

ЭНЕРГИЯ



№ 8-9
сентябрь -
октябрь
2004 г.

-світлос



5 Международная конференция по открытым магнитным системам для удержания плазмы

О том, какие направления физики открытых ловушек обсуждались на этой конференции, наш корреспондент попросил рассказать доктора физико-математических наук Александра Владимировича Бурдакова.

— Открытые магнитные ловушки для удержания плазмы представляют интерес во многих областях физики. Все их, весьма условно, можно поделить на ловушки, которые имеют целью термоядерные исследования и в будущем — строительство термоядерного реактора, и другие системы, которые предназначены как для изучения фундаментальных физических явлений в плазме, так и для технологических целей. Все эти направления исследований были представлены на

С 5 по 9 июля в нашем институте проходила 5 Международная конференция по открытым магнитным системам для удержания плазмы, которая проводится один раз в два года в разных странах.

конференции. Например, на нескольких конференциях и, в том числе на этой, были доклады, посвященные разработке плазменного двигателя на основе открытой ловушки для дальних космических полетов человека. В частности, сейчас представляется, что экспедиция на Марс будет возможна с применением плазменного двигателя. Дело в том, что для таких дальних полетов нужны большие скорости истечения реактивных газов, что легко достигается с помощью плазменных систем. Нуж-

но сказать, что плазменные двигатели давно используются в космической технике. Пионером в свое время был Советский Союз, да и сейчас много спутников оснащено плазменными двигателями, которые позволяют корректировать орбиту и поддерживать спутники на нужной высоте. Следующим крупным шагом в этой области должны стать «маршевые» двигатели — это уже основные двигатели для дальнего полета. Есть и другие примеры плазменных технологий. В частности, параллельно с конференцией шло обсуждение нейтронной терапии рака. На конференции были представлены работы по источникам нейтральных атомов, ВЧ

(Продолжение на стр. 2-3).

Поздравляем!

Ученая степень доктора физико-математических наук присуждена
Дмитрию Константиновичу Топоркову (лаб. 2).

Ученая степень кандидата физико-математических наук присуждена
Геннадию Эллиевичу Поспелову (сектор 3-0).

5 Международная конференция по открытым магнитным системам для удержания плазмы

(Начало на стр. 1).

и СВЧ системам, инъекции в плазму крупинки и другие.

Это только выборочные примеры разработки плазменных технологий для решения практических задач. В настоящее время плазма настолько широко применяется в конкретных технологических процессах, что охватить их все на отдельной конференции не представляется возможным. Новосибирская конференция больше ориентирована на получение фундаментальных знаний о термоядерной плазме, на разработку физических основ будущего термоядерного реактора. Как известно, наиболее продвинутыми являются системы на основе замкнутых магнитных конфигураций, магнитные «бублики», в которых горячая плазма, двигаясь вдоль магнитного поля, прямо не может попасть на холодную стенку и остыть. К таким ловушкам относятся ТОКАМАКи. В настоящее время на самых крупных машинах этого класса получена плазма, в которой выделяемая мощность за счет термоядерных реакций сравнима с мощностью, затрачиваемой на нагрев и удержание плазмы, то есть фактически экспериментально доказана осуществимость термоядерного реактора. Следующим шагом должен стать экспериментальный ТОКАМАК-реактор ИТЭР, в котором предполагается зажечь термоядерную плазму. Физики-плазменщики не сомневаются в успехе этого проекта, поскольку к настоящему времени накоплен огромный эк-

спериментальный и теоретический материал о физических процессах в плазме ТОКАМАКа, а следующий шаг, ИТЭР, всего в несколько раз экстраполирует уже достигнутые результаты. На конференции рассматривался другой, альтернативный, подход к решению проблемы управляемого термоядерного синтеза. Это открытые магнитные системы, в которых основное магнитное поле формируется обычным соленоидом, а магнитные силовые линии почти прямые. Подкупающая простота конструкции и связанные с ней преимущества является побудительным мотивом для исследования термоядерных систем на основе открытых ловушек. Но в конце-концов магнитное поле линейной ловушки упирается в холодную стенку, при попадании на которую плазма охлаждается, и поэтому основные усилия физиков направлены на предотвращение вытекания плазмы из ловушки вдоль магнитного поля. В свое время А.М. Будкер и Р. Пост предложили заткнуть плазму «магнитными пробками», как назвал их Андрей Михайлович. Кстати, Пост прислал доклад на нашу конференцию, сам он по состоянию здоровья не смог приехать, но от его имени этот доклад был сделан. Классический пробкотрон Будкера-Поста впоследствии был существенно усовершенствован для того, чтобы улучшить продольную термоизоляцию плазмы. В настоящее время исследование горячей плазмы на относительно крупных со-

временных открытых ловушках проводятся в нескольких исследовательских центрах. Прогресс был виден на всех этих установках. В частности, по результатам экспериментов на установке HANBIT (Корея) было представлено достаточно много докладов, показывающих, что сделаны новые шаги в изучении плазмы. Так, нашим корейским коллегам удалось идентифицировать, характеризовать и изучить нестабильные моды в разрядах на этой установке, а также проанализировать ситуацию со стабильностью, как теоретически, так и экспериментально. Они показали, что новая техника создания разрядов помогает увеличению ионной температуры и улучшению времени жизни плазмы. Весьма впечатляющий прогресс достигнут на самой крупной открытой ловушке в Японии «Гамма-10». Эта амбиполярная ловушка с термобарьерами, то есть с дополнительными пробками, в которых формируется удерживающий плазму потенциал. Эти барьеры препятствуют разлету плазмы вдоль магнитного поля. Основная их характеристика — высота, которая измеряется в киловольтах. Чем больше киловольт, тем лучше удерживается горячая плазма. Эта величина является критической для такого рода машин, а на «Гамма-10» за два года подняли эту величину фактически в несколько раз, и удерживающий потенциал достигает в настоящее время 2 киловольт. Такие эксперименты позволяют увеличивать параметры плазмы, и мы надеемся на дальнейший прогресс в этом направлении.

