1988 года. Поездка была достаточно напряженная. Останевича до этого довольно долго не выпускали за границу (не помню, вообще или в капиталистические страны), и он немного нервничал. Началось все с того, что нам не дали визу. Юрий Мечиславович думал, что это из-за него, переживал. Оказалось, что это просто нерасторопность чиновников, но прибыли мы на конференцию на день позже. Мы сразу погрузились в работу конференции, времени не хватало. И вот, в последний день мы шли по городу, было жарко. Юрий Мечиславович говорит: «Больше всего на свете мне сейчас хочется пива». При этом и у меня самого были такие же ощущения. И вдруг — пивная. Но круговорот конференции и служебное рвение не позволили мне остановиться даже на четверть часа. Юрий Мечиславович решил не оставлять меня, но было видно, насколько это было ему тяжело. У меня осталось ощущение, что я послужил причиной, может быть, и не самого главного, но сильного огорчения Юрия Мечиславовича, а себя лишил приятной беседы и неспешного общения с умным и мудрым человеком.

Поэтому, когда я бываю в Гренобле, я всегда захожу в эту пивную на площади Хуберта Дубедо. Все, кто бывал в Гренобле, знают эту площадь на берегу реки Изер перед мостом Порт де Франс. Здесь я сижу с пивом, смотрю на Бастилию, вспоминаю наш первый приезд в этот замечательный город и думаю о том, что теперь бы я не поступил, как в тот раз.

## ЧЕЛОВЕК ЯРКИЙ, ТВОРЧЕСКИЙ\* (О Диме Корнееве)

*В. Л. Аксенов*

В моем восприятии Дима был человеком ярким, творческим. Его интересовало в науке все новое. В жизни у него также была активная позиция. Таких в наше время называли беспартийными коммунистами. Дима был открыт для всех, он не жалел своего времени на разговоры с людьми о науке, о жизни. Дима оставил крупные научно-технические результаты: спин-флиппер Корнеева, спектрометр поляризованных нейтронов СПН и рефлектометр РЕФЛЕКС. Кроме того, остался нереализованным ряд интересных задумок. Дима все время изобретал что-то новое.

Спектр его интересов был очень широк, о чем я могу судить хотя бы по тем проблемам, которые он обсуждал со мной. В 1970-х гг. мы с Димой провели довольно много обсуждений эксперимента по измерению электрического дипольного момента нейтрона с помощью переворота спина нейтрона на доменных стенках в сегнетоэлектриках. Мы тогда в ЛТФ занимались теорией сегнетоэлектричества.

В 1992 г. у нас с Димой состоялось замечательное путешествие в США. В течение двух недель мы дважды пересекли Америку с Запада на Восток, посетив все нейтронные центры. Никогда не забуду, как мы в огромном пересадочном аэропорту Денвера искали место, чтобы выкурить по сигарете. Уже тогда начался этот ужас с запретом курения в аэропортах. В конце концов, мы нашли какую-то дверь на улицу, вышли, и она закрылась... На обратном пути мы останавливались у его друга в Нью-Йорке, который работал в ООН.

Главной целью нашего путешествия был Оптический конгресс, где мы докладывали о новом рефлектометре РЕФЛЕКС. Дима придумал систему расщепления пучка для повышения потока нейтронов на образце. Реализацию этого проекта на 9-м канале реактора ИБР-2 заканчивал В. И. Боднарчук уже после смерти Димы.

---

\* Дмитрий Анатольевич Корнеев: К 60-летию со дня рождения / Под общ. ред. А. М. Балагурова. Сост. Н. С. Кавалерова, А. М. Балагуров. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — С. 17.

Познакомились мы с Димой в 1970 г., когда я приехал в Дубну студентом-дипломником. Дима в это время уже работал стажером в ЛНФ. Мы оказались в одной компании, ядром которой были аспиранты выдающегося дубненского теоретика — Г. В. Ефимова. Были среди его учеников и томики — Валера Алебастров, Олег Могилевский, Миша Рутенберг, благодаря которым я и попал в Дубну. Это были годы расцвета Дубны, которая тогда, несомненно, была столицей физики на территории СССР. Это был островок заграницы во всем — по уровню науки и по уровню жизни. Естественно, что этот островок притягивал активную молодежь. Важную роль в этом играл филиал НИИЯФ МГУ, в котором и собирались студенты старших курсов из многих городов СССР. В нашей компании были ребята из различных университетов. Насколько я помню, к Диме наиболее близкими были Шура Пак из Алма-Аты и Сережа Геворкян из Еревана. Располагались мы в двух общежитиях: ОИЯИ (Ленинградская, 10) и МГУ (Ленинградская, 14). Объединение на такой небольшой территории разных, как говорили тогда, национальных землячеств, служило объективной причиной весьма частых вечеринок. Жили весело. При этом постоянное общение давало возможность быть в курсе актуальных научных задач в разных лабораториях. Постоянно возникали темы для обсуждений и совместных работ. Так что реально мы с Димой начали работать вместе задолго до моего перехода в ЛНФ в 1987 г.

Наши отношения всегда были дружескими, мы помогали друг другу. Для меня поддержка Димы всегда была очень важна — он работал в отделе физики конденсированных сред с первого дня его образования в 1972 г. и был одним из основных его сотрудников. Однако, когда долго живешь, да еще среди людей активных и творческих, с неизбежностью возникают конфликтные ситуации. Не удалось и нам с Димой обойти их.

В начале 90-х годов Дима начал создание рефлектометра РЕФЛЕКС. Через некоторое время на его первой установке — спектрометре поляризованных нейтронов СПН, возник конфликт интересов. Мы провели с Димой довольно много вечеров, выкурив не знаю сколько пачек сигарет, пока я убедил его сосредоточиться на РЕФЛЕКСе, оставить руководство СПН, сохранив на нем свою научную работу. Он согласился, мы оформили разделение его группы на две. Однако через какое-то время любовь к своему детищу у Димы возобладала, и тогда возник конфликт с Димой уже у меня как директора. В результате Дима был отстранен от СПН полностью. Внешне все было спокойно, но обида осталась. СПН получил хорошее развитие, на его основе в 2003 г. был создан один из лучших в мире рефлектометров поляризованных нейтронов — РЕМУР, на котором реализуется прекрасная научная программа. В то же время меня до сих пор преследует какая-то неудовлетворенность и чувство вины перед Димой.

Недавно я нашел научное объяснение этой ситуации. Я случайно познакомился с теорией контролируемой конфронтации В.А.Левефре из Калифорнийского университета в Ирвайне. Эта теория основана на понятии «двух этических систем». Первая: человек поднимается в собственных глазах, когда идет на «жертвенный компромисс»; вторая: человек поднимается в собственных глазах, когда идет

на «жертвенную конфронтацию». Первая система строится на запретах, вторая на предписаниях. Характерным представителем первой системы является американская культура, второй системы — советская. Вспомните типичные лозунги «Люби Родину», «Будь хорошим товарищем» и т. д. Так вот, в описанном выше конфликте на СПН обе стороны действовали в рамках советской этической системы жертвенной конфронтации. Я интуитивно пытался действовать по схеме управляемой конфронтации, т. е. снизить уровень взаимонеприятия без попыток принудить стороны подписать какой-то идеологически глобальный документ о полном мире, дружбе и т. п. Но тогда я не знал всей этой науки, а своего ума и терпения не хватило. В результате я подобно современной американской администрации пошел по пути «бюрократической разрядки напряженности», в результате чего конфликт был подавлен, но не разрешен.

В конце концов, и на СПН (РЕМУР) и на РЕФЛЕКСе все наладилось, появились другие проблемы, которые отодвинули наш конфликт в прошлое. В том числе довольно непростой процесс смены директора ЛНФ в 1998–2000 гг. В этом Дима, конечно же, принимал самое активное участие. Он предлагал, как мне позже стало ясно, правильный вариант. А потом наступила болезнь Димы и все стало по-другому.

Диму всегда интересовало изготовление нейтроноводов. В наших условиях это дело непростое. Тем не менее эта деятельность была поддержана, особенно в последний год жизни Димы. Были выделены средства, работа активизировалась. Мне казалось, что это как-то поддерживало Диму.

## РОССИЯ — СТРАНА-УЧАСТНИЦА ИЛЛ!\*

*14 ноября 1996 г. в рамках Соглашения между Министерством Российской Федерации по атомной энергии и Комиссариатом по атомной энергии Франции о научно-техническом сотрудничестве на базе Института имени Макса фон Лауэ – Поля Ланжевена (ИЛЛ) состоялось подписание контракта на поставку высокообогащенного урана в ИЛЛ. В результате наша страна стала полноправной участницей этого Европейского нейтронного исследовательского центра. Членом Ученого совета, очередное заседание которого состоялось 10–11 апреля 1997 г., от России избран директор Лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка В. Л. Аксенов. Мы попросили Виктора Лазаревича подробнее рассказать об этом институте и значении вступления в него России.*

Институт был образован Францией и Германией в 1967 году с целью создания интенсивного источника нейтронов для исследования свойств материи. Его создание было поддержано лауреатом Нобелевской премии Л. Неелем и профессором Г. Майером-Лейбницем. Уже в 1972 году был принят в эксплуатацию самый мощный в мире высокопоточный исследовательский ядерный реактор (его мощность 58 МВт). В 1973 году к странам-основательницам присоединилась Великобритания, позже — Испания, Швейцария, Австрия, теперь Россия, а в 1997 году — Италия. Взносы трех стран-основательниц (основных членов ИЛЛ) составляют большую часть бюджета института, а совокупный вклад вступивших позже стран (научных членов) составляет 5,46 процента. В 1996 году полный бюджет института составил 347,3 млн. франков (около 50 млн. долларов).

Научные члены могут выбрать одну из трех категорий: члены первой категории должны внести 8 млн. франков в год, второй — 12 млн., третьей — 20 млн. Из стран — научных членов одна Швейцария имеет вторую категорию, остальные, включая Россию, — первую. (Надо заметить, что взнос России в ИЛЛ идет в счет ее поставок обогащенного урана для реактора института. Контракт о поставках подписан на 9 лет.) Категория определяет степень использования оборудования и возможностей института. Так, по времени работы на реакторе первая категория

\* Еженедельник ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс», № 19 (3358) от 21 мая 1997 года.



имеет 2,1, вторая — 3,5, третья — 6,6 процента. Институт предоставляет места аспирантам — научные члены имеют одно место.

Различие в статусе проявляется и в том, что в Комитет управляющих входят по три представителя от основных членов, а научные члены являются наблюдателями. В Ученом совете основные члены представлены тремя, а научные — одним членом совета, но все они имеют решающий голос.

#### ***Как представлена Россия в органах управления ИЛЛ?***

В Комитете управляющих Россию представляет заместитель департамента международных связей Минатома России Г. Ф. Нефедов, на следующем уровне — одно место в Ученом совете. В подкомитетах Ученого совета, члены которых отбирают предложения на эксперименты, Россию представляют директор ПИЯФ РАН В. А. Назаренко (подкомитет по фундаментальной и ядерной физике) и директор РИЦ «Курчатовский институт» А. Ю. Румянцев (подкомитет структуры и магнитного возбуждения).

#### ***Что представляет собой программа научных исследований института?***

По своей научной программе ИЛЛ не является моноинститутом, как можно было бы предположить. Имея одну базовую установку, институт проводит исследования в разных областях науки — это фундаментальная ядерная физика, физика конденсированных сред, кристаллография, биология, химия, материаловедение, инженерные науки. В научную программу вовлечено большое количество исследователей. Например, в 1996 году было выполнено 800 экспериментов, в проведении которых участвовало 1500 ученых из 31 страны.

Популярность использования нейтронов в различных областях естествознания обусловлена целым рядом его специфических особенностей. Так, тепловые нейтроны, как нейтральные частицы, имеют довольно большую глубину проникновения в вещество, но при этом их взаимодействие с веществом достаточно слабое. Это позволяет исследовать в объеме такие свойства вещества, как структура и динамика элементарных возбуждений на микроскопическом уровне. Кроме этого, у нейтрона имеется собственный магнитный момент, который позволяет изучать магнитные свойства вещества.

Сегодня нейтроны используются главным образом для исследований свойств конденсированных сред. Но в то же время они остаются весьма эффективным инструментом для изучения атомных ядер и фундаментальных взаимодействий в них.

#### ***Какая инструментальная база обеспечивает эти исследования?***

Весь диапазон научных исследований обеспечивают 42 прибора и 6 тестовых каналов для наладки новых приборов. Постоянный штат института составляют 398 сотрудников: 248 — из Франции, 64 — из Германии, 54 — из Великобритании, 32 — из других стран.

Использование всех приборов зависит от финансирования, а в последние годы его объемы везде сокращаются. ИЛЛ вынужден был пойти на сокращение

числа эксплуатируемых приборов — в настоящее время из бюджета финансируется эксплуатация лишь 27 и разработка 1 прибора. Остальные сначала были выведены из эксплуатации, а сейчас финансируются другими институтами. При этом из бюджета ИЛЛ на оборудование расходуется 9,3 процента, по статье «электроэнергия, материалы, инфраструктура» — 18,3 процента, на заработную плату — более 52 процентов, остальное — обеспечение работы реактора. Для сравнения, в ОИЯИ по годовому отчету 1996 года затраты на электроэнергию составляли 6 процентов, на инфраструктуру — 29 процентов, зарплата составляла 31 процент.

### ***Каким образом организуются эксперименты?***

Предложения на эксперименты принимаются от всех желающих два раза в год. Они проходят рецензирование Ученым советом с помощью его 8 подкомитетов. Члены подкомитетов в течение месяца рецензируют предложения заочно, затем происходит обсуждение на заседании подкомитета перед заседанием Ученого совета. Ученый совет утверждает отобранные эксперименты.

В 1996 году было представлено 1000 предложений на экспертизу, из которых было принято 700 (обеспеченных из бюджета ИЛЛ). В принципе такая же система организации экспериментов введена в последние годы и на реакторе ИБР-2.

### ***Как Вы оцениваете значение вступления в ИЛЛ для научных исследований в России и ОИЯИ?***

Это событие имеет и чисто научное значение, и научно-политическое. Для ученых нашего института и России — это возможность использовать в своих исследованиях лучший источник нейтронов в мире, возможность работать на физических приборах самого высокого уровня, созданных учеными многих стран по самым последним идеям. Появилась еще одна возможность для наших ученых работать вместе с ведущими физиками всего мира. По статусу России наши физики получили возможность работать в постоянном штате ИЛЛ.

Научно-политический характер вступления в том, что это один из немногих примеров, когда российские ученые приняты в международный центр на равноправных условиях. В том же ИЛЛ по уставу предложения на эксперименты принимаются бесплатно от стран-участниц, а остальные желающие должны платить. Для российских физиков это нереально или означает отказ от авторства исследований. Поэтому факт вступления важен для формирования самосознания наших ученых. Мы должны искренне поблагодарить Минатом России за это большое дело для российской науки.

Процесс вступления России поддерживался и в самом ИЛЛ, так как уровень наших физиков в этих областях исследований достаточно высок. К тому же в последние годы российские ученые потоком хлынули в Европу, и в некотором регулировании этого процесса она явно заинтересована.

В поданных от России на последнем Ученом совете предложениях на эксперименты суммарное требуемое время использования реактора составило 6,6 процента, хотя по статусу нам отводится 2,1 процента. Это говорит о наличии потреб-

ности у российских исследователей в источниках нейтронов. К тому же теперь результаты экспериментов, проводимых на реакторе ИЛЛ, основное содержание которых обеспечивают российские ученые, принадлежат и России.

Физики российских физических центров и Дубны начали активно пользоваться реактором ИЛЛ. Так, по заявкам на эксперименты на этот год по ядерной физике подано 8 предложений от институтов Минатома России, РАН, ОИЯИ и РНЦ «Курчатовский институт». По исследованиям конденсированных сред подано 37 предложений, из них институты РАН участвуют в 16 экспериментах, ОИЯИ — 13, МГУ — 6, РНЦ КИ — 4, Санкт-Петербургский ГУ — 4. Частично такой интерес связан с тем, что российские физики ощущают трудности с работой реактора ИБР-2 и начинают ориентироваться на реактор ИЛЛ.

***Участвля в Ученом совете ИЛЛ, заметили ли Вы его какие-то особенности, характерные черты?***

Во-первых, явственно ощущается обстановка сотрудничества Ученого совета и дирекции ИЛЛ, проявляющаяся в том, что Ученый совет достаточно критически, очень активно и заинтересованно обсуждает все материалы по повестке дня. Во-вторых, заметна независимость Ученого совета в хорошем плане — председатель Ученого совета избирается из членов совета, представляющих страны — основные члены ИЛЛ. В-третьих, дирекция ИЛЛ заинтересована в независимой экспертизе, решениях Ученого совета и в своей практической деятельности следует этим решениям. Ученый совет высказывает свое суждение по всем научным и техническим вопросам деятельности ИЛЛ, а также по персональной политике в научном и техническом секторе.

***Не боитесь ли Вы возникшей конкуренции со столь сильным соперником?***

Конечно, некая конкуренция для ИБР-2 появилась, но это даже хорошо. Любая конкуренция способствует развитию, и теперь мы в организации работы ИБР-2 будем больше ориентироваться на ИЛЛ, давая возможность российским физикам подготовиться к работе на ИЛЛ. Это возможно, поскольку ИБР-2 — источник того же класса, что и реактор ИЛЛ, но уступающий по количеству экспериментальных станций (дифрактометры, спектрометры) и в целом по обеспеченности. Хотя некоторые наши экспериментальные станции превосходят лучшие экспериментальные станции в ИЛЛ, притом что бюджет ИЛЛ в два раза превосходит весь бюджет ОИЯИ.

## ПРОРЫВ НА НЕЙТРОННЫХ РУБЕЖАХ\*

А. Чуба

*Приоритетные методы исследований, которые развивают ученые Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка Объединенного института ядерных исследований в Дубне, выдвинуты на соискание Государственной премии 1999 года в области науки и техники.*

### Критическая масса

Бюро пропусков Объединенного института ядерных исследований в Дубне ежегодно выдает разрешение на вход примерно тысяче командированных сюда специалистов. Минувя проходную, часть этого потока сворачивает к корпусам Лаборатории нейтронной физики, носящей имя И. М. Франка — лауреата Нобелевской премии по физике, академика, руководившего лабораторией со дня ее образования в 1957 г. и до 1989 г. Как и должно быть, большинство приезжающих — исследователи из российских и зарубежных научных центров, которых влечет возможность изучить (а если повезет — открыть новые физические явления с помощью установленного здесь уникального оборудования). Ученые знают, что без экспериментов, обеспеченных потенциалом таких признанных НИИ, как лаборатории ОИЯИ, их исследования вряд ли станут заметным вкладом в науку.

Между тем все чаще к подобным выводам приходят и практики. Самые сообразительные и предусмотрительные из них понимают, что только сотрудничество с высокой наукой может принести делу настоящий успех.

...Ответственная деталь ломается в самый неподходящий момент, не выдерживая длительных нагрузок. Традиционные методы исследований не могут выявить ни внешних, ни глубинных причин разрушения. Попытки упрочнить уязвимое место всеми известными способами, сделать деталь из других сплавов, придумать что-то еще — эффекта не дают. Не лучше дела и у конкурентов, бьющихся над аналогичной задачей. Но вот за дело взялись элементарные частицы, прошедшие «курс обучения» в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, и все встало на

\* Поиск. № 11 (513). 1999. С. 11–12. Спецвыпуск подготовил Александр Чуба.

места. Вездесущие нейтроны, проникнув в глубь изделия (не навредив ему при этом), «проверили» расположение атомов и молекул химических элементов, связи и расстояния между ними, отметили многие другие особенности материала, и, покинув его, «доложили» обо всем разведанном специалистам. Тем уже не составляло большого труда уяснить, где и что не так, а после этого найти способ повысить прочность изделия. Вскоре на зависть конкурентам на рынке появилось надежное (благодаря обновленной детали), пользующееся огромным спросом у потребителей устройство.

Этот, идиллически-схематический, но в общем точный пример дает представление лишь о малой доле возможностей, которые открывают перед специалистами разных профессий (и исследователями, и практиками) методы нейтронной спектроскопии, разработанные учеными лабораториями. Главная цель — проведение фундаментальных исследований, суть которых состоит в изучении новых явлений и установлении новых закономерностей. Однако при этом все большее значение придается исследованиям, стимулированным практическими приложениями. По заказам научно-исследовательских институтов, учреждений и предприятий здесь выполняют работы в интересах экологии, медицины, биологии, геологии, промышленности, многих других отраслей науки и практики. Всего проводится около 300 экспериментов в год, но сотрудники лаборатории считают, что к уникальным установкам могут получить доступ еще больше пользователей, чему они будут только рады. Это притом, что все исследования проводятся бесплатно.

