



9 ноября в зале заседания ученого совета состоялась пресс-конференция, посвященная итогам реализации комплексных программ Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН и Института археологии и этнографии СО РАН, поддержанных грантами Российского научного фонда (РНФ) 2014-2018 г.г. Пресс-конференция была завершающим мероприятием научно-популярных презентаций ИЯФ СО РАН и ИАЭТ СО РАН, которые прошли 8-9 ноября в формате открытых дверей. Результаты работы над комплексными программами прокомментировали: научный руководитель ИАЭТ академик А. П. Деревянко, директор ИЯФ академик П. В. Логачев и главный специалист управления программ и проектов РНФ С. Б. Коновалов.

*Продолжение на стр. 6.*



## Подведены итоги комплексной научной программы

**9 ноября состоялась научно-популярная презентация результатов комплексной научной программы «Развитие исследовательского и технологического потенциала ИЯФ СО РАН в области физики ускорителей, физики элементарных частиц и управляемого термоядерного синтеза для науки и общества».**

Работа по выполнению этой программы продолжалась в течение четырех лет в рамках соглашения между Российским научным фондом (РНФ) и ИЯФ СО РАН.

Научно-популярная презентация прошла в формате открытых дверей: около двухсот старшеклассников и студентов за-

полнили конференц-зал ИЯФа. Академик П. В. Логачев в максимально доступной форме рассказал об основных результатах реализации комплексной программы по четырем основным ее направлениям, а также о том, как устроен и работает ИЯФ, какой вклад в отечественную и мировую науку сделали ияфовские ученые.

«Науку делает большой творческий коллектив, где каждый отвечает за свою часть работы собственной репутацией. Идеи, знания, экспериментальные возможности ИЯФа часто оказываются уникальными в мировом масштабе, и комплексная программа РНФ, над которой мы работали четыре года, помогла нам значительно продвинуться в решении многих важных задач.

Любую суверенную страну, в особенности такую большую, как Россия, нельзя представить себе без сильных армии, флота и науки, — подчеркнул академик Логачев. — Если не будет науки, не будет образования, если не будет образования, не будет ни армии, ни флота, ни экономики. Наука — это такая же фундаментальная система для страны, как и сохранение ее суверенитета».

Заведующий сектором 5-13, к.ф.-м.н. А. Е. Левичев познакомил гостей с результатами по направлению «Технологии пучков заряженных частиц для фундаментальных и прикладных применений». Алексей Евгеньевич рассказал о технологиях в ускорителях заряженных частиц, которые были развиты с помощью гранта РНФ, о том, что такое ускорители, зачем они нужны и где используются, какие ключевые технологии необходимы для них, чем отличаются линейный и циклический ускорители. Слушатели узнали об уникальных новых устройствах и разработках, о том, как были развиты совершенно новые технологические процессы изготовления электровакуумных изделий, об испытательных стендах, а также о том, какой опыт по изуче-

*Продолжение на стр. 8.*



NIBS 2018



Ю. И. Бельченко, А. Л. Санин

## NIBS-2018

С 3 по 7 сентября в нашем институте проходил шестой международный симпозиум по пучкам и источникам отрицательных ионов

Ранее подобные симпозиумы проводились во Франции, Японии, Финляндии, Германии и Великобритании.

Фактически это уже 17-ый симпозиум по источникам отрицательных ионов. С 1977 г. по 2006 г. подобные симпозиумы проводились, как правило, в США под более прозаическим названием PNNIB (получение и нейтрализация отрицательных ионов и пучков), и были связаны в основном с созданием источников, ускорителей и нейтрализаторов ионов H-/D- для получения слабо расходящихся пучков атомов водорода высокой энергии.

В настоящее время программа симпозиума охватывает все аспекты генерации отрицательных ионов в источниках, формирование и транспортировку интенсивных пучков, их ускорение, нейтрализацию и различные применения, и представляет интерес для исследователей в области физики и химии плазмы, технологии термоядерного синтеза, физики ускорителей, материаловедения и др.