Наш институт так же был представлен на этой конференции весьма достойно. В ИЯФ развивается несколько направлений исследований в открытых ловушках, получены интересные результаты. Одна из основных проблем открытых ловушек — уход тепла вдоль магнитного поля — фактически решена на наших установках ГДЛ и ГОЛ-3. На конференции был представлен доклад Д.Д. Рютова, в котором описаны новые схемы, новые подходы к подавлению потерь вдоль магнитного поля, так чтобы этот основной недостаток открытых ловушек был полностью преодолен. Другая проблема всех магнитных ловушек, включая открытые — стабильность плазмы. Если плазма бурлит, она может уйти поперек поля или преодолеть удерживающий потенциал, поэтому необходимо решить эту проблему. Теоретически предсказано великое множество плазменных неустойчивостей. Однако только эксперимент позволяет сказать, какие из них действительно играют важную роль. Как показывает опыт, если неустойчивость определена, идентифицирована, то находится и способ ее преодоления. Это продемонстрировано, как видно из докладов на конференции, и на ияфовских установках АМБАЛ, ГДЛ, ГОЛ-3, и на зарубежных машинах. В частности, на японской установке «Гамма-10» удалось существенно подавить различные неустойчивости за счет специально сформированного радиального электрического поля.

Существенное продвижение было на ияфовской многопробочной ловушке ГОЛ-3. В настоящее время достигнута температура ионов в два КэВа (20 миллионов градусов) при высокой плотности плазмы. В нашей ловушке плотность значительно выше, чем во всех существующих открытых ловушках, и вообще системах магнитного удержания. Для сравнения скажу, что, температура поверхности солнца всего шесть тысяч градусов, а температура в центре солнца, в самой горячей области, примерно такая же, как и на установке ГОЛ-3. Для нас это действительно очень большой прогресс, и он до-

стигнут в течение последних двух лет. Когда мы перешли в режим с многопробочным удержанием плазмы, оказалось, что в этой конфигурации появилось несколько неожиданных сюрпризов, как приятных, так и не очень. Как раз в последнее время было обнаружено, что в многопробочной системе можно очень эффективно нагревать ионы и удерживать плазму уже на пределе теоретических предсказаний. Мы регистрируем термоядерные реакции в плазме.

В нашем институте предложена и развивается концепция источника нейтронов для испытания материалов на основе открытой ловушки — ГДЛ. В термоядерном реакторе, который планируется сооружать, в особенности в термоядерной электростанции, есть проблема материалов. Термоядерная станция, в отличие от обычной, ядерной, конечно, менее радиоактивна. Но на первом этапе, когда будет использоваться дейтерий-тритиевое горючее, на стенку реактора будет идти мощный поток 14-ти МэВ-ных нейтронов. Их воздействие на материалы к настоящему времени не изучено. Как известно, прогресс техники есть прогресс материалов. Даже если будет построен опытный реактор, это совсем не означает, что он будет оптимальным. Нужны специальные установки для того, чтобы изучать материалы, которые, с одной стороны, должны удерживать потоки высокотемпературной плазмы, с другой — выдерживать большие тепловые нагрузки, быть очень прочными. И все это в условиях облучения 14-ти МэВ-ными нейтронами. В настоящее время эксперименты на установке ГДЛ в активной фазе, и мы надеемся, что в конкурентной борьбе между разными источниками этот будет наилучшим. Наш оптимизм основан на том, что в таких установках рождаются именно те нейтроны, которые нужно изучать, и их можно получать самым простым способом. Кроме того, на конференции были представлены экспериментальные результаты с этой установки, которые подтверждают перспективность выбранного направления. На мой взгляд, наибо-

лее впечатляющий результат, полученный на установке ГДЛ в последнее время, это достижение давления плазмы, сравнимого с давлением внешнего магнитного поля. В магнитных ловушках этот параметр является важнейшим. Существуют определенные ограничения на его величину, так, например, в классическом ТОКАМАКе не удастся поднять давление плазмы на величину, превышающую десятую долю от магнитного давления. Открытые ловушки, как это и было продемонстрировано, не имеют такого ограничения. Другой потрясающий результат, продемонстрированный на ГДЛ, состоит в том, что горячая плазма в определенных условиях может собираться к оси ловушки, вместо того, чтобы привычным образом расширяться. Сейчас установка, как было доложено на конференции, модернизируется, и следует ожидать новых физических результатов. Если говорить о научных новостях, которые были доложены на нашей конференции, то они были. В плазменной науке они выражаются в параметрах, потому что параметры достигаются только в результате научных исследований, теоретических и экспериментальных. Подъем величины термобарьера на «Гамма-10», новые результаты на установке HANBIT, результаты установок ГОЛ-3 и ГДЛ, новый эксперимент на установке ГДЛ под названием «Шип» — впервые доклады об этом были сделаны именно на этой конференции.

Тем не менее, несмотря на впечатляющие результаты, в настоящее время по основным термоядерным параметрам открытые системы еще далеки от современных ТОКАМАКов. Основная проблема в ближайшем будущем состоит в изучении физических процессов в открытых ловушках. Как показала конференция, продвижение в этом направлении возможно. В настоящее время никаких принципиальных физических ограничений для того, чтобы увеличить параметры плазмы в открытых ловушках, не обнаружено. И у нас в институте, и во всем мире возможности для прогресса есть. Нужно ими воспользоваться.

С. Таскаев

Симпозиум по бор-нейтронозахватной терапии

Мы организовали это новое мероприятие по двум основным причинам. Первая – сооружение в ИЯФ в настоящее время пилотного варианта компактного и недорогого ускорительного источника нейтронов, насущно необходимого для широкого внедрения бор-нейтронозахватной терапии¹ в клиническую практику. Второй причиной можно назвать необходимость обменяться знаниями и скоординировать усилия разрозненных групп исследователей в России, занимающихся этой тематикой и часто поддерживаемых Международным научно-техническим центром. Несмотря на то, что решение о проведении этого симпозиума было принято за месяц до его начала и сроки его проведения совпали со сроками ряда ускорительных конференций, финансовая поддержка МНТЦ позволила пригласить представителей почти всех групп российских исследователей и сделать его программу разнообразной и насыщенной.

В первый день симпозиума прошла сессия МНТЦ, на которой Э.П. Кругляков, И.А. Кооп, П.В. Логачев, М.А. Тиунов (от команды В.Л. Ауслендера), А.А. Иванов и Г.Н. Малышкин (Снежинск) доложили о результатах выполненных текущих проектов МНТЦ. Так, Геннадий Нифодиевич Малышкин в своем выступлении представил результаты разработки системы планирования процесса облучения для Снежинского Центра нейтронной терапии, который функционирует с 1999 года и где уже более 300 пациентов по направлению Челябинского онкологического центра прошли курс нейтронной терапии. Этот Центр был создан на базе нейтронного генератора 14-ти Мэвхв нейтронов, получающихся при сбросе дейтериевого пучка на тритиевую мишень, и является ярким примером конверсии военной тематики. Конечно, в

Одновременно с 5-й Международной конференцией по открытым магнитным системам для удержания плазмы с 7 по 9 июля прошел симпозиум по бор-нейтронозахватной терапии.