Зачем им это все нужно, удивляется, наверное, читатель, вспоминая сентенцию, заканчивающуюся словами «это все равно, что микроскопом гвозди забивать». На это прежде всего можно ответить, что большинство «микроскопов», которыми пользуются ученые ЛНФ, вовсе не оставляют впечатления хрупкости. Это установки под стать промышленным. Осматривая, например, основной исследовательский инструмент лаборатории – импульсный источник нейтронов ИБР-2 – пришлось топать и топать по ступенькам и переходам с этажа на этаж... Но это к слову. Суть же ответа на вопрос можно свести к другой, достаточно тривиальной истине: «Теория мертва без практики». (Впрочем, крайние слова можно поменять местами). Известно, что эти две краеугольные основы человеческого бытия прогрессируют лишь в том случае, когда подпитывают друг друга. И лучше, чтобы они были равноценны. Тогда, соединив две половины, можно получить своего рода критическую массу, в которой произойдут процессы, сопровождающиеся бурным выделением энергии в виде новых идей и разработок.

В нашем случае, по свидетельству ученых, они накопили довольно много знаний собственно о нейтроне, его свойствах и возможностях. Применение этих знаний при изучении структуры кристаллов, свойств твердых тел и жидкостей позволило создать новые приборы и установки, методы исследований. Теперь уже они нуждаются в подпитывающей «половинке», значительная часть которой формируется из экспериментов, поставляемых прикладной наукой и практикой.

Словом, в лаборатории заинтересованы в пополнении рядов тех, кто хочет воспользоваться суперсовременными методами исследований и оборудованием, и, как уже говорилось, готовы предоставлять эти услуги бесплатно. Здесь нет альтруизма: эксперимент — составная часть исследований. Другое дело, что заявка на эксперимент должна пройти экспертизу и быть одобрена научным комитетом, в который входят ученые разных стран. Это тоже объяснимо: некоторые из сторонних заказов вполне могут быть выполнены с применением менее дорогих методов анализа, другие — пройденный этап, они не дадут развитию нейтронных исследований того ускорения, которое до сих пор обеспечивало России приоритет в этой области.

Работы мирового уровня ведутся учеными ЛНФ в тесной увязке с работами их коллег из ведущих российских и зарубежных научных центров и в рамках Государственной научно-технической программы России «Актуальные направления в физике конденсированных сред», научный совет которой по направлению «Нейтронные исследования» возглавляет директор лаборатории доктор физико-математических наук, профессор Виктор Аксенов.

Это, как говаривали в старину, присказка. Сказка, естественно, впереди.

### **На ближних подступах**

Для начала нелишне повторить (или уяснить) несколько моментов из курса физики.

Первое. Нейтроны — это элементарные частицы. Именно они вместе с протонами образуют ядра атомов. Нейтроны не имеют ни положительного, ни отрицательного заряда и благодаря этому (и некоторым другим, более сложным для неискушенного восприятия свойствам), оказавшись в «свободном полете», легко проникают в глубь вещества и даже пронизывают его, после чего оказываются «под завязку» загруженными полезной информацией.

Второе. Нейтроны, как правило, сами не летают. (Есть редкие исключения, которые здесь можно не принимать во внимание.) Чтобы освободить их от крепких уз атомного ядра и послать в разведку с необходимой для исследователя скоростью, нужны специальные установки: реакторы и ускорители. Если ускорители в большинстве своем чисто научные машины, то реакторы четко делятся на энергетические и исследовательские. Первые устанавливаются на АЭС и судах-атомоходах, вторые — в НИИ (иногда в вузах).

И третье. Нейтроны не только сами не летают, но и сами ничего не рассказывают. Да, промчавшись через исследуемое вещество, они становятся носителями информации, но ее еще надо получить. Это не так просто, ибо, как известно, увидеть элементарную частицу воочию нет никакой возможности. К счастью, можно запечатлеть ее следы, подобные тем, которые остаются на чистом небе от реактивного самолета. Для регистрации и анализа этих следов на пути потока нейтронов ставят «ловушки»: известные и вновь создаваемые детекторы.

Теперь все по порядку. Нейтронные исследования ведут свое начало практически с того момента, когда в 1932 году ученик Э. Резерфорда английский физик Дж. Чедвик открыл эту электрически нейтральную частицу. Необычные свойства нейтрона, возможности, которые они открывали, сделали этого представителя микромира любимым объектом и инструментом исследований ученых. В первую очередь — в области ядерной физики, толчок современному развитию которой, собственно говоря, и дало открытие нейтрона.

От сотрудников западных научных центров, развернувших интенсивные исследования с применением этой частицы, уже в те годы не отставали отечественные ученые. Новое научное направление обогатили работы Д. Иваненко, И. Курчатова, Я. Зельдовича, Ю. Харитона, К. Петржака, Г. Флерова и др., внесших существенный вклад в создание научных основ физики ядерных реакторов. Всего через четыре года после пуска в США первого в мире ядерного реактора вошел в строй в 1946 году в теперешнем Курчатовском институте первый советский.

К этому времени окончательно оформился интерес ученых к исследованиям вещества с помощью нейтрона. Метод оказался одним из самых многообещающих — и для выявления неизвестных свойств материалов, и для изучения новых физических явлений. Пионерами в этой области стали ученые из Северной Америки Б. Брокхауз и К. Шалл, которым за вклад в «развитие методов рассеяния нейтронов для изучения вещества в конденсированном состоянии» в 1947–1960 годах была присуждена Нобелевская премия 1994 года.

## **Наступление цепью**

Объединенный институт ядерных исследований, создававшийся прежде всего как центр по изучению физики элементарных частиц и атомного ядра, тоже довольно скоро включил в свои планы исследование твердых тел и жидкостей (общее название — «конденсированные среды»), не забывая, впрочем, и о работах по основной тематике. Поскольку главным действующим лицом этих исследований был нейтрон, то и основная забота о развитии нового направления легла на плечи сотрудников Лаборатории нейтронной физики. Главными «идеологами» этих работ были в те годы И. Франк и его ученик член-корреспондент АН СССР Ф. Шапиро.

Первая их заслуга — точное попадание в цель при выборе метода исследований, позволившее ЛНФ в считанные годы «обойти на повороте» многие группы ученых, работающих в этой области. Они отдали предпочтение методу, позволяющему получать информацию, анализируя время пролета нейтрона до и после попадания в образец вещества.

Метод оказался сущим кладом. Но это стало ясно позже и во многом как раз благодаря усилиям ученых Лаборатории нейтронной физики.

*Директор ЛНФ им. И. М. Франка ОИЯИ профессор В. Аксенов. Что было вначале? Сведения о методе, известном с 1935 года и представлявшемся перспективным, но практически не освоенном. Его суть состоит в точном измерении времени, в течение которого нейтрон летит от источника до образца и затем — от образца до детектора. По времени пролета можно вычислить энергию нейтрона, по энергии — длину его волны и другие характеристики, которые позволяют получить представление о новых физических явлениях и свойствах исследуемого вещества. Дальше было очевидно, что его применение требует установок, «выдающих» потоки нейтронов порциями (импульсами) — для точной фиксации времени их вылета. Первый в мире такой импульсный реактор периодического действия — импульсный быстрый реактор ИБР (детище первого директора ОИЯИ члена-корреспондента АН СССР Д. И. Блохинцева) был построен в ОИЯИ в 1960 г., что и позволило развить метод времени пролета для структурных исследований. И, наконец, проблема расшифровки и анализа информации, добытой частицами. Испытанные методы и устройства не годились. Новое требует нового. Без этого не будет ни открытий, ни просто движения вперед. Поэтому надо было подумать и о создании таких способов обработки полученных данных, которые бы еще больше раскрыли возможности нейтрона.*

#### **Полезные акценты**

Как и многие наукограды, Дубна не избежала проблем, связанных с привлечением молодежи в науку. И все же у нее есть некоторые преимущества. Живописные окрестности с красивой и тихой в этих местах Волгой, деловая многопрофильность города, способствующая его гармоничному развитию, создают предпосылки для того, чтобы не только удержать, но и привлечь сюда молодых людей. Многие из тех, кто работает сегодня в лабораториях всемирно известного Объединенного института ядерных исследований, заканчивали свое образование в филиале физического факультета МГУ, обосновавшегося в Дубне с 1961 года. В продолжение традиций в прошлом году на базе филиала НИИ ядерной физики МГУ в Дубне образован Межфакультетский центр МГУ «Строение вещества и новые материалы». Здесь «свили гнездо» и другие московские вузы: ежегодно на базе ОИЯИ учатся десятки студентов. Московский государственный инженерно-физический институт открыл в ОИЯИ филиал кафедры физики твердого тела, которая базируется в ЛНФ. За восемь лет существования филиала кафедры лаборатория пополнилась 30 ее выпускниками.

В этом, пожалуй, самое главное: учеными ЛНФ была поставлена и решена триединая задача. Потому что ни перспективный метод нейтронных исследований, ни уникальные импульсные реакторы, ни новое поколение дифрактометров, разработанных учеными лаборатории, сами по себе не смогли бы внести такой вклад в развитие и престиж отечественной науки, какой обеспечила спаянная из них исследовательская цепь.

Распространенные современные методы изучения вещества, например, с помощью рентгеновских лучей, используют явление дифракции (когерентное рас-



сеяние) волн и созданное на его основе многочисленное семейство дифрактометров. Существует и нейтронная дифрактометрия, а для выбранного учеными ЛНФ метода исследований они создали новую ее разновидность — времяпролетную дифрактометрию.

***В. Аксенов.** Эксперименты по времяпролетной дифрактометрии на реакторе ИБР были начаты в 1962 году и, по существу, оказались первыми в мире реальными экспериментами в этой области, доказавшими работоспособность и перспективность подхода. Появившиеся в 1963 году первые публикации о результатах, полученных в Дубне, зафиксировали дату и место рождения времяпролетной нейтронной дифрактометрии. В это же время попытка постановки дифракционного эксперимента по времени пролета была предпринята в Институте ядерных исследований в Сверке (Польша) на стационарном реакторе, однако его мощности явно не хватало для полноценной реализации метода. Исследования, выполненные в ЛНФ, подтвердили многие из предсказывавшихся достоинств этого метода, прежде всего — большую скорость набора информации, фиксированную геометрию рассеяния и возможность измерения трехмерных дифракционных спектров.*

Метод стал быстро распространяться в мире. В 1964 году времяпролетный дифрактометр был установлен в одной из лабораторий Дании на стационарном реакторе с прерывателем потока частиц. Более удачным оказалось использование этого вида дифрактометров с импульсными источниками нейтронов на базе электронных ускорителей: в 1966 году в США, в 1968 — в Японии, в 1969 — в Великобритании.

Однако полностью возможности времяпролетной дифрактометрии начали реализовываться в начале 80-х годов, когда появилось новое поколение высокопоточных импульсных источников нейтронов, в том числе пульсирующий реактор ИБР-2 в Дубне (1984 год).

***В. Аксенов.** Реактор ИБР-2 — самый высокопоточный импульсный источник нейтронов в мире. Значительное, почти 100-кратное увеличение потока нейтронов, которое по сравнению с предшественниками обеспечивала эта мощная машина, позволило развернуть широкую программу исследований. Вскоре после пуска ИБР-2 на нем была выполнена серия впечатляющих экспериментов, позволившая получить ценную информацию о процессах, которые при тех или иных условиях проходят, скажем, в сверхпроводниках, о структурных и иных особенностях монокристаллов новых соединений и материалов.*

### Полезные акценты

Ежегодно на ректоре ИБР-2 специалисты почти 30 стран мира выполняют сотни экспериментов. Около 30 процентов полезного (пучкового) времени занимают исследования ученых ЛНФ, примерно 35 отдается в распоряжение других отечественных организаций. Вполне понятно, что время на уникальном и дорогостоящем оборудовании должно использоваться полностью и с наибольшей отдачей.

Поэтому сотрудники лаборатории активно проводят в жизнь «политику пользователей» — открывают доступ к своим установкам широкому кругу специалистов из НИИ и промышленных предприятий. Все, кто заинтересован в исследованиях с использованием реактора ИБР-2, могут подать заявки, предварительно узнав условия по т. 65-096 (код 09-621, из Москвы 8-221).

Одним словом, в Дубне появился единственный в своем роде и до сих пор не превзойденный по оригинальности конструкторских решений и другим параметрам исследовательский реактор мирового класса. Он открыл новые перспективы перед методом времепролетной нейтронографии, который благодаря ему пережил свое второе рождение. Времяпролетными дифрактометрами стали оснащаться созданные к тому времени высокопоточные импульсные источники нейтронов на базе протонных ускорителей в Японии, США, Великобритании. Пополнялся арсенал новых приборов и вокруг реактора ИБР-2. В частности, в содружестве (давно ставшем регулярным) с учеными из РНЦ «Курчатовский институт» успешно реализован проект в одном из важнейших и перспективных направлений во времепролетной дифрактометрии, связанном с использованием высоких давлений при структурных исследованиях.

***В. Аксенов.** Ведущими специалистами в мире в этой области являются физики из Института физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина РАН и Российского научного центра «Курчатовский институт». В РНЦ КИ были развиты методы исследования вещества при высоких давлениях на основе сочетания техники монокристалльных наковален и светосильных низкофоновых систем регистрации нейтронов. На стационарном реакторе ИР-8 в РНЦ КИ был достигнут рекордный диапазон давлений (30 и 37 ГПа) при нейтронографических исследованиях моно- и поликристаллов. До этого такие давления за рубежом достигались с помощью многотонных прессов. Использование монокристалльных наковален позволяет проводить исследования очень малого количества вещества (объемом до 0,01 мм<sup>3</sup>), что значительно расширяет возможности изучения монокристаллов новых соединений и материалов. Совместно с РНЦ КИ на реакторе ИБР-2 создан уникальный дифрактометр ДН-12 для исследований при сверхвысоких, до 20 ГПа, давлениях. В настоящее время это самый светосильный дифрактометр в мире для изучения микрообразцов.*

Прибору из рода дифрактометров, но совершенно необычному, суждено было сыграть особую роль в этой истории.

### **Догонять придется другим**

В том же самом 1984 году, когда в строй действующих встал реактор ИБР-2, в Ленинградском институте ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР (ныне ПИЯФ РАН) был создан так называемый фурье-дифрактометр для работы на стационарном реакторе в Гатчине. (Приставка в названии устройства идет от

фамилии известного французского ученого XIX века Ж. Фурье, кстати, иностранного почетного члена Петербургской академии наук). Новый дифрактометр, принцип действия которого основывался на оригинальной идее (получившей название обратного метода времени полета), предложенной в середине 70-х годов физиками из Центра технических исследований в Финляндии, стал настоящим подарком для естествоиспытателей. Первые же поставленные с его применением эксперименты по изучению структур новых материалов дали поразительные результаты. Появилась и возможность реального использования метода времени пролета на стационарном реакторе.

Однако вскоре стало ясно, что наиболее подходящая пара, в которой новый дифрактометр сможет проявить все свои способности, — реактор ИБР-2. В 1989 году Лаборатория нейтронной физики имени И. М. Франка в содружестве с ЛИЯФ АН СССР и Центром технических исследований Финляндии приступила к созданию фурье-дифрактометра высокого разрешения (ФДВР) и в 1992 — успешно завершила его. В этом же году в Дубне состоялся международный семинар по структурным исследованиям, посвященный запуску ФДВР.

***В. Аксенов:** Объективные данные свидетельствуют, что ФДВР — один из четырех лучших в мире нейтронных дифрактометров, а по некоторым своим возможностям — единственный. Но главное в том, что он открыл совершенно новые перспективы перед реактором ИБР-2 и фактически вывел его в число лучших источников нейтронов в мире. Этот тандем (вкуче с комплексом других современных приборов) обеспечивает такой широкий спектр, глубину и качество исследований, какие во многих случаях не удастся достигнуть никакими иными известными способами. Результаты, полученные в нашей лаборатории, повлияли на политику дальнейшего развития нейтронных исследований. В ведущих научных центрах мира начинают работать над проектами дифрактометров, подобных ФДВР, и задумываются о возможности создания источников нейтронов с длинным импульсом типа ИБР-2.*

Пройден более чем 30-летний путь разработки и реализации новых идей в структурной нейтронографии, а сегодня метод времяпролетной дифрактометрии благодаря в первую очередь работам ученых Лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка получил широкое распространение и в нашей стране, и за рубежом. Только за последние 15 лет (после создания ИБР-2) выполнено около 800 работ с использованием этого метода, позволивших получить выдающиеся результаты в области фундаментальных знаний, в интересах прикладной науки и различных отраслей хозяйства. О многих достоинствах нового метода и вкладе в его развитие российских ученых подробно говорили в Институте кристаллографии РАН участники общественного обсуждения цикла работ «Разработка и реализация новых методов структурной нейтронографии по времени пролета с использованием импульсных и стационарных реакторов», выдвинутого на соискание Государственной премии РФ 1999 года в области науки и техники. В числе авторов этих работ, кроме исследователей из Дубны, ученые ПИЯФ РАН и РНЦ «Курчатовский институт».

**И. Любутин, зам. директора Института кристаллографии РАН, профессор.** Авторы работ развили новое направление в кристаллографии. И что важно — сделали то, что не всегда удается — довели научную идею до «железа»: создали целое поколение уникальных дифрактометров и массу других технических новинок. Мало того — получили десятки выдающихся научных результатов по оригинальным методикам. Причем известно, что их сделано больше, чем представлено в работах.

**О. Крохин, директор Физического института РАН, член-корреспондент РАН.** Нашими коллегами вскрыт мощный пласт физики, связанный со структурными исследованиями. Нейтронщики нашего института успешно используют в своих исследованиях разработки и устройства, созданные учеными Дубны, которые они сами удачно применяют.

### Полезные акценты

ОИЯИ — институт, «запрограммированный», в первую очередь, на международное сотрудничество, не последнюю роль отводит и контактам с российскими коллегами. Соавторами своих успехов ученые Лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка называют сотрудников Петербургского института ядерной физики РАН, РИЦ «Курчатовский институт», Института физики металлов УрО РАН, МИФИ, МГУ им. М. В. Ломоносова, ряда организаций Министерства РФ по атомной энергии и многих других научных центров России.

Особая роль в развитии нейтронных исследований в последнее десятилетие принадлежит Министерству науки и технологий РФ.

Из зарубежных контактов самые крепкие и активно развивающиеся — с коллегами из Германии, Венгрии, Великобритании, Голландии, Франции. Многое дает участие в работе Европейской нейтронной ассоциации, новые возможности для сотрудничества появились после того, как Россия в 1996 году стала членом Международного центра нейтронных исследований — Института имени Лауэ–Ланжевена в Гренобле. В 1997 году в Лаборатории Леона–Бриллюэна (Сакле, Франция) вступил в эксплуатацию созданный по российско-французскому проекту дифрактометр, что позволяет нашим ученым проводить эксперименты на одном из лучших исследовательских реакторов Европы.

**А. Румянцев, директор РИЦ «Курчатовский институт», член-корреспондент РАН.** При том состоянии, в котором находится сегодня наша страна и ее наука, мы не можем догонять, мы должны сразу быть впереди. Это как раз то, что сделали ученые Дубны и их соавторы по исследованиям. Именно их работы определяют состояние и уровень времяпролетной нейтронной дифрактометрии в мире. Основа, которую они заложили этими работами, на десятилетия обеспечит получение перспективных результатов в области физики конденсированного состояния вещества.

## **НЕЙТРОННАЯ ОТМЫЧКА К ТАЙНАМ ПРИРОДЫ\*** **Новые возможности в структурных исследованиях современных материалов**

*Е. Антипов, Ю. Третьяков*

Прогресс во многих областях науки и техники напрямую связан либо с открытием необычных свойств у уже известных материалов, либо с появлением новых химических соединений. Яркий пример, известный в том числе и неспециалистам, — открытие в конце 80-х годов целого семейства соединений, в которых состояние сверхпроводимости, то есть отсутствие сопротивления электрическому току, возникает при довольно высоких температурах.

Совсем свежий пример — открытие оксидных соединений, в которых реализуется эффект магнетосопротивления. Суть эффекта состоит в том, что электрическое сопротивление вещества изменяется во много тысяч раз при наложении на него сравнительно несильного магнитного поля.

С точки зрения фундаментальной науки необходимый этап перед практическим применением новых материалов — их полноценное изучение физическими и химическими методами. На одном из первых мест в ряду этих методов стоит определение структуры вещества с помощью дифракции рентгеновских лучей или нейтронов. Рентгеновский структурный анализ, возникший в начале нашего столетия, давно уже превратился в обязательную процедуру исследования химических соединений. Для применения нейтронного структурного анализа или, как этот метод обычно называют в России, структурной нейтронографии нужны источники нейтронов, поэтому естественно, что его применяют только в тех случаях, когда структурную задачу трудно или даже невозможно решить с помощью рентгеновских лучей.

Нейтроннографические исследования ведутся на мощных источниках нейтронов (ядерных исследовательских реакторах постоянного или импульсного действия и нейтронных источниках на базе ускорителей). Это дорогостоящие со-

---

\* Независимая газета. № 5. Май. 1999. С. 7.

Юрий Дмитриевич Третьяков — академик.

Евгений Викторович Антипов — доктор химических наук, профессор.

оружения, требующие значительных средств для эксплуатации. К счастью для наших исследователей, в России все еще существуют работоспособные источники нейтронов и к тому же оснащенные современным парком спектрометров. Это, прежде всего, уникальный импульсный источник нейтронов ИБР-2 в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне, стационарные реакторы в Российском научном центре «Курчатовский институт» в Москве и в Петербургском институте ядерной физики РАН в Гатчине.