ИЯФ СО РАН имеет славные традиции в области разработки и создания источников отрицательных ионов. Первый ВЧ источник отрицательных ионов H- с ВЧ разрядом был создан Геннадием Ивановичем Димовым и Борисом Николаевичем Сухиной пятьдесят лет назад (в 1968 году) в связи с разработкой перезарядного метода инжекции частиц в ускорители и проекта по созданию интенсивного накопителя для протон-антипротонного коллайдера ВАПП. В 70-ые годы в лаборатории Г. И. Димова были исследованы и разработаны источники отрицательных ионов различного типа: от простейших плазменных источников с отражательным разрядом в магнитном поле до более сложных систем с перезарядкой протонов в отрицательные ионы на газовой мишени. Также в 1971-1977 годы здесь был разработан ныне широко используемый в ускорителях и инжекторах нейтралов поверхностно-плазменный метод генерации отрицательных ионов за счет конверсии быстрых атомов и ионов плазмы на поверхности электродов, и были

созданы многочисленные эффективные источники для инжекции в ускорители. В настоящее время в ИЯФе источники отрицательных ионов используются на тандемных ускорителях установок БНЗТ и УМС, а также в сооружаемом мощном высокоэнергетичном инжекторе нейтралов.

В работе симпозиума NIBS-2018 приняли участие 95 делегатов из 14 стран. Наиболее многочисленной была российская делегация, состоявшая из специалистов ИЯФа (20 человек), Курчатовского института, НГУ, Института прикладной физики (Нижний Новгород). Наиболее представительной зарубежной делегацией была делегация Японии (18 человек), где источники отрицательных ионов водорода активно применяются в инжекторах нейтралов на стеллараторе LHD и токамаке JT60-SA, на протонном ускорительном комплексе J-PARC и исследуются в многочисленных университетских лабораториях.

Благодаря долговременному государственному финансированию и привлечению к работе крупных компаний типа Toshiba, Hitachi, Sumitomo именно в Японии разработаны рекордные по своим параметрам интенсивные источники отрицательных ионов водорода. В частности, на стеллараторе LHD работают шесть источников ионов H- с номинальной энергией 180 кэВ и током пучка до 32 А каждый, которые обеспечивают создание и нагрев плазмы с мощностью нейтральной инжекцией более 13 МВт.

Представительными были делегации Китая (9), Германии (8) и Италии (6). Также в конференции участвовали представители Франции, Великобритании, Швейцарии, Финляндии, Канады, КНДР, США, Индии, Новой Зеландии. В работе симпозиума приняли участие восемь студентов и десять аспирантов из девяти стран. Было сделано 95 докладов, из них 44 — на пленарных секциях, и 51 — на стендовых секциях, включавшие в себя результаты экспериментальных исследований и моделирования. Сотрудниками ИЯФа было сделано 15

докладов. Подробную информацию о программе NIBS и материалы симпозиума можно посмотреть на институтском сайте <https://indico.inp.nsk.su/event/11/>. К наиболее важным и интересным нужно отнести следующие доклады.

В докладе заместителя директора ИЯФа А. А. Иванова был сделан обзор работ по созданию инжекторов нейтральных пучков и источников отрицательных ионов, разработанных в нашем институте, описаны их основные принципы и инновации, представлены данные по получению, ускорению и перезарядке стационарных пучков отрицательных ионов. В ближайшем будущем в институте планируется создать инжекторы стационарных нейтральных пучков мощностью до 10 МВт для реализации текущей программы создания открытых ловушек плазмы следующего поколения.

G. Chitarin (RFX, Италия) сделал доклад о первых результатах, полученных при запуске сооруженного в Италии источника отрицательных ионов SPIDER. Этот источник является 120 кВ прототипом для 46 А, 1 МэВных источников, разрабатываемых для инжекторов нейтралов токамака ИТЕР. В первые два месяца работы после ввода в эксплуатацию на SPIDER было продемонстрировано получение водородной плазмы с использованием четырех (из восьми) высокочастотных драйверов. Запущены диагностики для исследования параметров плазмы ВЧ разряда. Повышение ВЧ мощности драйверов пока ограничено возникновением пробоев между компонентами, расположенными на задней крышке газоразрядной камеры источника. Ведется работа по их устранению.