программе симпозиума было много докладов ияфовских участников, отражающих текущее состояние дел по сооружению ускорительного источника нейтронов, но и исследования по этой тематике, ведущиеся в России, были отражены достаточно полно. Из наиболее интересных сообщений приезжих можно отметить следующие. Во-первых, это выступление Тору Кобаяси, заместителя директора Института реакторных исследований университета Киото (Япония) и советника Общества нейтронной терапии по вопросам реакторных и ускорительных источников нейтронов. В своем выступлении профессор Кобаяси, напомнив принципы терапии и историю ее реализации на реакторах, подробно остановился на разрабатываемых ускорительных источниках нейтронов и выразил надежду, что следующее поколение установок для БНЗТ будет создано на основе компактных ускорителей. В. В. Каньгин из Нейрохирургического центра Железнодорожной клинической больницы познакомил слушателей с современным состоянием диагностики и лечения глиобластом мозга. Он указал, что ежегодная встречаемость первичных внутричерепных опухолей составляет величину 100 на миллион жителей, и средняя продолжительность жизни больных без лечения не превосходит 4 месяцев. Методы лечения основаны на том, что чем злокачественнее опухоль, тем примитивнее ее клетки, и тем активнее

в них обмен веществ. Бурное развитие нейрохирургии в последние десятилетия, сопровождавшееся кардинальным улучшением сроков и качества диагностики, не привело, однако, к существенному изменению прогноза у больных глиомами. Летальность в этой группе пациентов остается очень высокой, а результаты лечения — неудовлетворительными. Современная стратегия при злокачественных глиомах основана на междисциплинарном подходе и включает комбинацию хирургического вмешательства, лучевой и лекарственной терапии. При этом на сегодняшний день ведущая роль принадлежит малотравматичному хирургическому методу. В заключении своего выступления он особо подчеркнул необходимость как можно более быстрого внедрения бор-нейтронозахватной терапии, поскольку только она действительно позволит лечить глиобластомы. В нашем сообществе такие выступления не часты, так что докладчику было задано много вопросов, на которые Владимир Владимирович давал ясные и исчерпывающие ответы. Интерес дошел до такой степени, что на следующий день Тору Кобаяси посетил Нейрохирургический центр, где высоко оценил качество и разнообразие используемого оборудования; он заметил, что, надо думать, Япония не такая богатая страна, как Россия, поскольку в клиниках Японии используется собственное оборудование, а не американское. Наши коллеги из Обнинского Физико-энергетического института (в котором, кстати, ровно 50 лет тому назад заработала первая в мире атомная электростанция) Виктор Николаевич Кононов и Олег Евгеньевич Кононов представили сообщения про ускорительные источники нейтронов для медицины вообще и для БНЗТ в частности. Ими были уточ-

нены выходы нейтронов из наиболее перспективных для медицинского применения ядерных реакций, для чего проводились измерения дифференциального выхода нейтронов из толстых мишеней на ионных пучках ускорителя Ван-де-Графа ЭГ-2,5. Они также представили улучшенную систему формирования пучка эпитепловых нейтронов для БНЗТ, в которой в качестве замедлителя используются MgF_2 и политетрафторэтилен. И.А. Гулидов, заведующий отделением дистанционной лучевой терапии Медицинского радиологического научного центра (Обнинск), сменивший недавно на этом посту приехавшего к нам четыре года тому назад профессора Мардынского Юрия Станиславовича, в своем выступлении, закрывающем конференцию, подробно описал опыт, приобретенный в терапии быстрыми нейтронами, и первые шаги в нейтронозахватной. Также он очертил пути возможного развития нейтронозахватной терапии в Обнинске в ближайшее время, для чего, с его точки зрения, имеются хорошие предпосылки в виде опыта в МРНЦ, реактора в химическом институте и ускорителя КГ-2,5 в ФЭИ. Безусловно, интересные доклады прислали из Москвы, где уже десять лет сотрудниками Института биофизики и Онкологического центра ведутся клинические исследования по нейтронозахватной терапии на реакторе Московского инженерно-физического института. Уже вылечено достаточно много собак, и в настоящее время они реконструируют помещения реактора для лечения людей.

В заключение я хотел бы поблагодарить всех тех, кто участвовал в работе симпозиума, и кто содействовал его проведению. Так, не было никаких проблем ни с программным обеспечением, ни с транспортом, ни с питанием.

¹ Идея бор-нейтронозахватная терапия уже неоднократно освещалась на страницах газеты «Энергия-Импульс» и достаточно подробно описана на веб-сайте Института:

<http://www.inp.nsk.su/bnct/>

«Конференция продемонстрировала активность плазменного сообщества»



Доктор Klaus Noack работает в исследовательском центре Росендорф, который находится около Дрездена (Германия). Его очередной визит в рамках сотрудничества с нашим институтом начался за неделю до конференции, в работе которой он тоже принял участие. Наш корреспондент попросил доктора Noack рассказать о теме его исследований и поделиться впечатлениями о конференции.

— Наше сотрудничество продолжается уже более десяти лет. Первый раз я был в вашем институте в 1992 году. Кстати, первая конференция этой серии состоялась здесь в 1993 году, и мне тогда пришлось — довольно неожиданно для себя — делать доклад.

Наши совместные работы ведутся в рамках разработки нейтронного источника, позволяющего проводить исследования материалов для термоядерных реакторов. Будкеровский институт еще в конце 80-х годов предлагал строить нейтронный источник на базе плазменной установки с использованием газодинамической ловушки. В последние годы всегда были какие-то финансовые трудности, но появилась надежда на то, что будут найдены деньги для модернизации экспериментальной установки. Это очень важно, так как эксперименты необходимо совершенствовать, чтобы машина могла работать так, как планируется.

Как всегда, сотрудничество развивается только тогда, когда есть контакты в рамках какого-то плана и когда можно найти деньги для того, чтобы осуществлять визиты или проводить совместные работы. Встречи, на которых

обсуждаются полученные результаты, проходят регулярно: в Росендорфе мы занимаемся, в основном, расчетами, а в Новосибирске проводятся эксперименты. Нужно сказать, что в последние годы нам удалось найти постоянные источники финансирования своих работ, так как поиском таких возможностей мы занимаемся постоянно и используем любые варианты.