Наиболее современный из них — импульсный быстрый реактор ИБР-2, который работает в Дубне в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка с 1984 г. Но до сих пор это самый интенсивный источник нейтронов в мире.

Роль российских ученых в появлении новых методик нейтронографического эксперимента была и остается очень высокой. Именно в Дубне, в начале 60-х годов, после создания там первого в мире импульсного реактора, удалось выполнить первые реальные эксперименты с использованием так называемого метода времени пролета. В этом методе распределение нейтронов по энергиям происходит с помощью измерения времени, которое потребовалось нейтрону для пролета расстояния между источником нейтронов и детектором. Несмотря на то, что, как правило, эти времена составляют несколько миллисекунд, современная техника



Импульсный быстрый реактор ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка Объединенного института ядерных исследований — самый интенсивный источник нейтронов в мире

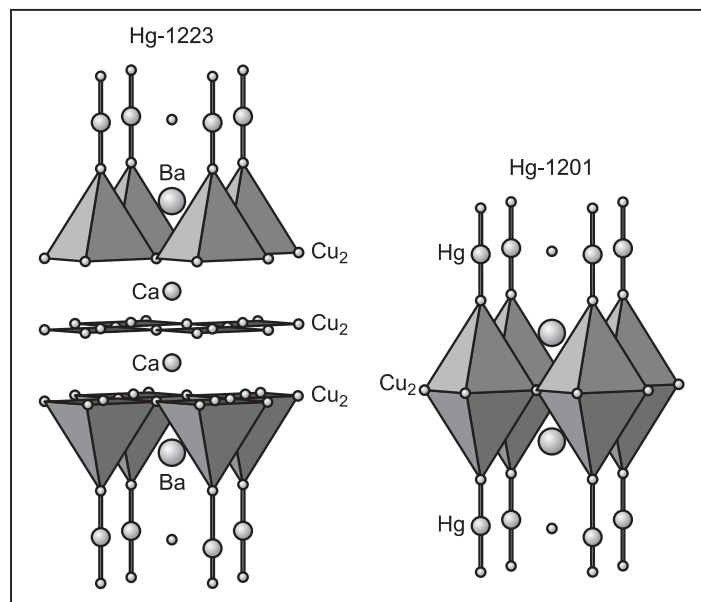
позволяет провести их надежное и достаточно точное измерение. В настоящее время этот метод стал основным при проведении структурных экспериментов на импульсных источниках нейтронов.

В 80-х годах российские физики сделали еще один шаг принципиального значения в развитии этого метода. Сначала на реакторе в Гатчине, а затем на реакторе ИБР-2 в Дубне были созданы установки, получившие название «фурье-дифрактометры высокого разрешения». По своим основным характеристикам, светосиле и разрешающей способности эти установки входят в число лучших в мире нейтронных дифрактометров. Особенно это относится к дифрактометру в Дубне, который сразу задумывался как прибор, рассчитанный на рекордное разрешение. Несколько лет, прошедших с момента ввода фурье-дифрактометра в Дубне в эксплуатацию, полностью подтвердили исходные предположения. Действительно, удалось создать установку, которая позволяет российским ученым, занимающимся проблемами структуры кристаллов, решать эти задачи на самом высоком уровне.

В качестве примера того, как структурные проблемы, возникающие при создании новых материалов, решаются с помощью нейтронографии, можно привести выполненные в течение нескольких последних лет исследования высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), основанных на соединениях ртути. Этот пример интересен еще и тем, что открытие ртутных сверхпроводников — один из случаев, когда российские химики (сотрудники химического факультета МГУ) осуществили синтез нового материала первыми в мире, и более того, лидирующее положение российских ученых в изучении ртутных сверхпроводников сохраняется до сих пор.

Наличие в ртутных ВТСП очень тяжелых элементов сильно затрудняло изучение их структуры с помощью рентгеновских лучей. Дело в том, что основные вопросы касались роли кислорода в формировании сверхпроводящих свойств, а он был практически невидим на фоне ртути и бария. Поскольку во взаимодействии нейтронов с ядрами атомов не существует никакой регулярности при переходе от атома к атому, легкий атом кислорода является для нейтронов также хорошо видимым, как барий и ртуть. Проведенная в Дубне серия экспериментов с ртутными ВТСП, включавшая измерения дифракционных спектров при разных температурах и давлениях от образцов, содержащих разное количество кислорода, позволила дать ответ сразу на несколько принципиальных вопросов. Прежде всего — при каком количестве кислорода температура перехода в сверхпроводящее состояние будет максимальной.

Весьма интересную и важную для теории сверхпроводимости информацию удалось получить в нейтронографических исследованиях ртутных образцов, в которых часть кислорода была заменена на фтор. Разная валентность кислорода и фтора требует их разного количества для образования сверхпроводника с примерно равными температурами перехода. Прецизионная структурная информация, полученная на нейтронном фурье-дифрактометре в Дубне, позволила сделать



Структуры высокотемпературных сверхпроводников на основе соединений ртути, выявленные методом нейтрографии

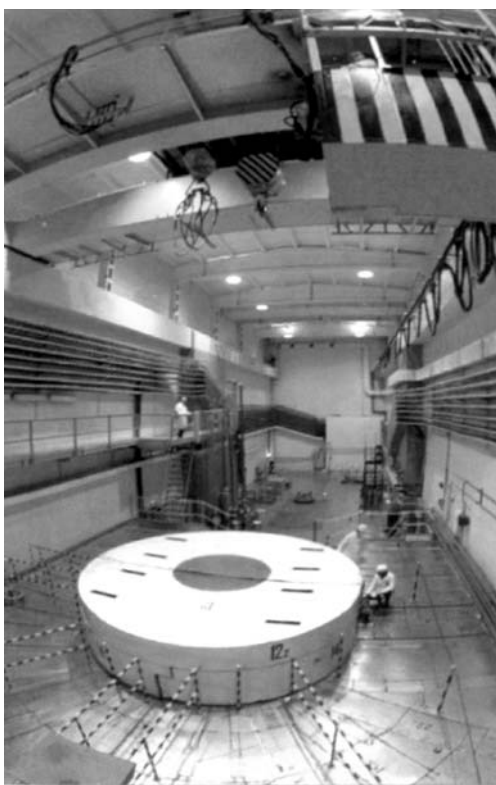
выводы относительно механизма формирования сверхпроводящих свойств ртутных соединений.

Нет сомнений в том, что объем требуемых практикой структурных нейтронографических исследований будет возрастать. Поэтому значение развитых и реализованных в ведущих нейтронных центрах нашей страны методов структурной нейтрографии по времени пролета, которые уже показали себя как выдающиеся достижения российской науки, также будет возрастать по мере развития наук о новых материалах.



## ЯДЕРНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР\*

*Доктор физико-математических наук В. Л. АКСЕНОВ,  
начальник отдела нейтронных исследований  
конденсированных сред Объединенного института  
ядерных исследований (Дубна),  
научный руководитель реактора ИБР-2*



Общий вид зала самого высокопоточного в мире импульсного источника нейтронов — реактора ИБР-2

XX в. стал столетием физики, которая тогда значительно расширила знания человечества об окружающем мире и создала базу для научно-технической революции. Но на рубеже тысячелетий интересы ученых стали смещаться в область наук о жизни и Земле. На первый план выходят проблемы биологии, медицины, охраны окружающей среды, фундаментального материаловедения (особенно в плане создания новых конструкционных материалов) и т. д. Однако определенная смена ориентиров исследований не означает, что физика теряет статус авангарда естественно-научных дисциплин. Более того, разные специалисты все больший интерес проявляют к использованию уникальных физических приборов: ускорителей частиц, ядерных реакторов, больших телескопов, прессов высокого давления и т. д. К подобным, так называемым крупным, установкам относится и находящийся в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) исследовательский ядерный импульсный быстрый реактор ИБР-2.

\* Наука в России. 2002. № 6. С. 26–31.

## Что век грядущий нам готовит?

В 1960 г. в Дубне запустили первый в мире пульсирующий ядерный реактор — ИБР. Успешная работа ИБР и его модификаций стимулировала появление в середине 60-х годов новых проектов аналогичных установок в США, Италии, Японии, СССР. Однако на практике реализовали только один из них — ИБР-2, опять-таки в Дубне (принят в эксплуатацию 10 февраля 1984 г.). Этому во многом способствовал уникальный опыт применения подобных систем, находившихся под патронажем Министерства среднего машиностроения (ныне Министерство РФ по атомной энергии — Минатом), в самом ОИЯИ и в Физико-энергетическом институте им. А. И. Лейпунского (Обнинск).

Реактор ИБР-2 разработали в Научно-исследовательском конструкторском институте энерготехники (главный конструктор академик Н. А. Доллежал), проектные работы выполнил Государственный специализированный проектный институт, топливные элементы изготовили Всесоюзный научно-исследовательский институт неорганических материалов и комбинат «Маяк». Для решения отдельных задач привлекали и другие специализированные институты, конструкторские бюро.

Первым научным руководителем реактора ИБР был автор его идеи и первый директор ОИЯИ, член-корреспондент АН СССР Д. И. Блохинцев. Позднее его «опекал» нобелевский лауреат академик И. М. Франк, при котором на базе этой установки для создания других ИБР и проведения исследований на них была образована Лаборатория нейтронной физики, ныне носящая его имя.

Эксперименты на ИБР-2 стали проводить сразу же после пуска. Реактор в импульсном режиме и поныне дает рекордный для исследовательских источников нейтронов поток: плотность быстрых нейтронов —  $10^{17} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ; тепловых —  $10^{16} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Главная отличительная особенность ИБР-2 — периодическое изменение выделяемой энергии с помощью стального подвижного отражателя нейтронов. Последний состоит из двух частей, вращающихся со скоростями соответственно 1500 и 300 об/мин. Когда оба экрана отражателя направляют поток нейтронов в активную зону (там находится 90 кг двуокиси плутония), образуется мощный импульс энергии в 1500 МВт. Примерно такую же энергию производят современные блоки атомных электростанций. Принципиальная разница состоит в том, что в реакторе ИБР-2 такая энергия сконцентрирована в очень малом объеме (22 л) и генерируется 5 раз в секунду, поэтому средняя мощность составляет всего 2 МВт, что обеспечивает безопасность и относительную дешевизну его эксплуатации. Создание данной установки обошлось СССР примерно в 20 млн. долл. Сегодня ее эксплуатация, развитие и совершенствование стоят не менее 1 млн. долл. в год. Но это в 10–50 раз меньше, чем тратят на те же цели за рубежом.

Поскольку реакторы ИБР были первыми импульсными источниками нейтронов для физических исследований, то основы методов времяпролетной структурной нейтронографии и спектроскопии, когда энергия нейтрона в эксперименте

определяется измерением времени его пролета от источника до образца, были заложены в Дубне.

В новом столетии ИБР-2 подвергнется модернизации. Для этого в начале 2000 г. было заключено соглашение (сроком на 10 лет) между ОИЯИ и Минатомом о совместных работах по замене основного его оборудования.

В 2007 г. установка будет даже остановлена, а к 2010 г. в Дубне появится фактически новый реактор — ИБР-2М с улучшенными параметрами и системой безопасности. По расчетам он будет служить науке минимум 20–25 лет.

Осуществляя задуманное, мы будем ориентироваться на уникальные свойства нейтронов в их взаимодействии с веществом и на области наук, где это может быть наиболее востребовано. В настоящее время речь идет, прежде всего, о физике конденсированного состояния (кристаллические структуры и возбужденные состояния вещества, магнетизм и сильно коррелированные электронные системы, некристаллические материалы и жидкости), о биологии и фармакологии (структура и физикохимия макромолекул, функционирование конкретных биологических систем), о геофизике (текстурный анализ минералов и геологических пород), наконец, о материаловедении (наноструктуры в полимерах, материалы конструкционного назначения). Чтобы дать представление о перспективах исследований на ИБР-2, рассмотрим несколько конкретных программ, уже осуществляемых на реакторе, но требующих дальнейшего углубления и развития.

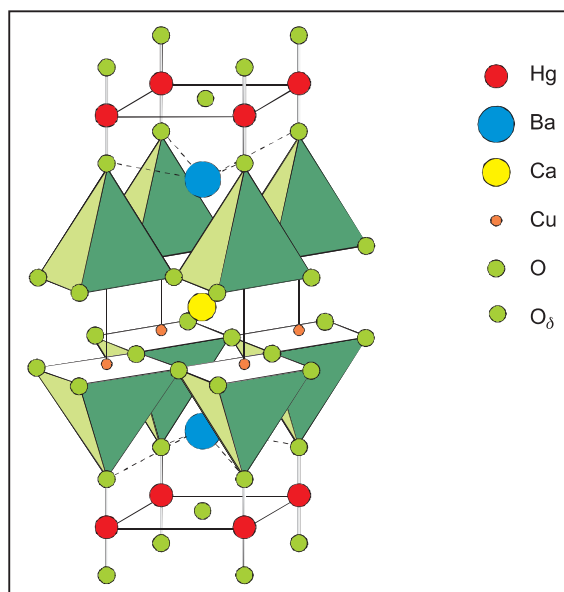
### **Высокотемпературная сверхпроводимость**

Одним из ярких примеров эффективности использования нейтронов в структурных исследованиях может служить расшифровка кристаллической структуры купратных (оксидомедных) высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Их открытие в 1986 г. стало крупнейшим событием в физике, его долго ждали, оно вызвало большой бум не только в научной, но и в политической среде. Достаточно сказать, что уже в 1987 г. за это открытие швейцарским ученым К. А. Мюллеру и Й. Г. Беднорцу была присуждена Нобелевская премия по физике.

Во всех экономически развитых странах были приняты государственные научно-технические программы, направленные на разгадку природы ВТСП и разработку технических устройств\*. Проблема оказалась очень сложной и в ряду других наиболее актуальных переключалась в XXI в. В настоящее время накоплен огромный экспериментальный материал, на основе которого создано несколько теоретических моделей ВТСП. Ближайшая задача состоит в выборе наиболее подходящей.

---

\* См.: Ю. А. Осипьян. Высокотемпературная сверхпроводимость: взгляд без эмоций. — Наука в России. 2001. № 1 (прим. ред.).



Кристаллическая структура высокотемпературных сверхпроводников на основе ртути. Эти соединения имеют рекордную температуру перехода в сверхпроводящее состояние: 134 К при атмосферном давлении и 152 К при давлении 11 ГПа

Использование метода рассеяния нейтронов сыграло в этом главную роль. Средней сложности кристаллическая структура с сильно различающимися по атомному номеру элементами и наличие магнитных свойств обуславливают широкие возможности нейтронов при изучении структуры и динамики этих соединений. Именно с помощью дифракции нейтронов удалось определить положения легкого кислорода на фоне тяжелых элементов, таких как иттрий, ртуть и барий, и тем самым сделать первый шаг в понимании механизма нового явления.

Много полезной информации по проблеме собрано в ходе исследований на реакторе ИБР-2 структуры ртутьсодержащих ВТСП (Hg-ВТСП) с общей формулой  $\text{HgBa}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+2+\delta}$ . Эти соединения, открытые в 1993 г. группой Е. В. Антипова в МГУ им. М. В. Ломоносова, имеют высокую температуру перехода в сверхпроводящее состояние и относительно простую кристаллическую структуру, в которой отсутствуют искажения, обусловленные несоизмеримостью межатомных расстояний и неоднородностью распределения катионов. С помощью этих структур как раз и удастся ближе всего подойти к пониманию физики сверхпроводящих процессов.

Эксперименты в ОИЯИ по изучению взаимосвязи температуры сверхпроводящего перехода и особенностей структуры Hg-ВТСП подтвердили особую роль в этом антиферромагнитного обменного взаимодействия между медью и кислородом в геометрической плоскости соединения  $\text{CuO}_2$  для спинов  $S = 1/2$  на узлах кристаллической решетки меди. Было также показано, что в Hg-ВТСП медь-кис-

лородная плоскость имеет угол связи Cu–O–Cu, близкий к 180°, что обеспечивает максимальное значение антиферромагнитного обменного взаимодействия.

Помимо обычных экспериментов, на реакторе ИБР-2 можно проводить дифракционные эксперименты при высоких давлениях (до 200 кбар). В них, в частности, выявлено: под действием внешнего давления длины медь-кислородных химических связей уменьшаются, что ведет к дальнейшему увеличению антиферромагнитного обмена. В этом, собственно говоря, и состоит разница между оксидомедными и другими сверхпроводниками.

Полученные нами экспериментальные данные объясняются в рамках двухзонной модели Хаббарда, согласно которой в оксидомедных ВТСП реализуется специфический только для них механизм спаривания, обусловленный антиферромагнитным обменом, энергия которого достигает рекордно большой величины ввиду особенностей электронного строения данных соединений.

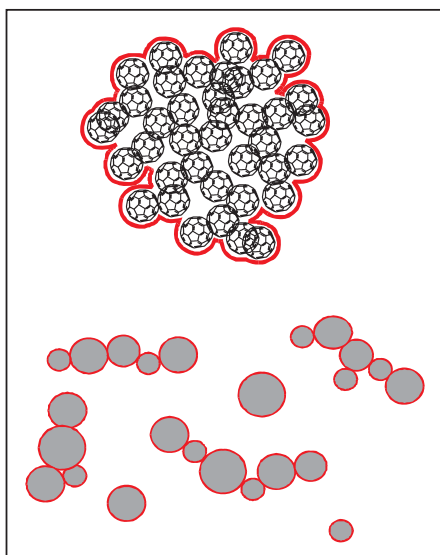
### **Фуллерены — перспективный материал для медицины**

Фуллерены наряду с алмазом и графитом — одна из модификаций углерода, открыты в 1985 г. Р. Керлом, Г. Крото и Р. Смолли (Нобелевская премия по химии за 1996 г.) и названы в честь американского архитектора Б. Фуллера, представляют собой большие молекулы-кластеры в виде сфероподобных сеток из углеродных шестиугольников и пятиугольников\*. У наиболее популярного из них — фуллерена C<sub>60</sub> — каркас имеет форму футбольного мяча, в котором в местах стыка углов шестигранников и пятигранников находятся атомы углерода (всего 60).

Материалы на основе фуллеренов обладают необычными физическими и химическими свойствами, поэтому в их изучение вовлечены тысячи научных групп во всем мире. Возможно, одно из самых перспективных применений фуллеренов связано с медициной, ибо они обладают заметной биологической активностью. Поэтому ученые надеются на их основе создать новый класс фармакологических средств с широким спектром терапевтического действия.

Однако биофизические, биологические и медицинские исследования фуллеренов сдерживались тем, что они в обычных условиях практически не растворяются в воде. Лишь несколько лет назад Г. В. Андриевский с сотрудниками в Институте терапии АМН Украины предложили метод получения мелкодисперсных растворов фуллеренов (C<sub>60</sub> и C<sub>70</sub>) в воде. В настоящее время удается создавать водные растворы C<sub>60</sub> (FWS) с концентрацией более 1,4 мг/мл и не содержащих никаких добавок и стабилизаторов. Такие растворы являются стабильными в диапазоне температур от 5 до 60 °С при хранении не менее 18 месяцев. Биологическое тестирование FWS-растворов в различных модельных системах *in vitro* показало: они обладают противовирусной активностью (ингибирование вируса иммунодефицита человека и вирусов гриппа), не обладают канцерогенными и

\* См.: Фуллерены. — Наука в России. 2000. № 6 (прим. ред.).



Процесс агрегации в модельной системе — в растворе фуллерена  $C_{60}$  в пиридине и в воде. Отдельно показана нанокapsула, состоящая из фуллеренового кластера, окруженного оболочкой из пиридина

мутагенными свойствами, не подавляют процессы клеточного дыхания, не влияют на систему свертывания крови, антиоксиданты и т. д. В Российском онкологическом научном центре им. Н. Н. Блохина РАМН уже имеются первые, правда, пока на крысах и мышах, положительные результаты применения созданных на базе фуллеренов препаратов.

Для понимания процессов растворения фуллерена в воде и механизмов действия FWS в биологических системах проводятся разнообразные физические и химические эксперименты. Ключевым здесь является вопрос о структуре и строении FWS. В его прояснении важную роль могут сыграть исследования с использованием малоуглового рассеяния нейтронов, начатые недавно в кооперации с группой Г. В. Андриевского на реакторе ИБР-2. В них мы опираемся на уникальную способность нейтрона легко различать изотопы, например, водорода и дейтерия. Этот так называемый метод изотопического контраста (когда в системе частично или полностью заменяют водород на дейтерий и изучают вызванное рассеяние нейтронов) весьма эффективен в современной структурной молекулярной биологии.