D. Wunderlich (IPP, Garching, Германия) представил доклад с описанием результатов, полученных на экспериментальной установке ELISE, моделирующей работу инжекторов ИТЕР в квазистационарном режиме с длительностью импульсов до 3600



секунд. Была достигнута надежная и воспроизводимая работа ВЧ разрядов с четырьмя ВЧ драйверами в импульсах с необходимой длительностью. Были выявлены основные факторы, затрудняющие получение ионного пучка в режиме длинных импульсов: асимметрия плазмы по длине источника и аномальное увеличение тока электронов, вытягиваемых совместно с отрицательными ионами при увеличении длины рабочего импульса. Симметрию плазмы и более однородное распределение плотности тока вытягиваемых ионов по длине источника удалось достичь за счет введения потенциальных стержней, ограничивающих дрейф плазмы. Были сделаны серии длинных импульсов с высокой повторяемостью параметров. Следующим шагом на ELISE планируется переход к экспериментам на дейтерии.

В докладе А. Уено (J-PARC, Япония) были представлены результаты работ по совершенствованию источника для ускорителя J-PARC и повышению интенсивности ионного пучка. Существующий импульсный источник отрицательных ионов водорода обеспечивает стабильную работу J-PARC с током пучка отрицательных ионов 60 мА. В результате модернизации на экспериментальном стенде получен пучок с током 100 мА со скважностью 20 (1 мс, 50 Гц) с использованием повышенных вытягивающего 12 кВ и ускоряющего 50 кВ напряжений на электродах.

D. Faircloth (ISIS, Оксфорд, Англия) представил результаты испытаний нового поверхностно-плазменного источника отрицательных ионов водорода с увеличенным объемом плазмы пенигового разряда. Источник имеет линейные размеры в два раза больше стандартного источника, используемого на мезонной фабрике ISIS. За счет снижения удельных нагрузок на электроды новый источник обеспечивает получение пучка H<sup>-</sup> с током 75 мА в рабочем цикле с увеличенной вдвое длительностью импульсов 2 мс и частотой повторения 50 Гц.

В докладе С. Ананьева (Курчатовский институт) рассмотрен проект системы нейтральной инжекции для нагрева плазмы в источнике нейтронов DEMO-FNS. В качестве базы для прототипа DEMO-FNS выбраны схемы



Лауреаты премии 2018 года: А. А. Иванов, А. В. Колмогоров, В. И. Давыденко.

и подходы, разработанные для инжекторов для ИТЕР. Проектный ток пучка на выходе из источника аналогичен источнику ИТЕР, а энергия ионов составляет половину от значений, проектируемых для систем инжекции ИТЕР. В работе рассчитаны оптимальные значения параметров пучков.

В докладе Ю. И. Бельченко (ИЯФ) был сделан обзор поверхностно-плазменных источников отрицательных ионов водорода, разработанных в ИЯФе за последнее десятилетие, приведены основные свойства и способы улучшения стационарных источников, используемых на установках ИЯФа и квазистационарных ВЧ источников, создаваемых для инжекторов нейтралов термоядерных установок. Обсуждены ключевые физические проблемы (высоковольтная прочность, эффективность генерации отрицательных ионов) и технические проблемы (стабильность и надежность, возможность долговременной работы). Приведены достижения ИЯФа в этой области.

Доклады А. Санина, Т. Быкова и Я. Колесникова (ИЯФ) были посвящены анализу работы источника ионов и ускорению стационарного пучка отрицательных ионов на тандеме ВИТА, разрабатываемого для бор-нейтронозахватной терапии, доклад О. Сотникова (ИЯФ) — транспортировке пучка через LEBT инжектора, создаваемого в ИЯФе.