Конференция, которая проходит сейчас в вашем институте, представляет для меня большой интерес. Тема «Открытые ловушки» сохраняет свою актуальность и развивается дальше. Очень хорошо, что есть содружество ученых, разрабатывающее альтерна-

тивные методы, которые можно применять в работах по созданию термоядерного реактора. Один из наиболее значимых аспектов нынешней конференции заключается в том, что она еще раз продемонстрировала активность и плодотворность этого научного сообщества. Я приехал для того, чтобы узнать новости о развитии плазменной установки, в частности, о проекте нейтронного источника. Этому посвящено много докладов и постеров, и в этом плане все очень информативно.

Хочу особо подчеркнуть, что за последние годы уровень докладов наших российских коллег значительно повысился. Речь идет о подаче экспериментальных и расчетных результатов, которые сами по себе всегда были выполнены на высоком уровне. Сейчас ияфовские физики докладывают на конференциях очень хорошо. Я считаю, что эта проблема решена.

На всех прошедших конференциях я выступал с докладами, но на этот раз решил поручить сделать это моему ияфовскому коллеге Андрею Аникееву, который будет заниматься этой темой в дальнейшем.

Что касается организации конференции, то в ИЯФ всегда стараются сделать это максимально хорошо. Очень приятно то, что каждый день бывают какие-то концерты, экскурсии — культурная программа очень разнообразна. Все это требует больших усилий от организаторов, и, по-моему, только в вашем институте еще сохраняется эта традиция.

Я надеюсь, что традиция — проводить плазменные конференции каждые два года — сохранится.



«Меня восхищает история вашего института»

Профессор Teruji Cho — директор Центра исследования плазмы университета в Цукубе (Япония). Во время конференции он дал короткое интервью нашему корреспонденту

— В настоящий момент мы сотрудничаем с вашим институтом в рамках международных программ, и многие ученые из Японии уже бывали здесь. Есть интересные результаты, и я надеюсь, что это сотрудничество даст хорошие результаты и в будущем.

Главное, что нам удалось сделать, это зеркало (А.М. Будкер называл эти зеркала пробками) для знаменитой плазменной ловушки. В вашем институте работает профессор Димов. Он предложил очень полезное новое направление, это так называемая, «амбиполярная ловушка». В настоящее время мы начали сотрудничество на основе предложений профессора Димова по экспериментам на этих ловушках. Прогресс основывается на ловушках с термобарьером, которые являются важным объектом исследования и в России, и в Японии, а теперь и в Корее. Так же, как некоторые английские и американские ученые, я считаю, что необходимо продолжать научные разработки в области физики плазмы по программе нейтронного источника для термоядерного реактора. Имеется значительный прогресс в сотрудничестве между Японией и Россией. Сейчас активно работают в этой области корейцы и американцы, на мой взгляд, у них хорошие результаты.

Я уже выступил с докладом, к сожалению, у меня нет возможности остаться до конца конференции: нужно вернуться в Японию, так как в это время у нас проходит неделя глобального планирования для директоров. Мы должны пре-

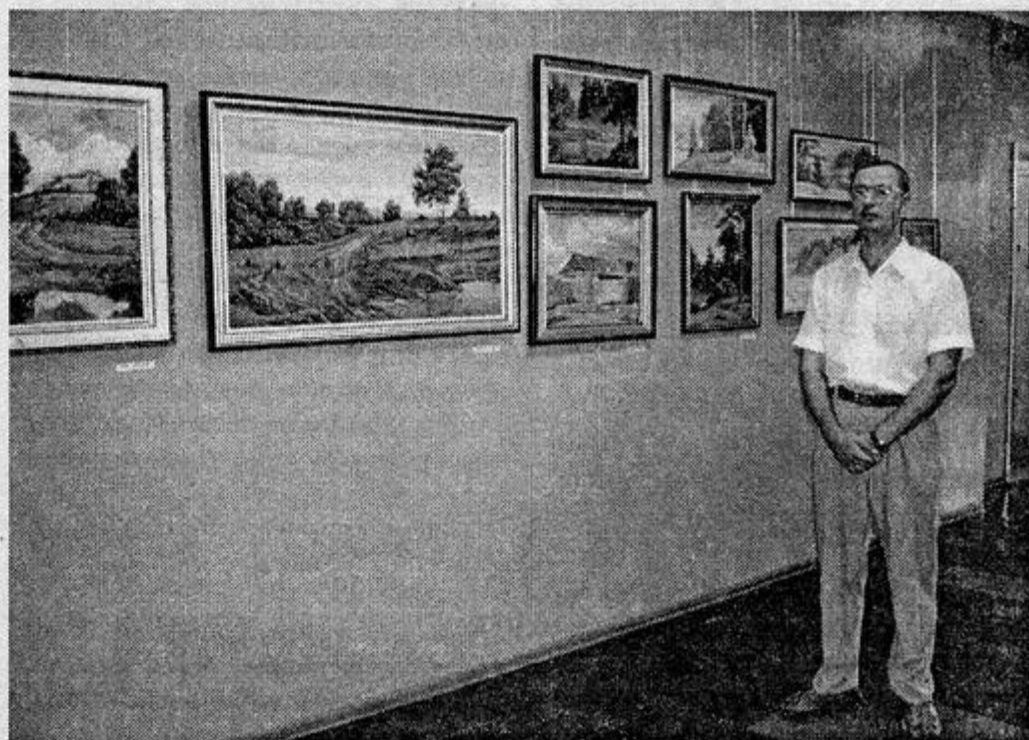
доставить основные предложения на следующий финансовый год. Я должен уехать, хотя мне очень хотелось бы здесь остаться до окончания работы конференции.

В Новосибирске я уже третий раз и два-три раза бывал в Москве. Россия — прекрасная страна, я чувствую, что по сравнению с прошлым визитом здесь многое изменилось в лучшую сторону. Люди здесь очень добры и так же гостеприимны, как в Японии.

В этот раз меня приятно удиви-

ло то, что на конференции были молодые переводчики из Новосибирского университета, владеющие японским языком. Это было очень хорошей поддержкой для японских ученых. Так же для меня было интересно общение с людьми, которые не являются учеными. Обычно, не только в России, но и в других странах, даже в Японии, мы общаемся, в основном, только с учеными и никогда не разговариваем с обычными людьми.