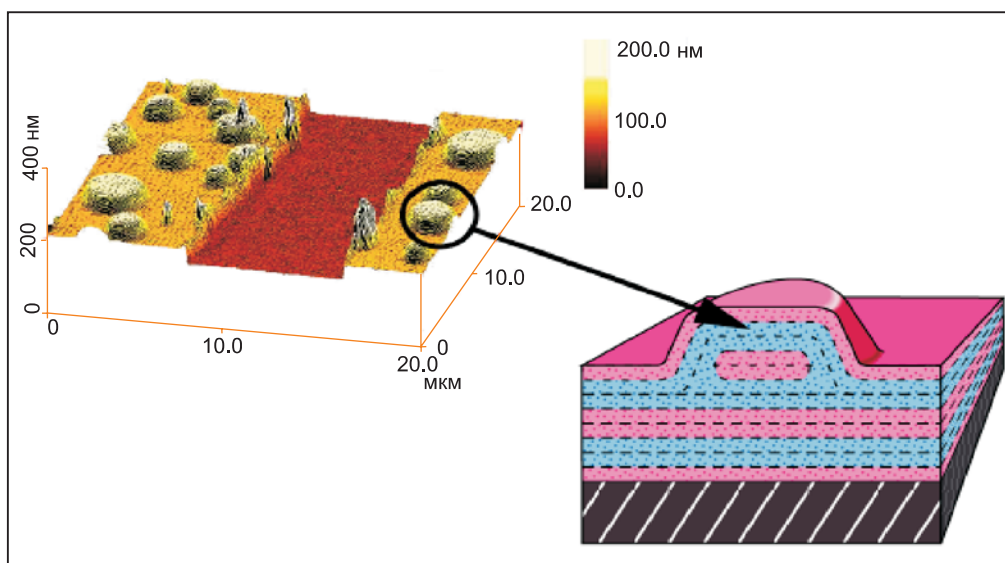
В настоящее время в качестве рабочей используют модель, согласно которой FWS представляет собой молекулярно-коллоидную систему, состоящую как из отдельных гидратированных (присоединивших  $H_2O$ ) молекул  $C_{60}$ , встроенных в ажурную структуру воды, так и из их сферических фрактальных кластеров размером от 7 нм и более. Структурной единицей таких кластеров является сферический агрегат из 13 молекул  $C_{60}$  размером 3–4 нм, аналогично кристаллогидратам содержащий прочно связанные молекулы воды. Отсюда возникают две задачи: изучение структуры воды в комплексе  $C_{60} & nH_2O$ , а также процессов образования кластеров и кинетики агрегации.

Недавно в экспериментах по малоугловому рассеянию нейтронов нам удалось установить картину образования кластеров фуллеренов в растворе  $C_{60}$  в пиридине (бесцветная жидкость, содержащаяся, скажем, в каменноугольной смоле) и в воде. Оказалось, первые окружены пиридиновой оболочкой, что делает фуллерены химически инертным образованием — чем-то вроде инертной нанокapsулы. Процесс их агрегации, следовательно, состоит в объединении последних. Следующий этап наших исследований — изучение чисто водных растворов фуллеренов.

## Наноструктуры в полимерах

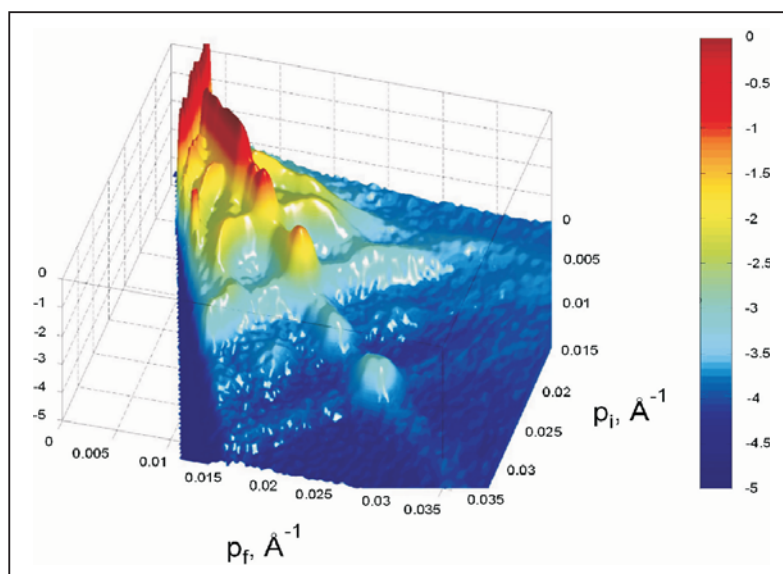
В последнее время в биотехнологии, электронике, других отраслях промышленности во все возрастающих количествах используют различные полимерные пленки. Это обуславливает необходимость иметь данные материалы с несхожими поверхностями и морфологией границ между слоями в многослойных наноструктурах. В соответствующих исследованиях твердых тел и жидкостей, в том числе и полимеров, широко используется нейтронная рефлектометрия — измерение параметров нейтронного пучка в результате полного отражения его от поверхности или границы между слоями.

В мире уже работают около 40 таких устройств; два с уникальными параметрами установлены на нашем реакторе ИБР-2. Именно на них в ходе недавних совместных исследований с коллегами из России, Франции и Германии удалось установить: эффекты незеркального рассеяния играют ключевую роль в определении структуры поверхностей и слоев. Мы изучали ламеллярную тонкую пленку сополимера полистерен-полибутилметакрилата (PS–PBMA), поверхность которой покрыта бугорками или островками высотой 40 нм и диаметром 1–5 мкм. Такие объекты видны лишь с помощью самого мощного на данный момент атомного силового микроскопа\*. Но и он не позволяет увидеть их внутреннее строение (для этого подходят только методы нейтронной физики).



Схематическое изображение ламеллярной тонкой пленки сополимера PS-PBMA. Слева — изображение в атомном силовом микроскопе, справа — модель внутренней структуры островка, полученная на основе рефлектометрических измерений на реакторе ИБР-2

\* См.: В. А. Быков. Микроскоп... рассматривающий атомы. — Наука в России. 2000. № 4 (прим. ред.).



Типичный спектр — карта интенсивности рассеяния нейтронов в зависимости от импульсов падающих ( $P_i$ ) и отраженных нейтронов ( $P_f$ ). Именно такие карты и позволяют определить параметры структуры поверхностей и морфологии межслойных границ

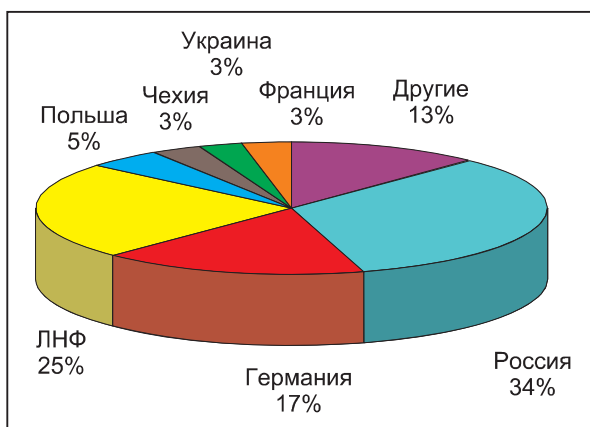
### Центр коллективного пользования

Поскольку ИБР-2 является одним из лучших в мире источников нейтронов для исследований конденсированного вещества, распределение времени, выделяемого на эксперименты, производится на конкурсной основе. Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ, которой, собственно говоря, и «принадлежит» реактор, использует всего около 25 % его экспериментального времени.

На этой установке мы реализуем много программ с ведущими научными центрами нашей страны, в первую очередь, с Петербургским институтом ядерной физики РАН, Российским научным центром «Курчатовский институт», Физико-энергетическим институтом им. А. И. Лейпунского, Институтом физики металлов Уральского отделения РАН, Институтом ядерных исследований РАН. Вместе с тем здесь ежегодно проводят 150–200 экспериментов ученые из 25–30 зарубежных стран.

Особое внимание уделяется подготовке молодых кадров для работы на ИБР-2. Наш отдел является базовым для кафедры нейтронографии МГУ им. М. В. Ломоносова. Весьма популярна наша Школа по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения для студентов старших курсов, аспирантов и молодых научных сотрудников университетов и научно-исследовательских институтов России. Мы проводим ее совместно с Российским научным центром «Курчатовский институт» и Институтом кристаллографии РАН каждый





Распределение времени работы реактора ИБР-2 для исследователей из разных стран для проведения экспериментов

год в течение 4–6 недель в Дубне и Москве. Через несколько лет они станут членами Российского нейтронного сообщества, обладающего самой современной экспериментальной техникой для исследований конденсированного состояния вещества с помощью рассеяния нейтронов. Их ждет много интереснейших задач в физике конденсированного состояния вещества, биологии, химии, геофизике, материаловедении.



специальное приложение к еженедельнику  
Объединенного института  
ядерных исследований  
Март 2003 года\*



Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
**КАФЕДРА НЕЙТРОГРАФИИ**  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

## СОЮЗ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

### Дорогой друг!



*В твоей жизни наступает важный этап — тебе предстоит выбрать, куда пойти учиться. Это очень серьезный вопрос, поскольку от твоего решения зависит твое будущее. Мы предлагаем тебе испытать себя в конкурсе на физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. МГУ, один из лучших университетов в мире, через два года отметит свое 250-летие. Это — классический университет, который дает фундаментальное образование и самые перспективные профессии. В этом выпуске мы представляем кафедру нейтронографии, которая была открыта в 2000 году с учетом современных тенденций развития науки.*

### Что такое нейтронография?

Нейтронография — это исследование строения и физических свойств вещества с использованием различных видов рассеяния нейтронов низких энергий. Как электрически нейтральная частица нейтрон легко проникает в вещество и благодаря различным взаимодействиям с веществом дает уникальную информацию о расположении атомов и молекул. В результате мы получаем информацию о строении вещества на микроскопическом уровне, что дает основу для изучения

\* Выпуск подготовила О. Тарантина. 21 марта 2003 года.

свойств живой и неживой материи. Методы нейтронографии с успехом применяются при изучении новых материалов, перспективных в науке и технике, биологических объектов, таких как белки, вирусы, клеточные мембраны, в фармакологии при разработке новых лекарств, в науках о Земле, в материаловедении и инженерных науках. Изучение самого нейтрона и ядерных реакций с его участием позволяет изучать фундаментальные симметрии и взаимодействия. Таким образом, нейтронография — это путь к исследованию самых современных проблем естествознания.

### Научная работа

Уже с первого курса студенты имеют возможность заняться научными исследованиями. Начиная с четвертого курса студенты зачисляются в научные группы. Кафедра нейтронографии тесно взаимодействует с отделом нейтронных исследований конденсированных сред ЛНФ ОИЯИ, являющимся одним из ведущих в мире нейтронных центров. ОИЯИ имеет самый высокопоточный в мире импульсный источник нейтронов — реактор ИБР-2 для исследований конденсированного состояния вещества. Реактор ИБР-2 оснащен самой современной аппаратурой, с помощью которой ежегодно проводится около 200 экспериментов учеными из 25–30 стран. Отдел и кафедра являются базой ведущей научной школы России по современной структурной нейтронографии. Все это позволяет студентам достаточно рано и активно включиться в научную работу на кафедре и в отделе, а также в институтах Российской академии наук. Кроме ОИЯИ научной базой кафедры являются Физический институт имени П. Н. Лебедева и Институт кристаллографии имени А. В. Шубникова РАН.

### Учебный процесс

Учебный процесс на кафедре организован так, чтобы студенты имели возможность как можно раньше включиться в жизнь научных коллективов. Первые три года студенты получают базовое образование в МГУ в Москве. На четвертом курсе они два-три дня в неделю проводят в Дубне, где в филиале МГУ им читают лекции ведущие ученые ОИЯИ, а в Объединенном институте они проводят лабораторные занятия на уникальных физических приборах. Начиная с пятого курса студенты в основном находятся в Дубне, где занимаются научной работой и



слушают лекции по специальности. На пятом, а иногда и на четвертом, курсе студенты проходят практику в ведущих европейских центрах нейтронных исследований.

Такая система специализации и интеграции образования и фундаментальной науки существует при сотрудничестве МГУ и ОИЯИ уже более сорока лет и полностью себя оправдала. Она была заложена выдающимися учеными современности академиками Д. И. Блохинцевым, Н. Н. Боголюбовым, С. Н. Верновым, Б. М. Понтекорво, И. М. Франком и другими.

В настоящее время в ОИЯИ эта система получила новое развитие после создания Учебно-научного центра и благодаря активной поддержке директора академика В. Г. Кадышевского и вице-директоров профессоров А. Н. Сисакяна и Ц. Д. Вылова.

### После окончания учебы

Как правило, после окончания университета выпускники поступают в аспирантуру ОИЯИ или МГУ. Мы считаем завершением образования — защиту диссертации и получение ученой степени кандидата наук. Специалистов с таким образованием готовы принять на работу многие ведущие научные центры в России и в других странах.

*Профессор В. Л. Аксенов,  
лауреат Государственной премии РФ,  
заведующий кафедрой,  
начальник отдела нейтронных исследований  
конденсированных сред ОИЯИ.*

**Кафедра готовит** специалистов в области физики конденсированного состояния вещества: экспериментальные методы исследования структуры и свойств твердых тел; физики кристаллов; физики магнитных явлений; физики поверхностей и тонких пленок; физики фазовых превращений; физики низких температур и сверхпроводников; теории твердого тела.

Магистерские программы по направлению «Физика»: физика конденсированного состояния вещества, биофизика, физика Земли и планет.

Аспирантура по специальности «Физика конденсированного состояния».

#### **Области применения нейтронографии:**

- ✓ нейтронная оптика — когерентные явления; фундаментальные симметрии;
- ✓ новые материалы — высокотемпературные сверхпроводники; магнетики с рекордными параметрами; фуллерены и углеродные нанотрубки; накопители водорода для возобновляемых источников энергии;
- ✓ науки о жизни (биология, медицина) — клеточные мембраны; белки; вирусы; лекарственные препараты;



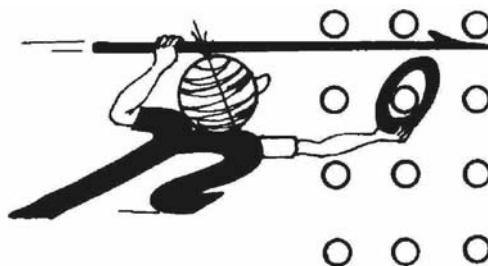
- ✓ науки о Земле — текстура геологических пород; метеоритные осколки;
- ✓ химия — структура и свойства полимеров; новые молекулярные системы;
- ✓ материаловедение и инженерные науки — неоднородности в материалах; упрочняющие и коррозионные явления; внутренние напряжения в промышленных изделиях.

### Слово — преподавателям кафедры

**Доктор физико-математических наук С. И. Тютюнников:**

При формировании кафедры нейтроннографии в МГУ профессор В. Л. Аксенов был главным инициатором включения в состав учебного плана курса по специальности «Синхротронное излучение в исследовании конденсированных сред». Сегодня исследования с помощью синхротронного излучения (СИ) — лидирующее научное направление во всем мире.

Это обусловлено бурным развитием наноструктурных исследований, включающих в себя также и биологические исследования. В ближайшие год–два у студентов нашей кафедры появится возможность не только слушать лекции по исследованиям с помощью СИ, но и выполнять некоторые практические работы, в частности по EXAFS-спектроскопии, в Российском национальном центре СИ в Курчатовском институте в Москве. А после реализации проекта ДЭЛСИ в ОИЯИ



наши студенты смогут работать в Объединенном институте, что обеспечит новые пути его развития.

**Доктор физико-математических наук В. Б. Злоказов:**

Математика — важнейшая составляющая всех точных наук. Сегодня владение математическим аппаратом становится самой естественной частью физического эксперимента. Преимущественно классическое направление образовательной математики в школе, сложившееся еще во времена Евклида, не только не дает достаточных сведений о новейших и наиболее актуальнейших тенденциях в современной математике, но и не учит новому формальному стилю мышления. Исправлять этот недостаток в вузах и призваны курсы, подобные курсу «Математическая обработка экспериментальных данных в физике низких энергий», который читается на кафедре нейтронографии дубненского филиала физфака МГУ.

Современная экспериментальная физика сделала предметом своих исследований недоступные ранее для человеческого восприятия области природы — микро- и мегамир. Сигналы, поступающие оттуда, с трудом поддаются наглядной интерпретации. Это понятно: подобно тому, как для наглядно-чувственного восприятия частот света, поступающего на сенсоры наших глаз, мы имеем в нашей душе лишь весьма скудный набор цветов, пригодный лишь для фотонов из оптического диапазона, так и для содержательной трактовки всевозможных сигнальных комбинаций, приходящих к нам со всех уровней Вселенной, мы имеем тоже только ограниченный набор образов нашего макромира.

Физики, исследующие новые области микро- и мегамира, изобретают фантастические («безумные», как говорят они сами) конструкции типа «частица-волна», «кривое пространство-время», и т. д. Объективно это является указанием на явное исчерпание возможностей наглядной интерпретации научных понятий и на явную же неадекватность образов макромира богатству явлений всей Вселенной.

Поэтому просто неизбежно расширение практики абстрактного моделирования взамен наглядных представлений. А основой научного моделирования является математика. Современная математика резко расширила область своей деятельности, в первую очередь, за счет обратных задач, то есть таких, где есть результат некоторого известного (или предполагаемого) воздействия на некоторый объект, но сам этот объект неизвестен, хотя именно он-то и представляет интерес. Обратные задачи в среднем



Практические занятия на кафедре

сложнее прямых, но наиболее актуальными для физики являются именно такие задачи. Например, существует такое удивительное явление в природе, как дифракция когерентно рассеивающихся нейтронов. Оно позволяет нам заглянуть в глубь твердого тела, но при этом создается не визуальный, а «спектральный» образ видимого там. Переход от «спектральных» образов к другим, выраженным на языке более привычных для физика понятий, — это сплошь решение обратных задач. Подготовить студента к роли физика XXI века — это и означает не просто сделать компьютер для него таким же привычным инструментом, каким для физиков XX века была логарифмическая линейка, но прежде всего напомнить ему (или сообщить заново) те математические сведения, которые нужны для решения сегодняшних актуальных задач. Конечно, в ходе курса студент успевает сделать лишь начальные шаги по освоению математической методологии анализа данных, но они готовят его к дальнейшему, уже самостоятельному, углубленному совершенствованию своего профессионального оснащения. В заключение хочу отметить заботу кафедры о материальном обеспечении курса: в распоряжении студентов имеются превосходные высокопроизводительные скоростные персональные компьютеры.



**Кандидат физико-математических наук В. К. Игнатович:**

Должен признаться, что мне нравится читать лекции студентам, и я благодарен В. Л. Аксенову за приглашение преподавать нейтронную оптику на кафедре нейтронографии.

Студенческая группа невелика, и это позволяет дойти до каждого. Конечно, мне нравятся те студенты, которым интересен мой предмет, которые активно участвуют в занятиях и прочно усваивают ключевые моменты курса. Самым трудным для меня является вопрос оценки знаний на экзаменах. Существующая сис-



тема качественной оценки «хорошо–плохо» мне представляется порочной. Оценка должна быть количественной и свидетельствовать о том, как далеко человек продвинулся на местности, соответствующей тому или иному знанию. Эту оценку может дать только компьютер. Когда я преподавал в школе, Андрей Алфименков написал по моей просьбе соответствующую программу. Сейчас эта программа требует усовершенствования. Если найдутся энтузиасты или деньги для энтузиастов, чтобы создать хорошую экзаменационную программу, то оценка знаний станет значительно более объективной, а это прямой путь к реальной реформе образования. Было бы замечательно, если бы дубненский филиал НИИЯФ МГУ стал полигоном для подготовки такой реформы.

## **Школа по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения...**

### **...в фотографиях и впечатлениях**

#### **Заведующий кафедрой нейтронографии МГУ В. Л. Аксенов:**

Новой формой современного образования, предполагающего активную интеграцию с наукой, стала Школа по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения. Первый раз школа была проведена в 1999 г. как научно-производственная практика для студентов факультета наук о материалах МГУ. Теперь она стала ежегодной и проходит в течение 4–6 недель в весеннем семестре. Для студентов кафедры нейтронографии и факультета наук о материалах она является обязательной составляющей учебного процесса. Однако поскольку эта школа представляет собой самосогласованный, замкнутый учебно-практический цикл, позволяющий активно ввести слушателей в предмет, то она представляет интерес для студентов, начиная с четвертого курса, и аспирантов других вузов, а также молодых научных сотрудников.

Школа состоит из четырех взаимосвязанных блоков. Первый — обзорные лекции ведущих ученых страны о современных проблемах физики, химии, биологии, наук о Земле, наук о материалах. Второй блок — лекции по методике эксперимента с использованием рассеяния нейтронов и синхротронного излучения. Третий блок — дискуссии по докладам участников школы. Четвертый блок — лабораторные работы и проведение экспериментов на спектрометрах реактора ИБР-2, на установках Курчатовского источника синхротронного излучения и на физических приборах Института кристаллографии РАН. Последний блок представляет собой главную часть школы (естественно, в совокупности с первыми тремя) и отличает ее от традиционных школ. До недавнего времени была только одна школа такого типа — это HERCULES (Высшие Европейские исследовательские курсы для пользователей больших экспериментальных систем), которая проводится ежегодно во Франции с 1990 года.