В совместном докладе В. Казакова (НГУ) и О. Мешкова (ИЯФ) была впервые сделана попытка включить в разработанную ранее электронную базу «Электронная структура атомов» информацию об спектрах отрицательных ионов.

Систематизация экспериментальных данных о спектральных свойствах отрицательных ионов и их представление в графической форме представляет интерес для физиков, работающих с этими атомными системами.

В качестве основных спонсоров симпозиума выступили Российский фонд фундаментальных исследований и Новосибирский государственный университет. Спонсорскую поддержку также оказала канадская фирма D-PACE, которая обеспечила вручение премии NIBS AWARD «Завыдающиеся результаты в области физики, теории, технологии или применения источников отрицательных ионов». В 2018 году Международный программный комитет NIBS подавляющим большинством голосов решил вручить премию NIBS AWARD объединенной команде исследователей из Института ядерной физики СО РАН и Брукхейвенской национальной лаборатории (США) в составе: А. Зеленский, В. Давыденко, А. Иванов, А. Колмогоров «За разработку и создание надежного источника поляризованных отрицательных ионов с оптической накачкой (OPPIS)».

Следует отметить дружную и безупречную работу в организации и проведении симпозиума сотрудников лабораторий 9-0, БНЗТ, отдела научно-информационного обеспечения (начальник М. Кузин) и группы международных связей (руководитель А. Прокопенко).

В 2020 году Международный программный комитет NIBS решил провести симпозиум в Университете г. Окленд (Новая Зеландия).



Р. А. Салимов, главный научный сотрудник лаб. 12,  
Н. К. Куксанов, главный научный сотрудник лаб. 12.

## Промышленные ускорители серии ЭЛВ

Разработка промышленных ускорителей в ИЯФе была начата еще в 1966 году по инициативе А. М. Будкера. Это были ускорители типа ЭЛТ, ЭЛИТ и ЭСУ, которые разрабатывались в лабораториях Е. А. Абрамяна и В. А. Гапонова. Однако мировую известность ИЯФу, как производителю ускорителей для применения в народном хозяйстве, принесли ускорители ЭЛВ, а впоследствии и ИЛУ.

В 1971 году Министерство электротехнической промышленности решило оборудовать кабельные заводы ускорителями для радиационной модификации кабельной изоляции, в том числе и для удовлетворения потребностей оборонной промышленности. Эти ускорители предназначались для длительной непрерывной работы в условиях промышленного производства. В течение пяти лет, начиная с 1974 года, институт должен был поставить 15 ускорителей на кабельные заводы СССР. А. М. Будкер отнесся к этой работе исключительно ответственно, понимая, что успешная реализация проекта покажет, что «побочный продукт» фундаментальных исследований может быть использован в народном хозяйстве в промышленных масштабах.

На основе результатов пробной эксплуатации ускорителей ЭЛТ в течение

нескольких лет на опытном заводе ВНИИКП, претензий со стороны кабельщиков, а также вновь сформулированных требований к параметрам ускорителей, в том числе и к надежности, Андрей Михайлович понял, что ускорители ЭЛТ непригодны для массового применения. После обсуждения достоинств и недостатков ускорителя на основе резонансного трансформатора ЭЛТ и ускорителя на основе высоковольтного выпрямителя ЭЛВ, А. М. Будкер решил сделать ставку на ЭЛВ. В этих обсуждениях принимали участие М. М. Карлинер, И. А. Шехтман, А. Ф. Серов, В. А. Гапонов, Г. С. Крайнов, Р. А. Салимов и другие. Будкер решил расформировать существовавшие лаборатории Абрамяна и Гапонова и создать единую группу по промышленным ускорителям. Разработка ЭЛВ началась в августе 1971 года с организации группы 23, в которую вошли сотрудники расформированных лабораторий. Руководителем группы Будкер назначил к.ф.-м.н. Р. А. Салимова. А. М. Будкер был в курсе всех проблем и успехов нового подразделения, буквально отеческую заботу проявлял заместитель директора А. А. Нежевенко.