Впервые у меня была возможность пообщаться с простыми людьми и ближе познакомиться с культурой вашей страны. Такой культурный обмен очень важен, так как значительно улучшает взаимопонимание между нами. Меня восхищает история вашего института и то, что здесь сейчас работают многие известные ученые, которые творят ее сейчас.



Участники конференции СИ-2004 могли познакомиться с работами художника А. Манушина.

Мы будем укреплять наше сотрудничество

М. Kwon — Институт фундаментальной науки (Корея)

— Наш центр — один из молодых центров, в котором проводятся научные исследования в области термоядерного синтеза. В настоящее время мы занимаемся исследованиями на одной из открытых ловушек, которая называется HANBIT.

На этой конференции мы представляем результаты, недавно полученные на этой установке. Кроме этого мы занимаемся строительством новой ловушки, которая является замкнутой ловушкой. Называется она Корейская Звезда — это реактор ядерного синтеза на основе токамака. Я занимаюсь как открытой ловушкой HANBIT, так и токамаком Корейская Звезда.

Сотрудничество между Будкеровским институтом и нашим центром имеет долгую историю. Раньше я работал в другом институте, в ускорительной лаборатории, и там у нас тоже были совместные работы с Будкеровским институтом по разработке магнитов. Это было пятнадцать лет назад, и в то время наше сотрудничество тоже развивалось очень успешно. ИЯФ и сейчас изготавливает сверхпроводящие магниты для нашего центра.

Как директор лаборатории, в которой развивается открытая ловушка HANBIT, я должен сказать, что этот тип машин был изобретен в ИЯФ много лет назад, а опыт взаимодействия с вашим институ-

том убеждает в его хороших перспективах в будущем. В мире я бы отметил только три института — в Японии, Корее и России — которые работают в области открытых ловушек. Мы поддерживаем тесные отношения с этими институтами. В течение последнего года я и два сотрудника нашего института участвовали в одном из экспериментов на установке ГОЛ-3. Мы провели совместные исследования и представили результаты этих исследований на конференции.

Мы остаемся в коллаборации с установкой ГОЛ-3 по нейтронной диагностике. Я интересовался возможностями вашего института в решении некоторых проблем нашей машины. Это поможет сохранять достигнутый уровень коллаборации и развивать ее в будущем. Мы будем укреплять наше сотрудничество: собираемся посылать своих специалистов сюда и приглашать ияфовских сотрудников в Корею. Это позволит нам вместе проводить исследования, вместе получать результаты и вместе писать статьи. Перспективы очень хорошие. Я думаю, что у нас появится больше возможностей для активных контактов в будущем, так как мы создаем новую машину в нашем институте

Я участвовал здесь в эксперименте в прошлом году. Это было в апреле, но тогда погода стояла очень холодная: шел снег и все покрывал лед. Сей-

час погода хорошая, а общаться с людьми было всегда очень приятно в любую погоду.

Конференция проходит каждые два года, место проведения меняется циклически — в Японии, Корее и России. Я принимал участие в конференциях, которые проходили в Японии и Корее, а на конференции в России впервые. Я думаю, что ее можно проводить в России всегда, потому что в этом случае в ней принимает участие больше российских ученых, многие из них высказывают много интересных идей, которые очень полезны для нас. Если же конференция проходит в Японии или в Корее, то в ней принимает участие всего лишь десять российских ученых. А так как история этих работ берет свое начало в России, то российских ученых должно участвовать в таких конференциях гораздо больше.

Сейчас у меня было больше возможностей, чем в прошлый раз, познакомиться с городом, с природой, с людьми, приобщиться к вашей культуре. Это произвело на меня большое впечатление. Я думаю, что такие встречи очень важны для взаимного понимания культур различных наций и государств, и очень благодарен организаторам конференции, которые предоставили нам такой шанс.

Все фото в этом номере
газеты «Энергия-импульс»
Н. Купиной.



Г. Кулипанов

СИ-2004 — тридцать лет с начала экспериментов на синхротронном излучении

На 15-ю Международную конференцию по использованию синхротронного излучения СИ-2004, которая проходила в нашем институте с 19 по 23 июля, прибыли представители многих российских и зарубежных центров, в которых либо уже активно работают источники СИ, либо начинают создаваться: из США, Канады, Швейцарии, Кореи, Англии, Франции, Германии, Испании. Всего зарубежных гостей было 24 человека. Из России и стран СНГ прибыло 65 человек, 40 — из Новосибирска, и около 100 ияфовских сотрудников приняли участие в работе этой конференции. Было представлено свыше девяноста устных докладов и более ста — постерных. Конференция прошла при поддержке Международного Научно-Технического Центра (МНТЦ), Министерства образования и науки РФ, Российского фонда фундаментальных исследований и ЗАО РТИ (Черноголовка).

Эта конференция была юбилейная: прошло тридцать лет с начала экспериментов на СИ в ИЯФ. На пленарном заседании «30 лет СИ в ИЯФ СО РАН» первые пользователи СИ: профессор М.А. Мокульский (Москва), А.А. Вазина (Пушино), И.А. Овсянникова (Институт

катализа, Академгородок), Л.Н. Мазалов (Институт неорганической химии, Академгородок) были награждены специальными дипломами за проведение пионерских работ в Сибирском центре синхротронного излучения. Такие же дипломы получили сотрудники ИЯФ, внесшие большой вклад в развитие источников СИ. Участники конференции с большим интересом посмотрели документальный фильм «Не останавливая мгновение», снятый в 1982 году по сценарию А.А. Мелик-Пашаевой.

Итоги конференции прокомментировал академик Геннадий Николаевич Кулипанов.

— Научная программа конференции охватывала несколько основных тематик.

В России сейчас два крупных действующих центра синхротронного излучения — в нашем институте и в Курчатовском. За рубежом существует более двух десятков таких центров, наиболее крупные из них в США — Аргонская национальная лаборатория — APS, в Гренобле — ESRF, в Японии — Spring-8. Построено несколько не таких больших источников, но тоже очень хороших, в Швейцарии — PSI, в Канаде — CLS. Такие же

источники строятся в Англии, Австралии, во Франции и Испании.