**Директор Института физики микроструктур РАН член-корреспондент  
РАН С. В. Гапонов:**

Известно, что энтузиазм у людей обратно пропорционален количеству знаний: обычно открытия делаются молодыми людьми, которые не знают, что «туда нельзя», что «этого не может быть, потому что не может быть никогда». Знания молодежи дадут учителя, учебники и такие лекции, как на этой школе. От общих лекций, на мой взгляд, самая большая польза. К тому же обзорные лекции придают студентам ощущение некоего участия в научном процессе, а молодые — самый благодатный материал для таких лекций, на них не жалко тратить свои силы.

**Андрей Дедков (Белорусский государственный университет):**

Я студент кафедры системного анализа факультета радиофизики БГУ. Может показаться странным — радиофизик на заседании нейтронщиков-ядерщиков. Но наш факультет отделился от физфака, и мы занимаемся теми же проблемами, имеем дело с теми же экспериментальными установками, обеспечивая, по сути дела, эксперименты. Поэтому школа интересна мне, в первую очередь, экспериментальной стороной, а также обсуждаемыми здесь фундаментальными проблемами, с которыми сталкивается современная физика. Я думаю, в этом плане она интересна не мне одному, а я лично увезу домой очень хорошее впечатление о Дубне, о всех людях, о профессорах, читавших нам лекции. Лекции не были скучными, не давили обилием теоретического материала.

**Петер Увачик (Словацкий технический университет, Братислава):**

Мы занимаемся физикой конденсированных сред, и некоторые лекции мне были очень полезны. Так же, как и занятия на ИБР-2, потому что некоторые из проводимых здесь экспериментов для нас очень интересны. У нас хороший контакт с ОИЯИ — в прошлом году два студента нашего университета делали здесь дипломные работы, в этом тоже приедут. Мне самому здесь понравилось и хотелось бы работать.

**А. Тюрин, студент 5-го курса факультета наук о материалах МГУ:**

Знаете, пока еще каша в голове — так много всего здесь услышал, но постепенно проясняется, надеюсь, к коллоквиуму прояснится окончательно. Были сложные лекции, понравилась лекция И. Н. Сердюка. Биология — мое хобби, я был в Институте белка в Пущино. А вообще-то я занимаюсь синтезом полупроводников, хотел бы привезти сюда свои образцы: то, что не удастся получить с рентгеновским излучением, можно сделать при помощи нейтронной дифракции.



### **Некоторые темы дипломных работ**

**Нейтронные дифракционные исследования атомной и магнитной структуры новых материалов и ее корреляций с физическими свойствами** (руководитель — доктор физико-математических наук А. М. Балагуров).

Информация о структуре кристаллов и ее изменениях при внешних воздействиях является основой для понимания их физических свойств. В исследованиях атомной и магнитной структуры кристаллов с интересными или необычными свойствами дифракция нейтронов играет принципиальную роль. С ее помощью удастся провести эксперименты в широком интервале температур, при воздействии на кристалл магнитного поля или высокого давления, выявить корреляцию в изменениях атомной структуры с упорядочением магнитных моментов.

**Поведение вихревой решетки в сверхпроводнике в зависимости от температуры и магнитного поля** (руководитель — кандидат физико-математических наук Ю. В. Никитенко).

Смешанное состояние сверхпроводника характеризуется сложным поведением и наличием множества фаз на диаграмме магнитное поле–температура. Методы малоуглового рассеяния и деполяризации поляризованных нейтронов позволяют изучать изменения структуры вихревой решетки и отдельных вихрей.

**Исследование полиэлектролитов в матрице полимерного геля методом малоуглового рассеяния** (руководитель — А. И. Куклин).

Гели — вещества, широко используемые в промышленности. Интерес к исследованию таких объектов вызван также попыткой получения тонких манипуляторов.

**Изучение механизмов кристаллизации, кристаллическая структура мембранных белков** (руководитель — кандидат физико-математических наук В. И. Горделий).

При исследовании процессов кристаллизации и структуры мембранных белков используется дифракция синхротронного излучения и малоугловое рассеяние нейтронов.

**Нейтронные дифракционные исследования внутренних напряжений в объемных изделиях и материалах** (руководитель — кандидат физико-математических наук В. В. Сумин).

Среди многочисленных методов изучения внутренних напряжений в кристаллических материалах метод дифракции нейтронов стоит на особом месте, так как, по сравнению с остальными, он является наиболее информативным. В частности, в отличие от традиционных методов, нейтроны могут проникать в материал на глубину до 2–3 см для сталей и до 10 см для алюминия. Кроме того, нейтроны обеспечивают: сохранение целостности исследуемого объекта (неразрушающий контроль), высокое пространственное разрешение (до 1–2 мм в любом измерении), определение кристаллографической анизотропии механических деформаций, информацию о распределении напряжений для каждой компоненты многофазного материала отдельно.

**Когерентные поля волн нейтронного и синхротронного излучений в слоистых наноструктурах** (руководитель — кандидат физико-математических наук Ю. В. Никитенко).

В последнее время возник большой интерес к исследованиям по генерации и детектированию высококогерентных волновых полей нейтронного и синхротронного излучений, предназначенных для исследований структурных и магнитных свойств многослойных наноматериалов. Эти так называемые поля стоячих волн могут быть использованы для характеристики применяемых в микроэлектронике и для систем записи и считывания информации слоистых структур, а также для создания высокомонокроматичных и высококоллимированных пучков излучений.

**Пропорциональный детектор тепловых нейтронов с повышенной скоростью счета** (руководитель — кандидат физико-математических наук В. Н. Швецов).

Знакомство с принципом действия пропорционального газового детектора ионизирующих излучений; исследование характеристик газового детектора ионизирующих излучений; исследование характеристик многопроволочных пропорциональных детекторов на существующих приборах; исследование зависимости скоростей дрейфа электронов от состава рабочей смеси; разработка, изготовление детектора нейтронов, тестирование на пучке реактора.



**НИИЯИ  
СОДРУЖЕСТВО  
ПРОГРЕСС**



**Молодежь  
и наука**



Специальное приложение  
к еженедельнику  
Объединенного института  
ядерных исследований\*

20 апреля 2001 года

## **ШКОЛА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ И СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ Дубна – Москва, 19 марта – 26 апреля**

Уважаемые коллеги!

Московский университет и Дубну давно и прочно связывают общие интересы. Дубна — международный центр ядерных исследований — был и остается на переднем крае науки. С Дубной и Объединенным институтом ядерных исследований связаны имена многих наших великих физиков, внесших неоспоримый вклад в развитие мировой физической науки: Д. И. Блохинцева, Н. Н. Боголюбова, Б. М. Понтекорво, И. М. Франка, Г. Н. Флерова и других. Московский университет дорожит той длительной и прочной связью, которая объединяет его с Дубной. МГУ поддерживал и будет поддерживать ростки того нового в наших отношениях на ниве образовательного и научного процесса, что позволяет нам развиваться и взаимно обогащаться научными знаниями и вместе готовить кадры, необходимые для науки.



\* Выпуск подготовила Г. Мялковская, фото в спецвыпуске П. Колесова.

Именно поэтому я хотел бы от всей души пожелать успеха в работе Школы по использованию нейтронов и синхротронного излучения, организованной на базе филиала Московского государственного университета в Дубне.

*Академик В. А. САДОВНИЧИЙ,  
Ректор МГУ*

**Со стороны ОИЯИ участников Школы приветствовал вице-директор А. Н. Сисакян:**

...Во-первых, традиции научных школ, которые возникли в Дубне, продолжают действовать по всей России. Во-вторых, наши основные партнеры из стран Восточной Европы сохранились, к ним добавились в качестве стран-участниц



ОИЯИ государства СНГ. Думаю, наука идет впереди спорта, культуры и даже политики в плане сближения людей на этой планете... У молодого человека, который сегодня приходит в науку, много соблазнов. Одно дело — западные научные центры, другое дело то, что человек, востребованный в науке, становится востребованным в бизнесе и в других областях. Конечно, в науке маленькие зарплаты, но мы с вами это можем исправить.

### Как это начиналось...

**Академик Ю. Д. Третьяков (декан ФНМ МГУ):**

Факультет наук о материалах в МГУ был создан 10 лет назад, и в этом году мы будем отмечать юбилей. На пути реализации идеального учебного плана возникла уйма всяких проблем, прежде всего, экспериментального характера. Одно дело читать красивые лекции, учить студентов основам математики, физики, химии. Но не менее важно дать им возможность практиковаться, приобретать экспериментальные навыки с использованием самых новейших методов исследования.



Дубна в этом смысле оказалась идеальным местом. Виктор Лазаревич Аксенов — а это была, скорее, не моя инициатива, а его — пригласил наших сту-

дентов проходить научно-производственную практику в ОИЯИ. А там, где практика, там и соответствующие спецкурсы, которые были организованы здесь, в филиале физфака МГУ и в Лаборатории нейтронной физики. Все это привело к созданию довольно стройной образовательной системы, которая существует уже третий год. Вначале в Дубну были направлены лишь несколько студентов, на второй год это была уже обязательная практика для студентов пятого курса факультета наук о материалах.

В итоге удалось сформировать облик Школы, чрезвычайно привлекательный для молодых, когда в качестве лекторов привлечены крупнейшие специалисты, академики, члены-корреспонденты, выдающиеся ученые. И если заявленная программа будет хотя бы наполовину выполнена, то и тогда мы будем считать, что это выдающееся достижение. Я говорю «наполовину» по той причине, что лекторы и профессора имеют огромное количество обязанностей, и срывы в таких ситуациях, как правило, неизбежны. Но ради лекций, как бы хороши они ни были, не стоило ехать в Дубну. Главное — это возможность практических занятий в использовании нейтронов и синхротронного излучения.

**На вопросы нашего корреспондента отвечает директор Школы профессор В. Л. Аксенов**

*Виктор Лазаревич, в связи с чем возникла необходимость создания Школы по использованию рассеянных нейтронов и СИ?*

В последние годы эти два метода используются все больше, поскольку позволяют получить совершенно уникальную информацию о структуре вещества в



конденсированном состоянии. Я имею в виду не только физику конденсированных сред, но и другие науки — химию, биологию, как принято сейчас обобщать науки о жизни, а также направления, развивающиеся «на стыке» наук, связанные с инженерией, медициной, материаловедением... Характерная черта современного развития науки состоит как раз в том, что интересы общества все больше концентрируются на самом человеке, окружающей среде, живой природе.

С учетом этой тенденции возникает необходимость эффективного использования больших установок, которые были созданы в период расцвета ядерной физики. Немалые средства были затрачены на их создание, но и эксплуатация обходится недешево. Источники нейтронов и СИ как раз и являются переходным звеном от XX века (века ядерной физики) к XXI веку (веку наук о жизни).

Наша задача — дать возможность использовать эти установки как можно большему числу исследователей, научить молодых людей использовать методы рассеянных нейтронов и СИ. Такой политики придерживаются практически все современные научные центры. Что касается источников нейтронов, то Россия традиционно была ведущей страной в этой области. В ведении научного совета по направлению «Нейтронные исследования» Государственной научно-технической программы «Актуальные направления в физике конденсированных сред» находится шесть источников и два еще строятся — реактор ПИК в Гатчине и источник нейтронов на основе протонного ускорителя в Троицке. Основной центр коллективного пользования находится в Новосибирске; в Центральной России современных источников, работающих в полном объеме, пока нет. Начинает работать новый источник СИ «Сибирь-2» в Курчатовском институте. Соответственно стоит задача создания инфраструктуры и привлечения пользователей для проведения научно-исследовательских работ.

В каждой развитой стране мира существует по несколько таких источников, они активно используются во всех отраслях наук.

***В чем же состоит специфика Школы, чем она отличается от аналогичных образовательных систем, распространенных во всем мире?***

Во-первых, в отличие от многих других, она рассчитана на шесть недель. Это связано с ее программой и целью — не только дать слушателям информацию о том, что происходит в разных областях науки, не только ознакомить с методиками, но и дать возможность участвовать в реальном конкретном эксперименте. Перед окончанием занятий каждый участник должен подготовить отчет, за который он получит оценку.

Такого типа школа есть во Франции, и в определенном смысле мы свою строили по ее образцу. Проходит она в окрестностях Гренобля, на базе европейского нейтронного исследовательского центра — Института имени Лауэ–Ланжевена и европейского центра СИ. Но практическая часть этих учебных курсов ограничивается ознакомлением с установками, в экспериментах слушатели участия не принимают. В этом и есть основное отличие.

### *Для кого проводится эта Школа?*

Во-первых, это студенты кафедры нейтронографии физического факультета МГУ, которая была создана год назад. Для них это начало специализации. Во-вторых, это студенты факультета наук о материалах МГУ, для которых Школа является обязательным элементом учебного процесса, как производственная практика. Остальные — это студенты и аспиранты разных вузов России. Эта часть слушателей для нас представляет особый интерес — это дополнительный способ отбора способных ребят для наших исследований. Пройдя в течение полутора месяцев занятия в рамках Школы, те, кто желает, могут продолжить обучение здесь, у нас. Для этого два года назад при МГУ был создан Межфакультетский центр «Строение вещества и новые материалы», чтобы объединить возможности различных факультетов университета. В первую очередь, физического, химического, биологического и факультета наук о материалах.

После школы прошлого года к нам на дипломную практику приехали три студента — из Тулы и Нижнего Новгорода. Один из них сейчас проходит практику в Институте Лауэ–Ланжевена в Гренобле. Это еще раз подчеркивает нашу неразрывную связь с европейским сообществом исследователей.

### *Виктор Лазаревич, расскажите об организаторах Школы, я вижу, список довольно представительный...*

По существу, все, что я говорил о целях школы, о ее предназначении, соответственно определило круг ее организаторов. Естественно, это МГУ. Как и любой университет, он обладает современной организацией науки с точки зрения междисциплинарных исследований. Понятно участие Российского научного центра «Курчатовский институт», где находится источник СИ «Сибирь-2» и Института кристаллографии РАН. Директора этих институтов одновременно являются директорами нашей Школы. Конечно, Школа изначально стала возможна благодаря поддержке дирекции ОИЯИ, академика В. Г. Кадышевского и профессора А. Н. Сисакяна, а также Министерства науки, промышленности и технологий и Российского фонда фундаментальных исследований, которые в последние годы поддерживают все добрые начинания в нашей стране. И особенно я хотел бы отметить участие Министерства РФ по атомной энергии, чья помощь имеет большое значение и в организации этой Школы, и в развитии вышеупомянутых научных направлений, в создании и модернизации установок.

### **«Мастерство лекторов поразило...»**

Распространение исследований с использованием нейтронов и СИ в нашей стране происходит, как и во всем мире, с ярко выраженной тенденцией приоритета наук о жизни, Земле, человеку. С целью ознакомления слушателей с последними достижениями естественных наук на Школу были приглашены ведущие ученые страны, которые прочитали обзорные лекции по химии, биологии, физике.



— Я учусь только на третьем курсе, — рассказывает студент Нижегородского госуниверситета **Михаил Жерненков**, — но общей подготовки, которая у меня есть, достаточно, чтобы понять то, что здесь происходит. Мне запомнилась лекция А. Ю. Румянцева, в которой очень интересно было рассказано об электрон-фононном взаимодействии. Конечно же, очень полезный материал содержала лекция А. С. Спирина о возможностях молекулярной биологии. Познавательной оказалось и лекция М. В. Ковальчука.

— Из лекций больше всего запомнилась лекция М.В.Ковальчука манерой изложения и большим количеством «пиара», который в нее был заложен, — говорит **Алексей Скворцов**, аспирант Института цитологии РАН из Санкт-Петербурга. — Понравилась еще лекция А. С. Спирина, который удивил тем, что смог всю молекулярную биологию уложить в полтора часа. Это мастерство меня просто поразило, хотя выводы были сделаны неутешительные...



#### **Из лекции академика РАН А. С. Спирина:**

«Биотехнологический взрыв соизмерим с информационным. Сейчас пытаются сделать компьютеры «на генах», на полном серьезе речь идет о «встраивании» компьютерных наносхем в человеческий организм. Недалек тот час, когда эти два направления сольются, что кардинально изменит цивилизацию... Биологическое оружие сегодня – не просто сибирская язва, холера, чума, это – созданные человеком генетически измененные микроорганизмы и вирусы. Особенно опасны гены, несущие информацию о патогенных белках. Против них бессильны антибиотики. Борьба с ними могут только высококласные молекулярные биологи».

— Произвела впечатление лекция о биологическом оружии, — рассказывает **Юрий Ковалев**, студент Тульского университета, учащийся Межфакультетского центра «Строение вещества и новые материалы». — Еще запомнилась лекция В. В. Орлова «Быстрые реакторы и будущее ядерной энергетики». Чувствуется, что человек знает свое дело, интересно рассказывает, да и проект интересный.

**Профессор В. В. Орлов** — главный идеолог нового реактора на быстрых нейтронах, который называется БРЕСТ. В настоящий момент это главный проект Министерства РФ по атомной энергии, ориентированный на перспективы развития атомной энергетики в нашей стране. Место его расположения пока не определено, скорее всего, это будет г. Заречный Свердловской области. К 2007 году планируется создать опытный образец такого реактора.

Мне запомнилась лекция, которая была посвящена фуллеренам, — говорит **Наталья Голосова**, студентка Уральского университета. — Я занимаюсь лабораторной сверхпроводимостью и мне было интересно, что на основе фуллеренов со-

зданы сверхпроводники. Для меня открытие, что в органических соединениях проявляются такие свойства, причем температура сверхпроводящего перехода довольно высокая.



**Из лекции академика РАН  
Ю. А. Осипьяна:**

«Открытие фуллеренов, можно сказать, совершалось на моих глазах. 10 лет назад я лежал в хьюстонской клинике после операции на сердце. Окна моей комнаты выходили на здания Университета Райса, и мне посоветовали посетить лабораторию доктора Смолли, который исследовал пары металлов, различных органических

и неорганических веществ. Когда я оказался на территории, то увидел огромный ангар, похожие на цистерны установки, рабочих латиноамериканского и китайского происхождения, выполняющих рутинную работу... Уже при обработке результатов там было обнаружено, что вероятность «слипания» по 60 атомов углерода больше, чем все другие варианты. Позже английский кристаллограф и химик Крото дал объяснение — 60 атомов образуют достаточно устойчивую пространственную структуру кластера. Далее была установлена квантово-механическая природа таких соединений, они были обнаружены в других веществах и получили название фуллеренов».

Не менее интересными, и это было отмечено слушателями Школы, были лекция академика Ю. Д. Третьякова о последних достижениях химических наук с точки зрения создания новых материалов; обзор исследований конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов (профессор В. Л. Аксенов); сообщение об исследовании радиационного повреждения металлов и сплавов с помощью рассеяния нейтронов (член-корреспондент РАН Б. Н. Гощицкий); лекция о полимерных системах академика РАН А. Р. Хохлова; лекция «Белковая кристаллография на источниках СИ» (профессор В. Р. Мелик-Адамян); лекция члена-корреспондента РАН Ю. В. Копаева о работах и лауреатах Нобелевской премии 2000 года и об исследовании механизмов сверхтемпературной проводимости. Примечательно, что в аудитории Д.И.Блохинцева НИИЯФ МГУ собирались в эти дни не только студенты Школы, но и ученые ОИЯИ, работающие в других лабораториях, как молодые, так и уже вполне состоявшиеся. Многие доклады обсуждались активно, переходя рамки академических часов, вызывали вопросы и дискуссии.

Теоретическая часть Школы не ограничилась обзорными сообщениями. Курс лекций по специализации был прочитан научными сотрудниками, ведущи-

ми специалистами ОИЯИ, Курчатовского института и Института кристаллографии РАН.

### **Знакомство с установками: начнем с мирового класса**

Импульсный реактор периодического действия ИБР-2 работает в Лаборатории нейтронной физики имени И. М. Франка ОИЯИ с 1984 года. На сегодняшний день он по-прежнему остается самым мощным источником нейтронов для научных исследований в мире (интенсивность потока нейтронов —  $10^{16}$  см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>). В то же время это очень экономичная и достаточно дешевая в эксплуатации установка. Благодаря низкой средней мощности (2 МВт) активация оборудования и выгорание зоны происходят медленно. Главное отличие ИБР-2 от других реакторов состоит в механической модуляции реактивности с помощью подвижного отражателя. В 1996 году в целях улучшения эксплуатационных и физических характеристик начата программа модернизации реактора, после реализации которой время использования зоны реактора и подвижного отражателя продлится еще как минимум 20 лет при режиме работы 2500 часов в год. Ежегодно ученые из 30 стран мира проводят на ИБР-2 около двухсот экспериментов.

Ряд методик, разработанных на ИБР-2, имеют принципиальные преимущества по сравнению с другими источниками, — **рассказывает и. о. директора ЛНФ А. В. Белушкин.** — Мы как раз и выбрали для студентов те практикумы, которые полностью отвечают мировым стандартам и на которых получены результаты, публикуемые в авторитетных научных журналах. Идеология у нас такая — научить слушателей тем методам, которые у нас есть, показать возможности, продемонстрировать те задачи, к которым эти методы могут быть применены. Для нас неважно, где дальше будет работать студент — в Москве, Пахре или Пущино. Пусть знает, что такой метод существует, и, когда возникнет в нем необходимость, он уже будет знать, куда обращаться.