Первый образец — ускоритель ЭЛВ-1 — начали испытывать в каньоне подвала главного корпуса (комната 20

под вестибюлем главного входа) в конце 1972 года, в соседней комнате в том же подвале находилась пультовая.

Первые результаты были неудачными. Во-первых, ускорительная трубка не держала напряжение, так как в линзах фокусирующих магнитов горел разряд Пеннинга, а фильтрующие конденсаторы пробивались почти каждый день. С разрядом Пеннинга удалось справиться, изменив геометрию линз. В этой работе активно участвовал А. А. Авдиенко, в частности, он предложил термокомпрессионный способ соединения электродов ускорительной трубки с керамикой. Конденсаторы пришлось срочно менять на другие. Совместно с сотрудниками лаб.6 мы отыскали вновь разработанные конденсаторы К-15-10. В конечном итоге все проблемы удалось преодолеть, и уже в середине 1973 года ускоритель ЭЛВ-1 (энергия 0,5—1 МэВ при мощности 20 кВт) работал достаточно стабильно.

Для приемки ускорителя Минэлектротехпромом была организована межведомственная комиссия (МВК). Одним из условий успешной приемки была проверка непрерывной работы в течение 1000 часов на кабельном заводе в г. Подольске. В конце 1973 года команда



1983 год, групповое фото лаборатории № 12. К сожалению, фамилии не всех сотрудников, изображенных на снимке, удалось выяснить.

Сидят: Р. А. Салимов, М. И. Губин, П. И. Качалов, А. Г. Минченков.

Второй ряд: А. И. Грищенко, В. Г. Черепков, Н. К. Куксанов, П. Г. Харченков, В. Бирюков, Б. М. Корбельников, В. Г. Корниенко, Вашенин, Ю. А. Шонохов, С. Н. Фадеев.

Третий ряд: М. Э. Вейс, В. Образцов, А. П. Селезнев, П. В. Пынтиков, Г. Т. Мосин, А. И. Науменко, Савелькаев, В. В. Грачев.



во главе с Б. М. Корабельниковым смонтировала ускоритель на заводе, а в начале лета 1974 года он успешно прошел испытания. Испытаниями руководил Н. К. Куксанов, в то время аспирант. Тогда же были подписаны протоколы и акты приемки ускорителя. Хотелось бы отметить жесткость и бескомпромиссность членов комиссии к выполнению требований программы испытаний. Заметим: ускоритель ЭЛВ-1 был первым в Советском Союзе, рекомендованным к промышленному применению.

Параллельно шла разработка ускорителя ЭЛВ-2. При мощности пучка 20 кВт его диапазон энергий составлял 0,8 – 1,5 МэВ. Конструктивно он мало чем отличался от ЭЛВ-1: все основные элементы были унифицированы и отличались лишь количеством. В конце 1974 года ЭЛВ-2 прошел испытания по программе МВК и также был рекомендован к промышленному применению. Эти испытания, как и заседание МВК, проводились в ИЯФе. Опыт, полученный при прохождении МВК, очень помог нам при дальнейших поставках ускорителей.

На кабельные заводы поставлялись машины мощностью 20 кВт, но развивающиеся радиационные технологии требовали более мощных ускорителей. Следующим шагом по развитию серии ЭЛВ являлась разработка ускорителя ЭЛВ-4. Переход от 20 кВт на 50 кВт прошел с незначительными изменениями конструкции ЭЛВ-2.

В семидесятых годах были разработаны ускорители типа ЭЛВ-6, в которых на одну ускорительную трубку работали две колонны, что позволило удвоить ток пучка. Дальнейшие продвижения связаны с разработкой и применением ускорительной трубки с большой апертурой. В основном работы по трубке проводились М. Э. Вейсом.

До начала 80-х годов мы не решались поднять энергию выше 1,5 МэВ, однако наращивали ток в пучке электронов и уже достигли тока 100 мА, а по мощности пучка — 100 кВт. Величина тока ограничивалась возможностью выпускного устройства. Эти параметры (мощность и ток) были на уровне или даже выше, чем у наших зарубежных конкурентов.