Ияфовские источники на сегодняшний день не относятся к числу лучших. Но мы научились делать очень хорошие вигглеры, магнитные системы и т.д. для крупных зарубежных центров. Поэтому, используя контракты, мы приобретаем и развиваем умение создавать современные источники, которые, надеюсь, понадобятся нам и для создания нового современного собственного источника СИ в ближайшем будущем. С другой стороны, на заработанные таким образом деньги мы не только живем, но и создаем новые установки, в последние годы, например, мы построили мощный лазер на свободных электронах (ЛСЭ).

Теме «Накопители заряженных частиц как источники СИ», было посвящено несколько докладов: В. Корчуганова — об ускорительном комплексе Курчатовского центра СИ; D. Einfeld — о новом источнике СИ в Испании; Suller — об источнике для юго-запада США; P. Weigtmann об UGLS — проекте для Дарсбэри (Англия).

В мире существует множество методов исследований с использованием СИ. Соревноваться здесь

сложно, тем более, что мы имеем не самый мощный источник. Однако, есть направления, в которых у нас есть исследования, проведенные не только на очень высоком уровне, но и впервые в мире. Здесь можно назвать работы по рентгенофлюоресцентному элементному анализу для исследования палеоклимата по осадкам сибирских озер — очень интересный доклад Е.Л. Гольдберга (ЛИН СО РАН, Иркутск) по Байкалу, а также доклад А.В. Дарьина (ИГ ОИГГМ СО РАН, Новосибирск) по Телецкому озеру.

Большие возможности открывают работы по исследованию взрывов и сопровождающих их сверхбыстрых процессов. Так, можно использовать взрыв для создания сверхвысоких давлений, исследовать в этих условиях не только различные материалы, но и различные процессы, которые происходят во время взрыва, например, получение микрокристаллов алмазов. Одна из задач нанотехнологий — как сделать размер кристаллов, которые получаются, очень маленькими и с малым разбросом по размерам. Для этого нужно понять, как растут кристаллы, а потом научиться управлять их ростом. С одной стороны — это фундаментальные исследования ударно-волновых процессов с разрешением в десятки-сотни наносекунд, с другой стороны — решаются какие-то практические задачи. Как раз для изучения взрывных процессов мы имеем лучшую аппаратуру — это и детектор, разработанный в нашем институте лабораторией В.М. Аульченко, это и взрывная камера, на которой Институт гидродинамики с Институтом химии твердого тела отработали методики. По этим направлениям мы сохраняем лидерство. В секции «Диагностика горения, детонации и ударно-волновых процессов пучками высокой энергии» участвовали не только новосибирцы, но и представители Москвы, Института академик В. Фортова, которые тоже используют станцию в нашем институте, а также РФЯЦ-ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина (Снежинск), ОРСЭ (Франция). То есть эта тема-

тика географически активно расширяется.

Часть докладов конференции была посвящена использованию синхротронного излучения в нанотехнологиях. Очень интересный обзорный доклад был у чл.-корр. РАН Н.З. Ляхова, ставший хорошим введением в проблемы и задачи нанотехнологий. Несколько сообщений касалось работ, которые ведутся в Институте катализа. В одном из них речь шла о самовоспроизводимых наноструктурах, которые могут быть использованы в нанотехнологиях. Еще одна задача, которая решается с применением синхротронного излучения, это исследования нанотрубок, которые проводятся в Институте неорганической химии. Институт химии твердого тела разрабатывает технологии получения наночастиц серебра.

СИ активно используют в своих исследованиях медики и биологи. Доклад профессора W. Thomlinson (Канада) был посвящен использованию СИ в биомедицине. Некоторые технологии развиваются параллельно, например, ангиография кровеносных сосудов, которая долго развивалась и в нашем институте, но со временем эти работы были закрыты, так как метод ядерного магнитного резонанса оказался проще и эффективнее. Становится актуальным использование СИ для терапии некоторых видов рака. При этом создается своего рода матрица из микропучков микронной ширины и облучается опухоль. В результате можно существенно увеличить дозы для облучения, не нанося вред человеческому организму. Сейчас эти исследования активно проводятся в США и Канаде, проявили заинтересованность японцы.

Другим примером параллельно развивающихся технологий может служить рентгеновская литография на пучках СИ и литография на длине волны 13,6 нанометра. Была разработана рентгеновская оптика нормального падения на основе многослойных зеркал, хорошо работающая на этих длинах и позволяющая делать литографию по классической схеме. Чтобы разра-

ботать эту технику, а также эффективные капиллярные плазменные источники, потребовались громадные деньги. Похоже, в последующие примерно пятнадцать лет синхротронное излучение здесь будет не нужно, но следующий шаг в этой области, скорее всего, потребует его применения. А вот для лига-технологии нет никаких вариантов, кроме синхротронного излучения, и эти работы сейчас развиваются во всем мире, и в нашем институте тоже.

Что касается детекторов рентгеновского излучения, то ИЯФ разрабатывает достаточно эффективные детекторы, которые используются для дифрактометрии — одно- и двухкоординатные детекторы, а также для исследования сверхбыстрых процессов, происходящих, например, при взрывах. Нужно сказать, что на секции, посвященной детекторам, доминировали ияфовские авторы. Интересным также был доклад профессора J. Hendrix из Германии. Несколько хороших докладов по рентгеновской оптике было из Черноголовки, из Нижнего Новгорода и из нашего института: многослойные зеркала, брэгг-френелевская оптика, рентгеновские волноводы — эти направления у нас давно развиваются и получены очень хорошие результаты.

Тематика «Аппаратура и оборудование для работ с СИ, вигглеры и ондуляторы» также была представлена многими докладами. Так, например, доклад Н.А. Мезенцева по сверхпроводящим вигглерам, которые разрабатывались и изготавливались у нас, и которыми сейчас оснащены практически все крупные источники СИ в мире. Интересный доклад был у Э. Трахтенберга (Аргонская лаборатория), в нем шла речь о создании ондуляторов на постоянных магнитах в отделе Е. Глушкина Аргонской национальной лаборатории.

«Лазеры на свободных электронах и источники СИ четвертого поколения на базе ускорителей-рекуператоров» — еще одна актуальная тема нашей конференции. Доклад

Окончание на стр. 10.

Г. Кулипанов

СИ-2004 — тридцать лет с начала экспериментов на синхротронном излучении

Начало на стр.8.

профессора Е. Jaeschke (BESSY, Германия) содержал предложение проекта о создании лазера на свободных электронах в области мягкого рентгеновского излучения с использованием линейного ускорителя. Нужно сказать, что однопролетные безрезонаторные лазеры на свободных электронах когда-то были предложены в нашем институте А. Кондратенко и Е. Салдиным. Сейчас это направление активно развивается во всем мире.