Практическая часть Школы состоит из двух взаимодополняющих частей. Во-первых, лабораторные работы. Проводятся они с целью подготовки слушателей к эксперименту, поэтому лабораторный практикум не носит абстрактного, отвлеченного характера, а является как бы тренировкой перед проведением физического эксперимента. Руководители соответствующих установок знакомят студентов с основными нейтронными методиками, рассказывают, как устроена установка, как она работает, какие физические задачи можно на ней решать.



Второй существенной частью Школы являются экспериментальные работы. Собственно, это проведение маленьких экспериментов на реакторе. Подготовительная часть — инструктаж по технике безопасности, по радиационной безопасности — проходит при неработающем реакторе, а затем слушатели непосредственно участвуют в реальном эксперименте на «живом» оборудовании. После этого необходимо провести обработку данных, написать отчет и представить его к защите.

Практикум на ИБР-2 проходил по следующим направлениям:

- Нейтронная дифракция — сейчас без этого метода не обходится ни одно исследование нового явления, в Дубне оно традиционно хорошо развито. Государственная премия 2000 года присуждена ученым Института и их коллегам за разви-



тие этого направления. На ИБР-2 работает несколько высококлассных нейтронных дифрактометров.

Фурье-дифрактометр высокого разрешения уникален тем, что имеет предельно возможное для нейтронных дифрактометров пространственное разрешение, с его помощью можно определить смещение атомов из положенных по симметрии позиций с

точностью до 0,1 процента. Создавался он совместно с физиками ПИЯФ РАН (Гатчина) и Центром технических исследований Финляндии.

Дифрактометр для монокристаллов. На нем можно изучать процесс создания монокристаллов в реальном времени, то есть получать дифракционные спектры во время синтеза.

Дифрактометр со встроенными камерами высокого давления (ДН-12) был создан совместно с физиками Курчатовского института. На такой установке можно изучать образцы и явления в диапазоне давлений до 200 кбар.

Текстурный дифрактометр СКАТ представляет особый интерес для исследований в науках о Земле. Создавался он совместно с немецкими физиками и ориентирован на изучение текстуры горных пород. Слушателям Школы было предложено исследовать образцы, взятые из сверхглубокой скважины в Польше.

**Дмитрий Зайцев (МГУ, ФНМ):**

То, что я узнал здесь, мне точно пригодится в дальнейшей работе. Мы довольно часто используем рентгеновскую дифракцию, изучая структуру материалов. А нейтроны как раз и позволяют расширить исследования, сделать то, что не может сделать рентген.

- Следующее направление — неупругое рассеяние нейтронов — изучалось на двух установках. Спектрометры НЕРА-ПР и КДСОГ-М созданы при участии

польских физиков. С их помощью можно изучать динамические процессы в твердых телах и жидкостях, силы межатомного взаимодействия, что позволяет делать предсказания относительно различных физических явлений, свойств веществ, прогнозировать создание новых материалов. Еще одна установка — спектрометр ДИН-2П создан вместе с физиками из Обнинска. Его отличают оригинальная конструкция и криогенное оборудование, то есть возможность использования низких температур.

- Метод малоуглового рассеяния представляет особенный интерес для исследований биологических объектов, полимеров и разупорядоченных структур. Он позволяет исследовать надатомные структуры масштаба от 10 до 300 ангстрем. Установка малоуглового рассеяния ЮМО — одна из самых популярных среди пользователей ИБР-2.

**Алексей Скворцов** (аспирант Института цитологии РАН, С.-Петербург):

В научном направлении, которым я занимаюсь, наблюдается своего рода методический голод, и на кафедре мне предложили поехать в Дубну, узнать, какие существуют новые методы исследования вещества и процессов, в нем происходящих. Меня заинтересовали два метода — малоугловое рассеяние, исследование структур с промежуточными размерами и нейтронно-активационный анализ. Дело в том, что с такого масштаба экспериментами мне сталкиваться не приходилось. Здесь своя атмосфера, связанная со спецификой эксперимента. Слаженность работы и оптимизм здесь у людей, как будто, выше, чем в других научных центрах.



- Достаточно новое направление по сравнению с предыдущими — нейтронная рефлектометрия — использование поляризованных нейтронов на установке СПН. Собственный магнитный момент нейтронов дает возможность изучать магнитные структуры.

- Еще один метод не связан напрямую с рассеянием нейтронов, но служит важным дополнительным элементом, так как позволяет исследовать состав вещества. Это нейтронно-активационный анализ на установке РЕГАТА, где проводятся работы по биомониторингу — исследованию окружающей среды.

**Екатерина Дедловская** (МГУ, ФНМ):

Реактор меня, действительно, потряс. Я, наверное, больше оценивала увиденное как женщина. Думала, что все запущено, как сейчас в некоторых российских институтах. А оказалось, наоборот, все на уровне, и в научном плане далеко продвинуто вперед. Я имею в виду не только установку РЕГАТА, на которой ведется нейтронно-активационный анализ (как мне сказали, исследования имеют

15 грантов). Удивительно, что используется каждая установка, связанная с ИБР-2, причем используется на всю катушку. Это для России удивительно.

### **О российском образовании и научной карьере**

**Академик Ю. А. Осипьян, директор Института физики твердого тела РАН (г. Черноголовка):**

В российской науке ситуация меняется к лучшему. Это чувствуется и по молодым людям, и материальное обеспечение науки совершенно явно начинает выправляться. Медленно, но это определенный факт.

*Чем, на ваш взгляд, старшее поколение ученых может привлечь в науку молодежь?*

Пока только своим энтузиазмом и знанием дела, то есть в России молодые люди, решившие связать свою жизнь с наукой, могут получить хорошую школу. Надо сказать, что российская наука и западная очень сильно различаются в определенном аспекте. Западная наука очень сильно индивидуализирована. Там каждый работает только на себя и старается, так сказать, прикрыв рукой результаты, получить какие-то гранты, какие-то деньги. К этому нужно быть готовыми. Когда молодой человек приобретет достаточную квалификацию, он может куда угодно ехать и самостоятельно работать. Но пока он не стал самостоятельным, он должен оставаться в России, потому что молодые люди у нас получают лучшую школу, чем на Западе, в первые годы своей научной карьеры. Те ребята, которые это осознают, хронологически правильно строят свою карьеру.

*То, что мы осваиваем заграничную систему грантов финансирования науки, не помешает духу коллективизма в российской научной среде?*

Конечно, это мешает до некоторой степени. Но надо соблюдать правильную пропорцию. Надо сочетать и индивидуальную оценку, и коллективную систему работы. Это и есть наша задача.

**Академик А. Р. Хохлов (заведующий кафедрой физического факультета МГУ):**

Интерес к науке сейчас большой. Это видно даже по конкурсам на факультеты естественных наук. Они растут. Например, я могу сказать, что на физический факультет в МГУ было подано в прошлом году около семи заявлений на место.

Особенно надо подчеркнуть, что этот процесс — в противофазе тому, что происходит в большинстве других стран Европы, в Соединенных Штатах. Один из моих коллег из Голландии приводил недавно на одной конференции график числа аспирантов в Голландии в области наук о полимерах как функции от времени. Если экстраполировать, то к 2005 году это будет ноль. Такая же ситуация, а может, и еще более серьезная, в других областях. Приятно отметить, что России не коснулся общемировой процесс снижения интереса к науке.

### ***Как вы считаете, почему?***

Преимущество работы в России состоит в том, что практически сейчас складывается такая ситуация, что молодой, активно работающий ученый очень быстро растёт. Благодаря различным системам грантов и временных коллективов молодые ученые продвигаются в плане карьеры гораздо быстрее, чем их коллеги на Западе. Фактически для активно работающего ученого сейчас нет проблем к 30 годам получить свою научную группу, свою научную лабораторию, которую он в дальнейшем будет развивать. Дальнейшее зависит от него самого, он может привлечь дополнительное финансирование для своих исследований и использовать те богатейшие ресурсы студентов и аспирантов, которые есть в нашей стране. На Западе к 30 годам человек только защищает кандидатскую диссертацию и еще некоторое время ходит в «подмастерьях».

### **Тяга к знаниям — неистребима**

Российский научный центр «Курчатовский институт» был образован Указом Президента России в ноябре 1991 года на базе созданного в 1943 году Института атомной энергии имени И. В. Курчатова. Быстро занял передовые позиции в решении основных направлений фундаментальной науки, далеко выходящей за ведомственные рамки отраслевого атомного министерства.

**Академик А. Ю. Румянцев, директор Российского научного центра «Курчатовский институт» (с апреля — министр атомной энергии РФ), содиректор Школы**

***Александр Юрьевич, насколько актуально стоит проблема с научной молодежью в стране? Есть ли улучшение?***

Я вам могу сказать, что в Курчатовский институт мы в прошлом году приняли только 60 молодых специалистов по всем специальностям. Это из 5,5 тысяч сотрудников! И я думаю, дело заключается в том, что Курчатовский институт вошел в список организаций, откуда не призывают в армию. А до этого по 30 в год принимали. Это была полная катастрофа!

Но, мне кажется, это процесс временный. Сейчас молодежь стала понимать, что образование — это тоже капитал, который рано или поздно будет оприходован соответствующим образом. Первая эйфория, убеждение, что деньги можно делать быстро (и действительно можно, это на практике подтверждено), прошла. Стало понятно, что деньги можно зарабатывать в течение всей жизни, основываясь на каких-то базовых, может быть, образовательных принципах.

В мое время (а я учился в школе в 50-е годы) десять классов заканчивали только материально обеспеченные дети. Тогда было обязательным семилетнее об-



разование, и многие мои сверстники после седьмого класса уходили работать на завод. То же самое происходит и сейчас — дети состоятельных родителей могут позволить себе заниматься наукой. Тот уровень материального обеспечения, который гарантирует государство для научных работников, отнюдь не соответствует прожиточному минимуму... Но, кстати, молодежь научилась зарабатывать эти деньги играючи. Нам это уже трудно понять, а они пользуются тем, что хорошо разбираются в информационных технологиях. Мы раньше вагоны разгружали, на Север ездили, чтобы сделать какой-то запас себе на год. А они придумывают какие-то электронные игры, пишут программы, дежурят в пейджинговых фирмах и, таким образом, подрабатывают. Честь им и хвала. Тяга к знаниям неистребима и народ изыскивает варианты. И, как правило, самые талантливые люди получают из тех, кто себя содержит сам.

***Расскажите, пожалуйста, о вашем новом источнике СИ, на котором будут проходить занятия школы.***

Наш источник построен, но практически в эксплуатацию не введен, он запускается в пусконаладочном режиме. Там два кольца. Одно — «Сибирь-1» — в области вакуумного ультрафиолета, это рентгеновские кванты, полученные при ускорении электронов до энергии 450 МэВ. Далее электроны из этого малого накопительного кольца попадают в большое — «Сибирь-2», где ускоряются до энергии 2,5 ГэВ. Получаются пучки СИ с энергией квантов, которые мы называем жестким рентгеном. Большое кольцо в прошлом году отработало 2000 часов, а малое, ультрафиолетовое, — 3000 часов, то есть половину календарного рабочего времени.

### **Вечные ценности неизменны**

Ордена Трудового Красного Знамени Институт кристаллографии РАН существует в системе Российской Академии наук с 1943 года и носит имя своего основателя и первого директора. Имеет филиал в Калуге — Научно-исследовательский центр «Космическое материаловедение».



**Член-корреспондент РАН М. В. Ковальчук, директор Института кристаллографии РАН, директор-организатор Института синхротронных исследований РНЦ КИ, содиректор Школы**

***Вспоминаю ваше энергичное и жизнерадостное приветствие участникам Школы и думаю — у такого руководителя института не должно быть проблем с молодежью...***

Проблемы, тем не менее, есть, они общие, не личностные. И их много. Должна быть приоритетность — какие решать сразу, какие потом. Надо было сначала приводить институт в порядок после десятилетней спячки, восста-



навливать, благоустраивать, а потом уже приглашать молодых. Сейчас, наконец, наступил этап пополнения кадров. Есть еще один важный момент — синхронность процессов внутренних и внешних. Если молодежь не хочет идти в науку, вы ее калачом не заманите. А сегодня внешние условия, ментальность в стране, в государстве поменялись. Молодежь у нас все последние десять лет приходила, но и мгновенно уходила, потому что мы сами не знали, как выжить. А они шли в торговлю. Сегодня люди начинают понимать, что истинные, вечные ценности не изменились — здоровье, знания...

У меня в лаборатории 25 человек, в том числе шесть аспирантов и еще три молодых сотрудника. Наше направление сегодня востребовано, к нему есть внимание, есть перспективы и, в общем, есть деньги. Дело движется — нужны люди.

***На каких установках Института кристаллографии продолжится на «московском этапе» занятия Школы по использованию рассеяния нейтронов и СИ?***

У нас институт в некотором смысле уникальный. Причем по нескольким параметрам. Я уже не говорю об истории, ведь это один из классических, старейших институтов Академии наук. Мы — единственный физический институт, в котором проводятся исследования по биологии. Мой учитель и предшественник на посту директора академик Б. К. Вайнштейн активно развивал белковую кристаллографию. Это первая особенность, приближающая нас к сегодняшним приоритетам. Вторая — мы имеем и развиваем в институте все методы изучения структуры и свойств кристаллов. У нас есть электронная микроскопия, современные методы атомно-силовой туннельной микроскопии, все рентгеновские методы, их десятки. Нет другого такого института, который имеет подобный арсенал. Сегодня с использованием синхротрона «Сибирь-2», на котором мы имеем приоритетные позиции, возможности становятся просто уникальными. И еще мы являемся единственным материаловедческим институтом среди физических, потому что у нас есть практически все методы выращивания искусственных кристаллов, и масса промышленных направлений была создана в нашем институте. Поэтому проще сказать, чего мы не будем показывать, не будем показывать нейтронный источник.

### **Лучше один раз увидеть**

*Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, а еще лучше потрогать — так или примерно так высказался каждый из опрошенных слушателей Школы. Хотя «ручки покрутить нам не дали», но «запах нейтронов и все такое» почувствовать удалось. Говорили, что «впечатляет обилие проводов, особенно когда в этом ничего не понимаешь» и «самое странное, что это еще и работает правильно». И почти все единодушно признавали, что надо делать больший акцент на практические занятия. Значит, желание заниматься выбранной профессией не только не пропало, но еще больше утвердилось. Наверное, в этом и есть основной результат Школы.*

**Михаил Жерненков** (Нижегородский университет):

Мой брат в прошлом году участвовал в этой школе (сейчас он проходит практику в Гренобле, от Межфакультетского центра) и очень советовал мне сюда приехать. Несколько раз я приезжал в Дубну на экскурсии, познакомился с некоторыми сотрудниками, видел Annual Report ОИЯИ, описание реактора, но то, что я увидел во время Школы, превзошло все мои «теоретические» представления. Особенно впечатлил нуклотрон.

**Виталий Макаров** (Тверской госуниверситет):

Я приезжал в Дубну в прошлом году на конференцию молодых ученых. Был на экскурсии на ИБР-2, но сейчас получил более конкретное представление о работах, которые здесь ведутся. Понравилось, что лекторы-академики очень доступно рассказывали нам, студентам физических вузов, о химии, биологии.

**Алексей Ганин** (МГУ, ФНМ):

Установки меня просто поразили. Мы — химики и привыкли к «комнатным» приборам. А здесь совершенно невероятные масштабы. Я и не представлял, что современная наука обладает такими средствами измерения, что можно получить такой спектр результатов... Школа была замечательно организована, хорошо задумана. Практически не было никаких накладок, совершенно замечательный коллектив, было приятно в нем работать. Очень хорошо, и, главное, последовательно выстроены лекции. Кроме того, удобно, что мы тут неподалеку жили, — не надо тратить время на дорогу.

**Роман Васин** (Тулский госуниверситет, учащийся Межфакультетского центра «Строение вещества и новые материалы»):

На лекциях мы столько слышали — реактор, источники, спектрометры... Интересно было посмотреть, как это выглядит «живьем». Одно дело, когда что-то рассеивается, детектируется, а совсем другое — увидеть, откуда это все летит, как ловится, обсчитывается.

**Андрей Елисеев** (МГУ, ФМН):

Экспериментальная часть, мне кажется, была слишком маленькая. Но мне удалось померять свои образцы, чему я очень рад. Обработаю данные, после чего, надеюсь, снова дадут время на реакторе. Это были «пристрелочные» измерения. Конечно, работу постараюсь продолжить.

**Евгений Суслов** (научный сотрудник Национального ядерного центра Республики Казахстан):

Я впервые в таком большом научном центре. Наш институт гораздо меньше. Реактор у нас тоже есть, только он не работает сейчас. Конечно, установки ОИЯИ на меня произвели большое впечатление, я узнал много нового. Думаю, что вполне возможны дальнейшие контакты и совместные работы.

**Алексей Стрелецкий** (МГУ, ФНМ):

Я впервые в вашем городе и впервые в научном центре мирового значения.

На лекциях мы, конечно, получили очень большой объем информации, таких ораторов не всегда встретишь в университете. Важно и то, что нас ознакомили с установками, чтобы иметь представление о методах исследования.

**Наталья Голосова** (Уральский государственный университет):

Я приезжаю на эту Школу уже второй раз. В прошлом году не было возможности изучить все установки, и я решила продолжить в этом. На этот раз я приехала еще и провести свой эксперимент по неупругому рассеянию нейтронов. Привезла с собой образцы — ферриты, меня поддержали.

**Дмитрий Лебедев** (научный сотрудник ПИЯФ РАН, Гатчина):

С точки зрения организации — все достаточно хорошо. С точки зрения полезности — Школа, конечно, больше ориентирована на студентов. Но я не жалею, что приехал сюда: узнал, что здесь делается и как делается. Возможности, конечно, впечатляющие. Можно читать «прайсы», «офшоры», но гораздо полезнее знать, кто и чем конкретно занимается и иметь возможность потрогать это руками. Как раз это Школа и дает.

### «Приятно, что мы не одни...»

Итак, подходят к концу шесть весенних недель. «География» участников оказалась довольно представительной — Москва, С.-Петербург, Саратов, Дмитровград, Обнинск, Екатеринбург, Н. Новгород, Тверь, Самара, Стерлитамак, Ростов, республики Украина, Казахстан, Белоруссия. Всего около 70 участников. За это время было прочитано около тридцати обзорных и специальных лекций. Организованы дискуссии «Фундаментальные проблемы физики конденсированных сред», «Химия и физика новых материалов», «Нейтронный текстурный анализ горных пород». В рамках Школы состоялась научная конференция, на которой участники представили свои доклады по использованию рассеяния нейтронов и СИ. Студенты Школы ознакомились с крупнейшими установками международного класса в ОИЯИ, РНЦ «Курчатовский институт», ИК РАН. Учащиеся провели на этих установках лабораторный практикум, а также имели возможность поучаствовать в настоящих физических экспериментах.

Слушатели Школы разъезжаются по городам, возвращаются к своим однокурсникам и коллегам. В их багаже — заполненная строка в зачетной книжке, свидетельство о прохождении Школы, конспекты лекций мэтров науки, адреса новых знакомых, а еще...

«Очень интересный был случай, когда лектора — академика А. Ю. Румянцеву на следующий день назначили министром по атомной энергии РФ. Не каждый день можно попасть на лекцию министра» (Анна Солошенко).

«Я была удивлена, увидев на Школе столько приезжих — из Украины, Белоруссии, Казахстана, других городов России. Мне приятно, что есть интерес к этим исследованиям не только у представителей московского региона» (Екатерина Дедловская).

«Я работаю в лаборатории органических осадений из газовой фазы, у нас с ОИЯИ давние крепкие связи. Теперь я знаю, что наши образцы попадают в хорошие руки профессионалов» (Алексей Ганин).

О большой поддержке Школы со стороны руководства институтов и ведомств уже было сказано. Теперь скажем о тех коллективах и тех людях, кто про-



вел нынешнюю Школу, вложив в это всю душу. Прежде всего, хочется выразить особую благодарность председателю оргкомитета Школы А. В. Белушкину, и. о. директора ЛНФ, за прекрасную организацию. Большой вклад в это дело внесли Т. В. Тетерева, директор Дубненского филиала НИИЯФ МГУ и М. В. Авдеев (ЛНФ), ученый секретарь Школы. Хорошо поработали все члены оргкомитета: Е. Л. Ядровский, Б. Н. Савенко, С. В. Козенков, В. В. Сиколенко, И. О. Гончарова (ЛНФ), С. П. Иванова (УНЦ ОИЯИ), В. В. Радченко, И. М. Мицина (НИИЯФ МГУ), И. В. Архангельский (МГУ), С. И. Желудева, С. А. Пикин (ИК РАН), В. В. Квардаков, Н. Ю. Свечников (РНЦ КИ), В. Г. Дроженко (Министерство промышленности, науки и технологий), В. А. Заяц (РАН). Выражаем признательность за организацию интересных дискуссий А. М. Балагурову, В. И. Горделию и Н. А. Никитину (ЛНФ). И, конечно, большая благодарность — всем лекторам, участникам дискуссий и преподавателям, кто непосредственно проводил со слушателями Школы практические занятия.