Однако все яснее ощущалась потребность в более высоковольтных машинах. Так, в Китае появилась копия американского ускорителя типа «Динамитрон» с максимальной

энергией до 3 МэВ. Преимуществом наших ускорителей был высокий КПД, и когда китайцам потребовалась машина на 2,5 МэВ и 100 кВт, мы взяли этот заказ. В 1990 году такой ускоритель был поставлен в г. Тяньшуй. Увеличение энергии ускорителей не решало всех проблем с облучением проводов и труб большого диаметра, в частности, повышения азимутальной однородности поглощенной дозы. Для этой цели были разработаны системы четырехстороннего и кольцевого облучения. Система четырехстороннего облучения позволяет обрабатывать кабели и трубы диаметром внешней изоляции до 40 мм, а кольцевого — до 70 мм, что недостижимо при традиционном методе облучения. Системы остаются уникальными до сих пор.

Было разработано устройство для вывода в атмосферу сфокусированного пучка. Электронный пучок фокусировался двумя магнитными линзами на диафрагмы, прожигая в них отверстия. Вакуум в ускорительной трубке обеспечивался непрерывно работающими насосами системы дифференциальной откачки.

Ленинградский институт Гипроцемент построил на территории ИЯФа бункер (здание №17) для ускорителя с таким выпускным устройством. ИЯФ предоставил ускоритель для проведения экспериментальных работ. Впоследствии бункер был передан ИЯФу, а установка с ускорителем получила статус уникальной научной установки.

Первые ускорители ЭЛВ управлялись вручную и требовали от оператора известной сноровки, для успешной конкуренции это было не приемлемо. В нашей лаборатории под руководством П. И. Немыгова была с нуля разработана система компьютерного управления ускорителем ЭЛВ.

Изготовление ускорителей стало достаточно массовым (до пяти в год). Для того, чтобы разгрузить экспериментальное производство ИЯФа, в Москве было организовано производство ускорителей ЭЛВ на заводе ЗВИ (бывший завод Михельсона). Здесь освоили полный цикл производства всех узлов, включая электронику системы управления. На ЗВИ было изготовлено около 15 комплектов ускорителей, но в связи с резким спадом спроса в

нашей стране к концу 90-х годов это производство было свернуто.

В 80-х годах появилась идея использовать ускорители для очистки сточных вод и газовых выбросов промышленных производств. Для этого требовались ускорители мощностью в сотни киловатт. На первом этапе нужно было освоить большие токи в ускорительных трубках. Для этого была разработана и создана установка с ускорением и последующим торможением электронного пучка с током 1 А, то есть она работала в рекуперационном режиме при энергии пучка 1 МэВ.

Таким образом, в середине 80-х годов впервые в мире был получен стационарный мэвный мегаваттный пучок. Главным результатом был вывод о том, что ускорительные трубки могут надежно работать с амперными токами. Детали этой установки были использованы в устройстве для вывода в атмосферу адиабатически сжатого электронного пучка. Ускорительная трубка и диафрагмы системы дифференциальной откачки располагались в нарастающем магнитном поле, а мощный источник высокого напряжения подсоединялся с помощью высоковольтного фидера. Источник имел мощность 500 кВт. Это был самый мощный ускоритель в данном диапазоне энергий. Предполагалось, что он будет использоваться для очистки дыма.

Однако потребители отнеслись к нему скептически, поскольку распределение дозы облучаемого дыма было очень неоднородным, и мы, в свою очередь, не стали доводить его до промышленной надежности. Позднее был разработан ускоритель ЭЛВ-12 мощностью 400 кВт с выводом пучка через несколько окон из титановой фольги. Совместно с корейцами был реализован крупнейший в мире проект очистки сточных вод красильного производства на базе ускорителя ЭЛВ-12 в городе Тэгу.