Я докладывал об альтернативном проекте MARS — это не лазер на свободных электронах, это источник, построенный на базе ускорителя-рекуператора (устройство, которое используется сейчас для нашего ЛСЭ). Такое предложение было впервые сделано нами еще в 1997 году, за эти годы произошло его осмысление, осуществлена некоторая проработка. Если нам удастся осуществить этот проект, то мы получим лучший в мире источник СИ. Надеюсь, что через какое-то время в России это станет возможным. Создание такого принципиально нового источника СИ позволит нам «перегнать другие страны, не догоняя».

Впервые в программе наших конференций была выделена как самостоятельная тематика «Источники терагерцового излучения и их применение». Это связано с тем, что год назад в ИЯФ начал работать лазер на свободных электронах. Сейчас мы организовали вывод мощного (200 Вт) монохроматического (0,3%) излучения через алмазное окно. Импульсная мощность 600 кВт, эти импульсы идут с частотой повторения 5 МГц. Были проведены первые пробные эксперименты. Это очень впечатляющее зрелище, так, если сфокусировать излучение, то воздух пробивается и горит разряд. Или когда даже не сфокусированное излучение падает на какие-то твердые тела, напри-

мер, на оргстекло, то видно, как за счет процесса абляции образуется отверстие, то же самое происходит, если взять пластинку углерода. Сейчас создаются экспериментальные станции, мы рассчитываем, что в течение следующих двух лет можно будет активно работать с терагерцовым излучением и одновременно делать четырехдорожечный ускоритель-рекуператор, который, с одной стороны, станет прототипом MARS, а с другой — мощным лазером на свободных электронах с диапазоном от терагерцового до инфракрасного излучения.

Секция, посвященная использованию синхротронного излучения для исследования окружающей среды и экологии, традиционно проводится на Байкале, куда участники конференции и отправились после завершения работы в ИЯФ.

Финансовую поддержку нашей конференции оказал МНТЦ, это бывает лишь в том случае, когда организаторы являются достаточно крупными участниками проектов. В этом случае МНТЦ просит организовать специальную секцию. Работа секции МНТЦ на нашей конференции была посвящена деятельности Центра в России по поддержке исследований в области СИ, здесь были представлены наиболее крупные проекты ведущих российских институтов. Участие в работе секции МНТЦ давало возможность обменяться информацией и непосредственно пообщаться участникам одного проекта, работающим в разных центрах и городах.

В нашей конференции принял участие новый директор МНТЦ Jousten Norbert. Это было его знакомство и с нашим институтом, и с Академгородком. Сейчас в ИЯФ 11 проектов, получивших поддержку МНТЦ. Во время беседы с Jousten Norbert мы обсудили те преимущества, которые имеют гранты МНТЦ по сравнению с другими грантами. Главное заключается в том, что они значительно больше, чем другие, и

позволяют выполнять заметные работы. Примером может служить виглер, который мы сделали в свое время для Японии, или источник нейтронов для бор-нейтрозахватной терапии рака, который строится сейчас. Другое преимущество этих грантов, состоит в том, что на базе уже выполненных проектов у нас развились некоторые технологии, в частности, после виглера для Японии, мы смогли сделать еще с десятков очень хороших виглеров для физических центров в других странах. Наконец, благодаря этим грантам мы укрепили контакты не только с зарубежными партнерами, но и с нашими коллегами из российских ядерных центров, поскольку эти гранты были направлены на поддержку ученых, которые ранее занимались созданием оружия массового уничтожения, на их конверсию. Если до 1990 года у нас почти не было совместных научных работ, то сейчас они появились и со Снежинском, и с Арзамасом. Во время беседы с директором МНТЦ мы высказали также и свои предложения, которые, на наш взгляд, могут улучшить работу этой организации. Прежде всего, нужно ускорить рассмотрение проектов: нередки случаи, когда это растягивается на период до двух лет, минимальный срок — полгода. Бывает так, что проект получает одобрение, но без финансирования. Мы предложили следующие десять лет (а в октябре МНТЦ исполняется десять лет) развивать еще одно направление в дополнение к конверсии — борьба с терроризмом. Сибирские институты могут внести серьезный вклад в решение этой проблемы, например, развитие и совершенствование систем досмотра по поиску оружия, взрывчатых веществ, наркотиков, это различные датчики, системы ночного видения и многое другое. Все эти предложения встретили положительную реакцию со стороны директора МНТЦ.

«Посещение института произвело на меня очень большое впечатление»

Программа директора МНТЦ Jousten Norbert была очень насыщенной, но он уделил немного времени для короткого интервью нашей газете.

— *Господин Norbert, почему МНТЦ решил поддержать эту конференцию?*

J. Norbert: МНТЦ решил оказать финансовую поддержку в проведении этой конференции по той причине, что такого рода мероприятия осуществляются в соответ-

J. Norbert: Да, вчера у меня была возможность ознакомиться с вашим институтом, с его объектами. Я должен сказать, что посещение института произвело на меня очень большое впечатление. Меня поразили его масштабы, качество установок, которые нам были продемонстрированы, научный уровень. Неизгладимое впечатление произвели на меня энтузиазм и активность ученых, которые здесь трудятся.



Директор МНТЦ Jousten Norbert (крайний справа) во время одного из перерывов в работе конференции.

ствии с одной из программ оказания поддержки и помощи, реализуемых МНТЦ. Эти мероприятия занимают особое место в деятельности МНТЦ, поскольку имеют не только образовательное и обучающее значение, но и помогают ученым из России и других государств СНГ обменяться опытом с их коллегами из зарубежных стран. Сейчас в институте им. Будкера МНТЦ предоставляет финансирование более десяти проектам на общую сумму около 4-х миллионов долларов.

— *Удалось ли Вам познакомиться с нашим институтом?*

— *Что Вы можете сказать о перспективах взаимодействия ИЯФ и МНТЦ?*

J. Norbert: Я думаю что дальнейшие отношения и сотрудничество между МНТЦ и институтом им. Будкера имеют вполне реальные перспективы. Мы приглашаем сотрудников вашего института принять участие в нашем программном подходе, одной из задач которого является определение одного из приоритетных направлений дальнейших исследований, которые были бы одинаково интересны, как для МНТЦ, так и для вашего института.

Владимир Валентинович Квардаков — исполнительный директор Курчатовского центра синхротронного излучения и нанотехнологий, научные интересы — рентгеновская оптика.