*Дирекция Школы*

## «НЕЙТРОНКА» НА ТЕННИСНЫХ КОРТАХ\*

Сохраняя свою традицию, Лаборатория нейтронной физики провела 12 июня шестой турнир по теннису, являющийся чемпионатом ЛНФ в парном разряде. Шесть лет назад турнир был впервые организован Виктором Лазаревичем Аксеновым, успешно прижился в ЛНФ и развивается вместе с мастерством и укреплением здоровья участников — сотрудников ЛНФ и членов их семей. Также традиционно турнир проводится перед совещанием по исследованиям на реакторе ИБР-2. В этом году V совещание по исследованиям на реакторе ИБР-2 проходило с 14 по 17 июня (см. № 27 нашего еженедельника — ред.). Так что участникам совещания была предоставлена возможность однодневной физической активности перед трехдневным заседанием.



На снимке: участники турнира Н. В. Аксенов, Н. Г. Аксенова, И. В. Ковалев, С. С. Павлов, Ю. В. Никитенко, Е. И. Наумко, Ю. А. Рогожин, В. Л. Аксенов, А. М. Балагуров, Т. В. Тропин, М. А. Киселев

Участники соревнований в парах были разбиты на две группы по три команды. В финал соревнований из групповых турниров вышли по две команды: В. Л. Аксенов с Е.И.Наумко, Ю.В.Никитенко и С.С.Павлов из группы «А», из

\* Еженедельник ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс», № 29 (3817) от 14 июля 2006 года.



группы «Б» А. М. Балагуров и М. А. Киселев и команда молодых участников Н. В. Аксенов и Н. Г. Аксенова. В финальной игре за первое место встретились команда В. Л. Аксенов, Е. И. Наумко и команда А. М. Балагуров, М. А. Киселев. В напряженной борьбе победу со счетом 6:1 и 6:4 в двух сетах одержала команда В. Л. Аксенов, Е. И. Наумко, в очередной раз завоевавшая переходящий кубок первенства ЛНФ. Команда А. М. Балагуров, М. А. Киселев традиционно заняла второе место. Не менее напряженной и драматичной была игра за третье место между молодежной командой семьи Аксеновых и командой Ю. В. Никитенко,



С. С. Павлов. В результате молодость уступила опыту, и третье место заняла команда Ю. В. Никитенко, С. С. Павлов. Призеры турнира были награждены грамотами, а участники и организаторы — памятным подарками. Не подвела и капризная дубненская погода — участники и болельщики смогли насладиться теплым солнечным днем.

Турнир проходил на кортах ОИЯИ, прекрасное состояние которых обеспечено благодаря усилиям и поддержке Ю. А. Рогожина и В. Н. Ломакина. Участники турнира (они же и участники совещания) выражают благодарность дирекции ОИЯИ за помощь в организации турнира, являющегося своего рода физической прелюдией к совещанию по исследованиям на реакторе ИБР-2.

*Светлана Бушмелева*

## Турнир в Дубне станет международным



50-летию Объединенного института ядерных исследований и города Дубны был посвящен VII теннисный турнир памяти выдающихся российских физиков, братьев Венедикта и Бориса Джелеповых\*. Он проходил в подмосковном наукограде 5–6 августа. Среди его участников, по традиции, были «звезды» российской науки, космонавтики и культуры. Впервые в Дубне сыграли посланцы Российского научного центра «Курчатовский институт» и киевского Института ядерных исследований. Звездный городок на этот раз представляли дважды Герой Советского Союза Александр Иванченков и Герой Советского Союза, первый Герой Российской Федерации Сергей Крикалев, а российскую культуру — дебютант турнира, кинорежиссер Алексей Учитель.

Из-за непогоды игры пришлось перенести с грунтовых кортов в зал. К тому же с 8 до 6 геймов укоротили единственный сет, который разыгрывают участники (турнир проводится в мужском парном разряде). Впрочем, это не испортило атмосферы искреннего спортивного азарта и дружеского общения, которая отличает джелеповские турниры.



\* Журнал «Теннис и бизнес», № 9 (35), сентябрь, 2006.

Виктор Аксенов, известный физик, лауреат Государственной премии, научный руководитель Лаборатории нейтронной физики и первый заместитель директора РНЦ «Курчатовский институт» по науке, постоянный участник джелеповских турниров, впервые привез в Дубну команду курчатовцев. Его прогресс в турнирном рейтинге просто замечателен: если ранее ему не удавалось пройти предварительный турнир, на этот раз в паре с сотрудником своего института Андреем Павловым Виктор стал чемпионом. Что, впрочем, совсем не удивительно: Андрей теннисом занимается с 7 лет, становился чемпионом России среди юношей, участвовал в профессиональных турнирах АТР, а ныне учится в аспирантуре на кафедре тенниса РГУФК. Его игра для болельщиков (да и игроков тоже) стала настоящим откровением. В порыве чувств один из дубненских теннисистов воскликнул: «За счастье счел бы сыграть с ним в паре!» Это можно расценить и как комплимент Виктору Аксенову: умеет подбирать сотрудников и партнеров.

— Важна не столько сама игра, — подчеркнул Виктор Лазаревич. — Важно, что на этом турнире собираются лучшие интеллектуальные силы, космонавты, лучшие режиссеры и актеры. Это создает совершенно особую атмосферу, и надо постараться сохранить ее и впредь.

Сегодня это пожелание имеет все шансы сбыться. Как рассказал директор Объединенного института ядерных исследований, член-корреспондент РАН Алексей Сисакян, отныне ОИЯИ берет турнир памяти братьев Джелеповых под свое полное покровительство и, более того, намеревается сделать его международным, пригласив для участия специалистов из стран — членов Объединенного института. В связи с этим, как отметил директор ОИЯИ, потребуются приложить и некоторые усилия по укреплению тенниса в Дубне, его материально-технической базы.

На торжественной церемонии закрытия VII турнира памяти братьев Джелеповых его инициатор и бессменный директор, вице-президент Федерации тенниса Северо-западного региона России Игорь Джелепов вручил победителям — Виктору Аксенову и Андрею Павлову (Курчатовский институт) — почетные дипломы чемпионов. Кубками награждены пары Сергей Крикалев — Юрий Молодченко (Звездный городок) за второе место, Алексей Исаев — Олег Козлов (Дубна, ОИЯИ) за третье. Вместе с ними это место разделила и пара из Санкт-Петербурга Игорь Джелепов — Александр Романов. Кубками организаторов турнира награждены также теннисистки Амира Беномар (Дубна) и Татьяна Феоктистова (Москва) — участницы праздничного микста в честь 50-летия ОИЯИ: Амира сыграла в паре с Сергеем Крикалевым, а Татьяна образовала семейный микст с сыном Андреем Павловым (этот дуэт и победил).

*Вера Федорова*



## СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

### 1972

Thermodynamics of strongly anharmonic crystals // Phys. Stat. Sol. (b). 1972. V. 31, No. 4. P. 345–351. In collaboration with T. Siklós.

Об устойчивости ангармонического кристалла с вакансиями // ФТТ. 1972. Т. 14, вып. 7. С. 1986–1992.

Модули упругости и устойчивость ангармонических кристаллов // ФТТ. 1972. Т. 15, вып. 9. С. 2575–2582. Совместно с Н.М. Плакидой.

### 1974

Термодинамика и устойчивость сильноангармонических кристаллов, Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. Томск, 1974. 14 с. (Л. М. А. ТГУ).

### 1975

Модули упругости и устойчивость решетки квантовых кристаллов // ФНТ. 1975. Т. 1, вып. 6. С. 713–719. Совместно с Н.М. Плакидой.

### 1976

Unified theory of ferroelectric phase transitions // Phys. Rev. B. 1976. V. 14, No. 1. P. 5080–5087. In collaboration with S. Stamenković, N.M. Plakida, T. Siklós.

### 1977

Теория неупругого рассеяния нейтронов на сегнетоэлектриках с водородными связями // ФТТ. 1977. Т. 19, № 8. С. 1366–1372. Совместно с С. Стаменкови-чем.

### 1978

Метод самосогласованного фононного поля в теории структурных переходов // ТМФ. 1978. Т. 34, № 3. С. 353–363. Совместно с Н.М. Плакидой.

Флуктуационные эффекты в модели сегнетоэлектрика типа смещения // ТМФ. 1978. Т. 35, № 1. С. 104–111. Совместно с Н.М. Плакидой.

Динамика решетки сегнетоэлектриков с примесями // ФТТ. 1978. Т. 20, вып. 5. С. 1469–1476. Совместно с Х. Бретером, Н.М. Плакидой.

### 1979

Метод двухвременных функций Грина в модели Изинга с поперечным полем // ТМФ. 1979. Т. 38, № 3. С. 388–398. Совместно с Г. Конвентом, Ю. Шрайбером.

Фазовый переход в модели связанных псевдоспин-фононных систем // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1979. Т. 43, № 8. С. 1593–1597. Совместно с Ю. Шрайбером.

### 1980

Order-disorder, tunneling and phonons in structural phase transitions // Ferroelectrics. 1980. V. 24. P. 255–264. In collaboration with N.M. Plakida, S. Stamenković, T. Siklós.

On the concentration dependence of coupled modes in an impure pseudospin-phonon system // Ferroelectrics. 1980. V. 29, No. 1/2. P. 43–45. In collaboration with J. Schreiber.

### 1981

On quantum diffusion of positive muons in crystals // Phys. Stat. Sol. (b). 1981. V. 103, No. 2. P. K147–K150. In collaboration with V.Yu. Yushankhai.

Soft mode and clusters in a model (one-dimensional) for displacive phase transitions // Sol. State Commun. 1981. V. 40. P. 825–828. In collaboration with A.Yu. Didyk, V.Yu. Yushankhai.

Quasilocal structural excitations in the lattice of high- $T_c$  superconductors // J. Phys. C. 1981. V. 14, No. 14. P. 2377–2386. In collaboration with G.M. Vujičić, N.M. Plakida, S. Stamenković.

Изолированная и изотермическая восприимчивости псевдоспинфононной системы // ТМФ. 1981. Т. 48, № 1. С. 112–120. Совместно с Ю. Шрайбером.

### 1982

Динамика одномерной модели фазового перехода смещения // ФНТ. 1982. Т. 8, № 6. С. 626–634. Совместно с А.Ю. Дидьком, В.Ю. Юшанхаем.

### 1983

Structural phase transitions in solid solutions // Ferroelectrics. 1983. V. 48, No. 1/2/3. P. 9–15. In collaboration with A.Yu. Didyk.

Ширины линий магнитных экситонов в кубических соединениях фазы Лавенса  $\text{PrAl}_2$ ,  $\text{PrNi}_2$  // ФММ. 1983. Т. 55, вып. 3. С. 496–502. Совместно с Е.А. Горемычкиным, Т. Фрауенхаймом.

Coupled quadrupole-phonon excitations: inelastic neutron scattering on Van Vleck paramagnet  $\text{PrNi}_5$  // Physica B. 1983. V. 120, No. 1–3. P. 310–313. In collaboration with E.A. Goremychkin, E.Mühle, Th. Frauenheim, W. Bühner.

О затухании ультразвука в квазиодномерных сегнетоэлектриках // Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 38, вып. 4. С. 157–159. Совместно с А.Ю. Дидыком, Н.М. Плакидой.

### 1984

Квантово-статистические модели в теории структурных фазовых переходов. Автореф. дис. д-ра физ.-мат. наук. Москва, 1984. 20 с.; Дубна, 1984.

Влияние дефектов на поведение мягкой фононной моды // ФТТ. 1984. Т. 26, вып. 8. С. 2437–2442. Совместно с А.Ю. Дидыком.

Precursor clusters in quasi-one-dimensional systems // Phys. Lett. A. 1984. V. 105, No. 7. P. 368–370. In collaboration with A.Yu. Didyk.

### 1985

Мягкая мода и центральный пик в квазиодномерных сегнетоэлектриках // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1985. Т. 49, № 9. С. 1863–1866. Совместно с А.Ю. Дидыком.

Фаза структурного стекла в решеточной модели  $\varphi^4$  // ТМФ. 1985. Т. 64, № 2. С. 186–196. Совместно с М. Бобетом, Ю. Шрайбером.

Structural glass in the transversal Ising model with random competing interactions // J. Phys. C. 1985. V. 18. P. L519–L523. In collaboration with M. Bobeth, N.M. Plakida.

### 1986

Структурный фазовый переход в квантовом параэлектрике с двумя типами дефектов // ФТТ. 1986. Т. 28, № 7. С. 2123–2126. Совместно с Х. Бретером, А.Ю. Дидыком.

### 1987

On the theory of the central peak at structural phase transitions // J. Phys. B. 1987. V. 69. P. 393–397. In collaboration with M. Bobeth, N.M. Plakida, J. Schreiber.

Влияние релаксирующих дефектов на динамику виртуальных доменных стенок // ТМФ. 1987. Т. 70. С. 115–123. Совместно с А.Ю. Дидыком, Р. Жакулой.

Nonergodic behavior and localization in a model of structural phase transition // J. Phys. C. 1987. V. 20. P. 375–386. In collaboration with M. Bobeth, N.M. Plakida, J. Schreiber.

Anharmonic model for high- $T_c$  superconductors // Europhys. Lett. 1987. V. 4(11). P. 1309–1314. In collaboration with N.M. Plakida, S.L. Drechsler.

### 1988

On the theory of superconductivity in a model of oxide metals // Physica C. 1988. V. 153, No. 1. P. 99–102. In collaboration with N.N. Bogolubov, N.M. Plakida.

Structural instability and high temperature superconductivity // Physica C. 1988. V. 153, No. 1. P. 194–195. In collaboration with N.M. Plakida.

Неэргодическое поведение в модели Изинга с поперечным полем // ТМФ. 1988. Т. 76, № 1. С. 47–57. Совместно с М. Бобетом, Н.М. Плакидой.

On the phase diagram of the high- $T_c$  superconductivity glass model // Physica C. 1988. V. 156. P. 18–23. In collaboration with S.A. Sergeenkov.

Nonequilibrium behaviour and nonergodicity of high- $T_c$  superconductive glass model // Physica C. 1988. V. 156. P. 235–242. In collaboration with S.A. Sergeenkov.

### 1989

Dipole superconductive glass model in a Josephson medium // Physica C. 1989. V. 162–164. P. 229–230. In collaboration with E.I. Kornilov, S.A. Sergeenkov.

Soliton relaxation in easy-axis ferromagnet with impurities // Physica D. 1989. V. 34. P. 405–417. In collaboration with P. Žakula.

### 1990

On the theory of high-temperature superconductivity // Selected Topics in Stat. Mech. World Scientific, 1990. P. 21–35. In collaboration with N.N. Bogolubov, N.M. Plakida.

### 1991

Нейтронный фурье-дифрактометр на реакторе ИБР-2. ОИЯИ, РЗ-91-172. Дубна, 1991. Совместно с О. Антсоном, А.М. Балагуровым, А.П. Булкиным, Б.И. Вороновым, В.А. Кудряшевым, В.Г. Муратовым, Х. Пеюрю, Ю.А. Пинчук, Е.В. Серочкиным, В.Г. Симкиным, А. Тиита, В.А. Труновым, В.М. Фролушкиным, П. Хиисмяки, И. Хорватом.

### 1992

К теории высокотемпературной сверхпроводимости // ТМФ. 1992. Т. 93, № 3. С. 371–383. Совместно с Н.Н. Боголюбовым, Н.М. Плакидой.

The time-of-flight four-beam neutron reflectometer REFLEX at the high flux pulsed reactor IBR-2: some polarized neutron reflectometry applications // SPIE. Neutron Optical Devices and Applications. 1992. T. 1738. P. 335–345. In collaboration with D.A. Korneev, L.P. Chernenko.

### 1993

Neutron polarization investigations of high temperature superconductors // Physica Scripta. 1993. V. T49. P. 650–654. In collaboration with E.B. Dokukin, Yu.V. Nikitenko, A.V. Petrenko, S.A. Sergeenkov.

Dynamical response functions for the scalar  $\varphi^4$ -lattice model near freezing temperature // J. of Phys.: Condens. Matter Phys. 1993. V. 5. P. 5067–5082. In collaboration with E.I. Kornilov, J. Schreiber

### 1994

Role of antiferromagnetic fluctuations in the temperature dependence of the linewidth of the transitions between the crystal-field levels in the high- $T_c$  superconductors // Phys. Rev. B. 1994. V. 49, No. 5. P. 3524–3527. In collaboration with V.V. Kabanov.

### 1995

Neutron diffraction study of the high-temperature superconductor  $\text{HgBa}_2\text{CaCuO}_{6.3}$  under high pressure // High Pressure Res. 1995. V. 14. P. 127–137. In collaboration with A.M. Balagurov, B.N. Savenko, V.P. Glazkov, I.N. Goncharenko, V.A. Somenkov, E.V. Antipov, S.N. Putilin, J.J. Capponi.

Time-of-flight neutron spectrometer for micro sample studies under high pressure // High Pressure Res. 1995. V. 14. P. 181–191. In collaboration with A.M. Balagurov, A.L. Platonov, B.N. Savenko, V.P. Glazkov, I.V. Naumov, V.A. Somenkov, G.F. Syrykh.

Neutron depolarization investigations of high-temperature superconductors in the mixed state // Physica B. 1995. V. 213/214. P. 100–106. In collaboration with E.B. Dokukin, Yu.V. Nikitenko.

Estimation of residual stress in cold rolled iron-disks using magnetic and ultrasonic methods and neutron diffraction technique // Materials Res. Soc. Symp. Proc. 1995. V. 376. P. 415–421. In collaboration with A.M. Balagurov, G.D. Bokuchava, J. Schreiber, Yu.V. Taran.

Фазовый переход в кристаллах фуллеридов  $\text{AC}_{60}$  ( $A = \text{K}, \text{Rb}$ ) // Письма в ЖЭТФ. 1995. Т. 62, вып. 5. С. 417–421. Совместно с Ю.А. Осипьяном, В.С. Шахматовым.

## 1996

Структурные особенности полимерноподобной фазы фуллерида  $AC_{60}$  // Письма в ЖЭТФ. 1996. Т. 64, вып. 2. С. 110–115. Совместно с Ю.А. Осипьяном, В.С. Шахматовым.

## 1997

Performance of the high resolution Fourier diffractometer at the IBR-2 pulsed reactor // J. Neutron Res. 1997. V. 5. P. 181–200. In collaboration with A.M. Balagurov, V.G. Simkin, A.P. Bulkin, V.A. Kudryashev, V.A. Trounov, O. Antson, P. Hiismaki, A. Tiitta.

Investigation of the  $HgBa_2CuO_{4+\delta}$  structure under external pressures up to 5 GPa by neutron powder diffraction // Physica C. 1997. V. 275. P. 87–92. In collaboration with A.M. Balagurov, B.N. Savenko, D.V. Sheptyakov, V.P. Glazkov, V.A. Somenkov, S.Sh. Shilshtein, E.V. Antipov, S.N. Putilin.

Precision neutron-diffraction study of the high- $T_c$  superconductor  $HgBa_2CuO_{4+\delta}$  // Phys. Rev. B. 1997. V. 55, No. 6. P. 3966–3972. In collaboration with A.M. Balagurov, V.V. Sikolenko, V.G. Simkin, V.A. Alyoshin, E.V. Antipov, A.A. Gippius, D.A. Mikhailova, S.N. Putilin, F. Bouree.

Structural peculiarities of  $AC_{60}$  (A=K, Rb) fullerides // J. Low Temp. 1997. V. 107, No. 5/6. P. 547–551. In collaboration with Yu.A. Ossipyan, V.S. Shakhmatov.

Refraction of polarized neutrons in magnetically non-collinear layer // Physica B. 1997. V. 234–236. P. 513–515. In collaboration with E.B. Dokukin, S.V. Kozhevnikov, Yu.V. Nikitenko, A.V. Petrenko, J. Schreiber.

## 1998

Effect of fluorination on the structure and superconducting properties of the Hg-1201 phase // Phys. Rev. Lett. 1998. V. 80. P. 385–388. In collaboration with A.M. Abakumov, V.A. Alyoshin, E.V. Antipov, A.M. Balagurov, D.A. Mikhailova, S.N. Putilin, M.G. Rozova.

Determination of the magnetic field penetration depth in  $YBa_2Cu_3O_7$  superconducting films by polarized neutron reflectometry // Physica B. 1998. V. 248. P. 166–170. In collaboration with V. Lauter-Pasyuk, H.J. Lauter, E.I. Kornilov, A.V. Petrenko, P. Leiderer.

Ориентационные состояния молекулы  $C_{60}$  в кристаллах // ЖЭТФ. 1998. Т. 113, вып. 3. С. 1081–1093. Совместно с Ю.А. Осипьяном, В.С. Шахматовым.

Поведение атомной и магнитной структуры  $La_{0.35}Pr_{0.35}Ca_{0.30}MnO_3$  при фазовом переходе металл–изолятор // Письма в ЖЭТФ. 1998. Т. 67, вып. 9. С. 672–677. Совместно с А.М. Балагуровым, В.Ю. Помякушиным, Н.А. Бабушкиной, Л.М. Беловым, О.Ю. Горбенко, А.Р. Каулем, Н.М. Плакидой, П. Фишером, М. Гутманом, Л. Келлером.

Общие свойства поверхности семейства ДНК-связывающих белков // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исслед. 1998. № 6. С. 5–12. Совместно с М.В. Авдеевым, А.А. Тимченко, И.Н. Сердюком.

Comparative analysis of geometrical properties of surface for some protein families // *Fractals and Beyond* / Ed. M.M. Novak. World Sci., 1998. In collaboration with M.V. Avdeev, I.N. Serdyuk, A.A. Timchenko.

## 1999

Изменение магнитной структуры  $(\text{La}_{0,25}\text{Pr}_{0,75})_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$  при изотопическом замещении  $^{16}\text{O}$  на  $^{18}\text{O}$  // Письма в ЖЭТФ. 1999. Т. 69, вып. 1. С. 46–51; JETP Lett. 1999. V. 69, No. 1. P. 50–56. Совместно с А.М. Балагуровым, В.Ю. Помякушиным, Д.В. Шептяковым, Н.А. Бабушкиной, А.М. Беловым, А.Н. Талденковым, А.В. Инюшкиным, П. Фишером, М. Гутманом, Л. Келлером, О.Ю. Горбенко, В.А. Амеличевым, А.Р. Каулем.

Structure of  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$  ( $0.06 < \delta < 0.19$ ) at ambient and high pressure // Phys. Rev. B. 1999. V. 59, No. 10. P. 7209–7215. In collaboration with A.M. Balagurov, D.V. Sheptyakov, E.V. Antipov, S.N. Putilin, P.G. Radaelli, M. Marezio.

DN-12 time-of-flight high-pressure neutron spectrometer for investigation of microsamples // Physica B. 1999. V. 265. P. 258–262. In collaboration with A.M. Balagurov, V.P. Glazkov, D.P. Kozlenko, I.V. Naumov, B.N. Savenko, D.V. Sheptyakov, V.A. Somenkov, A.P. Bulkin, V.A. Kudryashev, V.A. Trounov.

Magnetic flux distribution inside an  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  superconducting thin film in the mixed state // Physica B. 1999. V. 267–268. P. 149–153. In collaboration with V. Lauter-Pasyuk, H.J. Lauter, M. Lorenz, P. Leiderer.

Neutron standing waves investigations with polarized neutrons // Physica B. 1999. V. 267–268. P. 313–319. In collaboration with Yu.V. Nikitenko.

Structure of beheaded 30 S ribosomal subunit from *Thermus thermophilus* // J. Mol. Biol. 1999. V. 292. P. 633–639. In collaboration with I. Serdyuk, A. Ulitin, I. Kolesnikov, V. Vasiliev, G. Zaccai, D. Svergun, M. Kozin, R. Willumeit.

## 2000

Atomic and magnetic structure of perovskite manganites: A-cation size and oxygen isotope substitution effects and homogeneity of magnetic state // Physica B. 2000. V. 276–278. P. 536–539. In collaboration with A.M. Balagurov, P. Fischer, V.Yu. Pomjakushin, D.V. Sheptyakov.

Magnetic field distribution around flux-lines in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  superconducting thin films in parallel field // Physica B. 2000. V. 276–278. P. 776–777. In collaboration with V. Lauter-Pasyuk, H.J. Lauter, M. Lorenz, A. Petrenko, O. Nikonov, P. Leiderer.

Observation of neutron standing waves at total reflection of polarized neutrons by precision gamma-spectroscopy // *Physica B*. 2000. V. 276–278. P. 809–810. In collaboration with L. Cser, N.A. Gundorin, Yu.V. Nikitenko, Yu.P. Popov.

Observation of resonance enhanced neutron standing waves through  $(n, \alpha)$  reaction // *Physica B*. 2000. V. 276–278. P. 946–947. In collaboration with Yu.V. Nikitenko, F. Radu, Yu.M. Gledenov, P.V. Sedyshev.

Refraction of polarized neutrons on boundaries of a magnetic film // *Physica B*. 2000. V. 276–278. P. 958–959. In collaboration with S.V. Kozhevnikov, Yu.V. Nikitenko.

Наблюдение стоячих нейтронных волн при полном отражении нейтронов методом прецизионной гамма-спектроскопии // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исслед.* 2000. № 6. С. 7–10. Совместно с Н.А. Гундориным, Ю.В. Никитенко, Ю.П. Поповым, Л. Чером.

Генерация нейтронной стоячей волны при полном отражении поляризованных нейтронов // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исслед.* 2000. № 8. С. 10–15. Совместно с Ю.В. Никитенко, С.В. Кожевниковым, Ф. Раду, Р. Круисом, Т. Реквелдтом.

Fullerene molecule strain in  $\text{RbC}_{60}$  // *Phys. Lett. A*. 2000. V. 268. P. 395–398. In collaboration with Yu.A. Ossipyan, L. Forro, S. Khasanov, V.V. Chernyshev, V.S. Shakhmatov.

## 2001

Evolution of  $(\text{La}_{1-y}\text{Pr}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  crystal structure with A-cation size, temperature, and oxygen isotope substitution // *Eur. Phys. J. B*. 2001. V. 19. P. 215–223. In collaboration with A.M. Balagurov, V.Yu. Pomjakushin, D.V. Sheptyakov, N.A. Babushkina, L.M. Belova, O.Yu. Gorbenko, A.R. Kaul.

Spin-flip spatial neutron beam splitting in magnetic media // *Physica B*. 2001. V. 297. P. 94–100. In collaboration with Yu.V. Nikitenko, S.V. Kozhevnikov.

Neutron interference at grazing incidence reflection. Neutron standing waves in multilayered structures: applications, status, perspectives // *Physica B*. 2001. V. 297. P. 101–112. In collaboration with Yu.V. Nikitenko.

Study of fullerene aggregates in pyridine/water solutions // *Electronic Properties of Novel Materials-Molecular Nanostructures* / Eds. H. Kuzmany, J. Fink, M. Mehring, S. Roth. AIP Conf. Proc. 2001. V. 591. P. 66–69. In collaboration with M.V. Avdeev, D. Mihailovic, A. Mrzel, V.D. Vasiliev, A.A. Timchenko, I.N. Serdyuk.

## 2002

Long-scale phase separation versus homogeneous magnetic state in  $(\text{La}_{1-y}\text{Pr}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ : A neutron diffraction study // *Phys. Rev. B*. 2002. V. 64(2).



P. 024420-1-024420-10. In collaboration with A.M. Balagurov, V.Yu. Pomjakushin, D.V. Sheptyakov, P. Fisher, L. Keller, O.Yu. Gorbenko, A.R. Kaul, N.A. Babushkina.

Interface and surface formation in self-assembled polymer multilayers by off-specular neutron scattering, applied // *Appl. Phys. A*. 2002. V. 74. P. S528–S530. In collaboration with V. Lauter-Pasyuk, H.J. Lauter, B.P. Toperverg, A. Petrenko, D. Schubert, J. Schreiber, M. Burcin.

Aggregation of fullerenes in pyridine/water solutions // *Frontiers of Multifunctional Nanosystems* / Eds. E. Buzaneva, P. Scharff, Kluewer Acad. Publ., 2002. P. 281–286. In collaboration with M.V. Avdeev, A.A. Timchenko, I.N. Serdyuk, R.P. May.

SANS study of particle concentration influence on ferrofluid nanostructure // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2002. V. 252. P. 86–88. In collaboration with M.V. Avdeev, M. Balasoiu, Gy. Torok, D. Bica, L. Rosta, L. Vekas.

SANS study of concentration effect in magnetic/oleic acid/benzene ferrofluid // *Appl. Phys. A*. 2002. V. 74. P. 943–944. In collaboration with M.V. Avdeev, M. Balasoiu, L. Rosta, Gy. Torok, L. Vekas, D. Bica, V. Garamus, J. Kohlbrecher.

Model of separated form factor for unilamellar vesicles // *Appl. Phys. A*. 2002. V. 74. P. 1654–1656. In collaboration with M.A. Kiselev, P. Lesieur, A.M. Kisselev, D. Lombardo.

Extended conformation of mammalian translation elongation factor 1A in solution // *Biochemistry*. 2002. V. 41. P. 15342–15349. In collaboration with T.V. Budkevich, A.A. Timchenko, E.I. Tiktopulo, B.S. Negrutskii, V.F. Shalak, Z.M. Petrushenko, R. Willumeit, J. Kohlbrecher, I.N. Serdyuk, A.V. El'skaya.

## 2003

Polarized neutron reflectometry studies of depth magnetization distribution in Fe/V layered structure // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2003. V. 258–259. P. 332–334. In collaboration with Yu.V. Nikitenko, V.V. Proglyado, M.A. Andreeva, B. Kalska, L. Haggstrom, R. Wappling.

Domains and interface roughness in Fe/Cr multilayers: influence on the GMR effect // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2003. V. 258–259. P. 338–341. In collaboration with H. Lauter, V. Lauter-Pasyuk, B. Toperverg, L. Romashev, M. Milyaev, T. Krinitsina, E. Kravtsov, V. Ustinov, A. Petrenko.

Ordering in magnetic multilayers by off-specular neutron scattering // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2003. V. 258–259. P. 382–387. In collaboration with H. Lauter, V. Lauter-Pasyuk, B. Toperverg, L. Romashev, M. Milyaev, A. Petrenko, V. Ustinov.

Aggregation in non-ionic water-based ferrofluids by small-angle neutron scattering // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2003. V. 258–259. P. 452–455. In collaboration with M.V. Avdeev, M. Balasoiu, D. Bica, L. Rosta, Gy. Torok, L. Vekas.

Polarized neutrons at pulsed sources in Dubna // *Physica B*. 2003. V. 335. P. 147–152. In collaboration with H.Lauter, V. Lauter-Pasyuk, Yu.V. Nikitenko, A. Petrenko.

## 2004

Distance between vortices in a thin  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  film in parallel magnetic field // *Physica B*. 2004. V. 350. P. e331–e334. In collaboration with H. Lauter, V. Lauter-Pasyuk, M. Jernenkov, M. Meschke, A. Petrenko, M. Lorenz.

Structural features of molecular-colloidal solutions of  $\text{C}_{60}$  fullerenes in water by small-angle neutron scattering // *Langmuir*. 2004. V. 20. P. 4363–4368. In collaboration with M.V. Avdeev, A.A. Khokhryakov, T.V. Tropin, G.V. Andrievsky, V.K. Klochkov, L.I. Derevyanchenko, L. Rosta, V.M. Garamus, V.B. Priezhev, M.V. Korobov.

On the magnetic structure of magnetite/oleic acid/benzene ferrofluids by small-angle neutron scattering // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2004. V. 270. P. 371–379. In collaboration with M.V. Avdeev, M. Balasoiu, V.M. Garamus, J. Kohlbrecher, D. Bica, L. Vekas.

Three-layered Fe/Si/Cu structure as a neutron spin-precessor for low-frequency spectrometry of thin layers and surfaces // *J. Magnetism and Magn. Materials*. 2004. V. 272–276. P. e845–e847. In collaboration with V.I. Bodnarchuk, S.V. Kozhevnikov, Yu.V. Nikitenko.

Structural studies of ferrofluids by small-angle neutron scattering // *Magneto hydrodynamics*. 2004. V. 40, No. 4. P. 359–368. In collaboration with M. Balasoiu, M.V. Avdeev, A.I. Kuklin, D. Bica, L. Vécás, D. Hasegan, Gy. Torok, L. Rosta, V. Garamus, J. Kohlbrecher.

## 2005

Interplay between superconductivity and ferromagnetism in Fe/V multilayered structure studied by polarized neutron reflectometry // *Physica B*. 2005. V. 356. P. 9–13. In collaboration with K.N. Jernenkov, Yu.N. Khaidukov, Yu.V. Nikitenko, A.V. Petrenko, V.V. Proglyado, G. Andersson, R. Wappling.

Model of aggregation in fullerene solutions // *Electronic Properties of Molecular Nanostructures* / Eds. by H. Kuzmany et al. AIP Conf. Proc. 2005. P. 37–40. In collaboration with M.V. Avdeev, T.V. Tropin, V.B. Priezhev, J.W. P.Schmelzer.

## 2006

Comparative analysis of the structure of ferrofluids based on polar carriers by small-angle neutron scattering // *J. Coll. Interface Sci*. 2006. V. 295. P. 100–107. In collaboration with M.V. Avdeev, M. Balasoiu, V.M. Garamus, A. Schreyer, Gy. Török, L. Rosta, D. Bica, L. Vékás.

Pore structures in shungites as revealed by small-angle neutron scattering // Carbon. 2006. V. 44. P. 954–961. In collaboration with M.V. Avdeev, T.V. Tropin, L. Rosta, V.M. Garamus, N.N. Rozhkova.

Structural organization of water-based ferrofluids with sterical stabilization as revealed by SANS // JMMM. 2006. V. 300. P. e225–e228. In collaboration with M. Balasoiu, M.V. Avdeev, D. Hasegan, V. Garamus, A. Schreyer, D. Bica, L. Vékás.

Interaction effects in non-polar and polar ferrofluids by small-angle neutron scattering // Rom. Rep. in Phys. 2006. V. 58, No. 3. P. 293–298. In collaboration with Gy. Török, A. Len, L. Rosta, M. Balasoiu, M.V. Avdeev, V.L. Aksenov, I. Ghenescu, D. Hasegan, D. Bica, L. Vékás.

Fullerene cluster formation in carbon disulfide and toluene // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanoclusters. 2006. V. 14, No. 2&3. P. 481–488; Proc. of the 7th Biennial Intern. Workshop «Fullerenes and Atomic Clusters». In collaboration with M.V. Avdeev, T.V. Tropin, V.B. Priezzhev, J.W.P. Schmelzer.

Formation of fullerene clusters in the system  $C_{60}$ /NMP/water by SANS // Physica B. 2006. V. 385–386. P. 795–797. In collaboration with M.V. Avdeev, T.V. Tropin, M.V. Korobov, N.V. Kozhemyakina, N.V. Avramenko, L. Rosta.

Немонотонное поведение концентрации в кинетике растворения фуллеренов // Письма в ЖЭТФ. 2006. Т. 83, вып. 9. С. 467–472. Совместно с Т.В. Тропиным, М.В. Авдеевым, В.Б. Приезжевым.

Отражение нейтронов от геликоидальной системы // Письма в ЖЭТФ. 2006. Т. 84, вып. 9. С. 563–568. Совместно с В.К. Игнатовичем, Ю.В. Никитенко.

## 2007

On the possibility of using short chain length mono-carboxylic acids for stabilization of magnetic fluids // JMMM. 2007. V. 311, No. 1. P. 6–9. In collaboration with M.V. Avdeev, D. Bica, L. Vékás, O. Marinica, M. Balasoiu, L. Rosta, V. Garamus, A. Schreyer.

Особенности магнитного состояния слоистой наноструктуры ферромагнетик-сверхпроводник Fe-V // Кристаллография. 2007. Т. 52, № 3. С. 403–409. Совместно с Ю.В. Никитенко, А.В. Петренко, В.М. Уздиным, Ю.Н. Хайдуковым, Х. Цабелем.

Кластеры  $C_{60}$  в слабополярных растворах фуллеренов. Данные малоуглового рассеяния нейтронов // Кристаллография. 2007. Т. 52, № 3. С. 528–531. Совместно с Т.В. Тропиным, М.В. Авдеевым.

Исследование кластеров в водных магнитных жидкостях методом малоуглового рассеяния нейтронов // Кристаллография. 2007. Т. 52, № 3. С. 551–558. Совместно с М. Балашою, М.В. Авдеевым.

## МОНОГРАФИЯ

Рассеяние нейтронов сегнетоэлектриками. М.: Энергоатомиздат, 1984. 255 с. Совместно с Н.М. Плакидой, С. Стаменковичем; Перевод: Neutron Scattering by Ferroelectrics. Singapore: World Sci. Publ. Co. Pte Ltd., 1990.

## ОБЗОРЫ

A method of self-consistent phonon field in the theory of structural transitions // Acta Univ. Wratisl. 1978, No. 436. P. 123–139; Book of pap. XIV Winter School of Theoretical Physics in Karpacz. In collaboration with N.M. Plakida.

Кристаллические поля в  $4f$ -электронных системах. Рассеяние нейтронов // IV Междунар. шк. по нейтронной физике: Сб. лекций. ОИЯИ, ДЗ,4-82-704. Дубна, 1982. С. 389–409. Совместно с Е.А. Горемычкиным, Т. Фрауенхаймом.

Структурные стекла // V Межд. шк. по нейтронной физике: Сб. лекций. ОИЯИ, ДЗ,4,17-86-747. Дубна, 1986. С.273–286.

Glassy behaviour of high-temperature superconductors in external magnetic field // Nature and Properties of High- $T_c$  Superconductors. World Sci., 1991; Commun. in Phys. 1991. V. 1, No. 1. P. 5–11.

Исследование высокотемпературных сверхпроводников на высокопоточном импульсном реакторе ИБР-2 // УФН. 1991. Т. 161, № 8, С.179–182.

Reactor neutron sources // Large Facilities in Physics. World Sci., 1995. P. 273–291.

Пульсирующий ядерный реактор // Природа. 1996. № 2. С.3–17.

Времяпролетная нейтронная дифрактометрия // УФН. 1996. Т. 166, № 9. С. 955–985. Совместно с А.М. Балагуровым.

Современные методы структурной нейтронографии // Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исслед. 1997. № 7. С.20–24.

Structural peculiarities in fullerene crystals // Correlations, coherence, and order / Ed. by D.V. Shopova, D.I. Uzunov. London; N. Y.: Plenum Press, 1999. In collaboration with V.S. Shakhmatov.

Современные исследования с помощью нейтронов. VIII Школа по нейтронной физике. Сб. лекций. Дубна. ОИЯИ. РЗ,14,17-99-75. 1999. С.31–46.

Нейтронная физика на пороге XXI века // ЭЧАЯ. 2000. Т. 31, вып. 6, С.1303–1342.

EXAFS-спектроскопия на пучках синхротронного излучения // ЭЧАЯ. 2001. Т. 32, вып. 6. С.1299–1358. Совместно с С.И. Тютюнниковым, А.Ю. Кузьминым, Ю. Пурансом.

40 лет нейтронным исследованиям в Дубне // Вестн. РАН. 2001. Т. 71, № 5. С. 415–423.

Нейтроннография купратных высокотемпературных сверхпроводников // УФН. 2002. Т. 172, № 6. С. 701–705.

Ядерный импульсный реактор // Наука в России. 2002. № 6. С. 26–31.

Нейтроннография легированных манганитов // УФН. 2003. Т. 173, № 8. С. 883–887. Совместно с А.М. Балагуровым, В.Ю. Помякушиным.

Polarized neutrons at pulsed sources in Dubna // Physica B. 2003. V. 335. P. 147–152. In collaboration with V.V. Lauter-Pasyuk, H. Lauter, Yu.V. Nikitenko, A.V. Petrenko.

Нейтроннографические исследования зависимости атомной структуры высокотемпературных ртутных сверхпроводников от анионного состава и внешнего давления // ЭЧАЯ. 2004. Т. 35, вып. 6. С. 1351–1367. Совместно с А.М. Балагуровым, Е.В. Антиповым, С.Н. Путилиным, Д.В. Шептяковым.

Polarized Neutron Reflectometry at IBR-2 // Neutron News. 2005. V. 16, No. 3. P. 19–23. In collaboration with Yu.V. Nikitenko.

Нейтронные стоячие волны в слоистых системах // Кристаллография. 2006. Т. 51, № 5. С. 23–43. Совместно с В.К. Игнатовичем, Ю.В. Никитенко.

Развитие методов EXAFS-спектроскопии на пучках синхротронного излучения // Кристаллография. 2006. Т. 51, № 6. С. 971–1000. Совместно с М.В. Ковальчуком, А.Ю. Кузьминым, Ю. Пурансом, С.И. Тютюнниковым.

Источники нейтронов для исследований на выведенных пучках в России // Кристаллография. 2007. Т. 52, № 3. С. 396–402.

Нейтронная поляризационная рефлектометрия на импульсном реакторе ИБР-2 // Кристаллография. 2007. Т. 52, № 3. С. 593–602. Совместно с Ю.В. Никитенко.

## СОДЕРЖАНИЕ

Виктор Лазаревич Аксенов (К 60-летию со дня рождения) . . . . .	3
Основные даты . . . . .	7
<i>В. Л. Аксенов.</i> Физика конденсированных сред в ОИЯИ . . . . .	10
<i>В. Л. Аксенов.</i> Некоторые эпизоды общения с Ю. М. Останевичем . . . . .	20
<i>В. Л. Аксенов.</i> Человек яркий, творческий (О Диме Корнееве) . . . . .	23
Россия – страна-участница ИЛЛ! . . . . .	26
<i>А. Чуба.</i> Прорыв на нейтронных рубежах . . . . .	30
<i>Е. Антипов, Ю. Третьяков.</i> Нейтронная отмычка к тайнам природы. Новые возможности в структурных исследованиях современных материалов . . . . .	39
<i>В. Л. Аксенов.</i> Ядерный импульсный реактор . . . . .	43
Союз науки и образования . . . . .	52
Школа по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения. . . . .	62
<i>С. Бушмелева.</i> «Нейтронка» на теннисных кортах . . . . .	79
<i>В. Федорова.</i> Турнир в Дубне станет международным . . . . .	81
Список основных публикаций . . . . .	83