— Я начинал работать в Курчатовском институте на нейтронном реакторе будучи еще студентом, в это время Курчатовский источник СИ только начинал строиться. Ней-

«Мы должны действовать вместе»

тронная оптика очень близка по своей физике к рентгеновской оптике, многие вещи можно легко перенести с реактора на синхротрон.

С вашим институтом у нас давние контакты, которые активно развиваются. Ияфовские специалисты создали наш синхротрон, помогли вывести его на проектные параметры, и мы надеемся, что будут помогать совершенствовать его и в дальнейшем, так как многие системы уже морально устарели и требуют модернизации. Один из ведущих сотрудников ИЯФ — Владимир Корчуганов — практически половину времени проводит у нас, поскольку является заместителем директора нашего комплекса и отвечает за его развитие.

Когда я бываю за рубежом, то каждый раз убеждаюсь в том, что ИЯФ известен очень широко, особенно в Азиатском регионе, и пользуется большим авторитетом.

Наши институты связывают отношения, которые вполне можно назвать родственными. Очень важно, чтобы мы действовали единым фронтом и ни в коем случае не становились соперниками с научной точки зрения. В таком большом государстве, как Россия, сейчас действуют всего два синхротрона, и для каждого есть множество задач, которые нужно решать. Мы должны действовать вместе, а не порознь, отстаивая общие интересы. Тогда мы в два раза сильнее.

«Сотрудничество с ИЯФ началось давно»

Александр Николаевич Артемьев — начальник лаборатории Курчатовского центра СИ, работает на синхротронном излучении и занимается рентгеновской оптикой, мечтает сделать рентгеновский микроскоп.

— Сотрудничество с ИЯФ для меня началось давно, в 1975 году, когда после встречи Ю.М. Когана и А.Н. Скринского целая группа сотрудников нашего института (в их числе был и я) приехала в ИЯФ, чтобы осуществить их идею.

Наше взаимодействие было плотным и продолжалось до 1985 года. Потом эта тематика не получила развития, но началась работа по созданию источника СИ для нашего института, и мне пришлось еще больше времени прово-

дить в ИЯФ. Это был стартовый момент, когда надо было делать все. А когда накопитель был создан, наступило время профессионалов, а я не профессионал в этой области, поэтому естественным образом отошел и остался в области своих научных интересов — взаимодействии излучения с веществом, чем и продолжаю в разных аспектах заниматься сейчас. В ИЯФ ездить так часто, как раньше, необходимость отпала, но контакты сохранились, меня прекрасно встречают здесь, и со многими я знаком.

Из пятнадцати конференций этой серии я был практически на всех. На эту конференцию мы привезли свою работу и с интересом познакомились с представленными на ней работами из

других центров. Некоторые идеи, предложенные в них, например, в докладе В. Корчуганова, были для нас новыми. Как всегда, во время конференций бывает много полезных контактов. Так, у меня была длительная беседа с директором канадского центра СИ, которая помогла осознать один интересный аспект: идет своего рода «подсос» наших физиков — то есть, это не мы туда хотим, а они оттуда нас тянут. Престиж науки там падает, а у российских специалистов, во-первых, очень высокий уровень образования, во-вторых, они очень работоспособные, активные. Однако в последнее время все чаще наши ребята возвращаются, объясняя это тем, что им там просто неинтересно работать.

Новые возможности для экспериментов

Фирма «RTI Криомагнитные системы» из Черногловки выступила в числе спонсоров конференции «СИ-2004». Стенд, содержащий информацию о производимом этой фирмой криогенном оборудовании для физических экспериментов, располагался рядом с постерными докладами и привлек внимание многих участников конференции. Наш корреспондент взял интервью у Генерального директора фирмы, доктора физико-математических наук, профессора Евгения Ивановича Демихова.

— Фирма RTI возникла на базе Института физики твердого тела Академии наук. Вначале это был отдел, который занимался криогенными технологиями. В 1998 году мы сформировали коммерческую фирму, которая позже полностью отделилась от института, выкупив все необходимое для производства криогенного оборудования. За это время число сотрудников фирмы увеличилось с двух до пятидесяти человек. Фирма состоит из научных сотрудников — у нас работают два доктора и три кандидата наук — а также квалифицированного инженерного персонала и техников самых разных уровней.

Мы сейчас находимся в стадии объединения с фирмой Курчатовского

института, которая занимается разработкой и изготовлением сверхпроводящих соленоидов для физического эксперимента. Наше поле деятельности — это разработка и изготовление оборудования для физического эксперимента. Мы смогли возродить производство криогенных приборов, которое было раньше развито в Черногловке, и добавить свои новые разработки. Кроме взятых за основу ноу-хау института, у фирмы есть собственный пакет патентов, который защищает наше производство. Мы участвуем в разных государственных программах, в том числе, в космической программе, а недавно получили лицензию Росавиакосмоса, куда входит контроль качества продукции. Это значит, что пройдена сертификация по качеству, а космос предъявляет в этом отношении наиболее высокие требования. Мы рассчитываем, что в ближайшее время на станцию полетит изготовленный нами прибор. Все, что представлено в наших проектах, мы производим сами, включая механические работы, изготовление электронных блоков.

В советское время, когда мы в своем институте занимались исследованием новых материалов, задача состояла в том, чтобы просто создать установку, в которую можно поместить образец и

провести необходимые измерения. У экспериментаторов, работавших на источниках синхротронного излучения, не было необходимости привлекать сторонние силы для каких-то криогенных работ. А сейчас необходимость в этом есть, и у нас есть хорошая основа для сотрудничества в этой области. Наше оборудование может использоваться на измерительных станциях, которые стоят на пучке, для синхротронных исследований, например, в материаловедении в широком смысле. У нас есть различные криогенные установки: для кристаллографии белков, для ангиографии и другие.

Во время конференции появились контакты с сотрудниками и вашего, и многих других институтов, которых заинтересовало наше оборудование. Я думаю, что главная наша задача сейчас состоит в том, чтобы физики-экспериментаторы, которые работают на синхротронных источниках, знали о возможности проведения низкотемпературных исследований, и надеюсь, что наше сотрудничество будет развиваться.

Нам очень понравился Новосибирск, а Академгородок — прекрасное, почти курортное место. Но очевидно, что люди здесь больше работают, чем отдыхают. У Черногловки, где живем мы, и Академгородка в этом много общего.