В конце 80-х годов лаборатория начала активно взаимодействовать с зарубежными фирмами. В Японии ЭЛВ использовался в пилотных проектах по очистке дыма. В 1991 году был поставлен ускоритель на мусоросжигающую станцию в город Мацуда, в 1993 — на металлургический завод в город Кобе.



*Начало на стр. 1.*

В 2014 году ияфовская программа вошла в число 16 победителей конкурса РНФ на финансирование комплексных научных программ российских организаций. Объем финансирования проекта за счет средств РНФ составил 650 млн. рублей.

Программа «Развитие исследовательского и технологического потенциала ИЯФ СО РАН в области физики ускорителей, физики элементарных частиц и управляемого термоядерного синтеза для науки и общества» была направлена на ускоренное развитие научного потенциала института в области фундаментальных и прикладных научных исследований, укрепление и развитие системы подготовки научных и инженерных кадров высшей квалификации, а также на формирование научно-технической и технологической базы по приоритетным направлениям развития науки и технологий для решения актуальных задач экономики и

## Подведены итоги комплексной научной программы

социальной сферы. Все проекты программы базировались на основных направлениях научных исследований, по которым институт имеет мощный научный, кадровый и инфраструктурный задел и входит в число мировых лидеров.

Как отметил во время пресс-конференции академик П. В. Логачев, очень важным для ИЯФа было то, что деньги по мегагранту поступали по заранее намеченному плану. Это позволяло ияфовским ученым также планомерно вести свои исследования. Очень важно также, подчеркнул Павел Владимирович, что были поддержаны институты, так как именно институты, на базе которых существуют научные школы, являются той ячейкой, где действительно растет и развивается наука.

«Мы постарались максимально использовать предоставленные грантом РНФ возможности и показать эффективность такого подхода. — сказал директор ИЯФа. — По всем четырем направлениям удалось решить все задачи, которые перед нами были поставлены. Мы создали то, чего ранее (в смысле технологий, образцов, каких-то пониманий) в России еще не было: и по плазме, и по детекторным технологиям, и по СВЧ технологиям, и по синхротронному излучению».

Представитель РНФ Сергей Борисович Коновалов дал высокую оценку презентациям результатов работы по выполнению комплексных программ: «Отчетные мероприятия по итогам работы над программами продолжались в течение двух дней и наглядно продемонстрировали, как много было сделано за четыре года и какие есть перспективы, особенно для молодежи. Очень важно, что благодаря мегагранту научные исследования проводились на международном уровне, что позволяло на равных вступать в коллаборации с зарубежными коллегами. Мегагрант мы рассматриваем как фундамент для реализации тех новых проектов и идей, которые были разработаны в организациях за это время. Сейчас мы должны проанализировать итоги четырехлетней работы, чтобы понять, куда двигаться дальше».

*И. Онучина.  
Фото Н. Купиной.*

## Промышленные ускорители серии ЭЛВ

*Начало на стр. 4.*

Нашим корейским партнером является компания ЕВ-ТЕСН, которая выделась из фирмы Самсунг Хэви Индастриз. Мы осуществляем совместные поставки ЭЛВ на паритетной основе: начинку сосуда и силовое питание делает ИЯФ СО РАН, а все остальное — корейцы. Успешность этого проекта характеризует тот факт, что до нашего внедрения в Южную Корею все промышленные ускорители там были японские, но в последние 15 лет не было поставлено ни одного японского ускорителя. Благодаря активности ЕВ-ТЕСН, наши ускорители появились в Сингапуре, на Филиппинах и в Индонезии. В настоящее время помимо поставок ускорителей ЕВ-ТЕСН имеет статус обслуживающего центра и располагает несколькими ускорителями ЭЛВ и линейным ускорителем на 10 МэВ. Совместно с ЕВ-ТЕСН мы разработали вариант передвижного (мобильного) ускорителя ЭЛВ.

В 1994 году в город Тайюань (КНР) был поставлен ускоритель ЭЛВ-8, ответственным от предприятия был молодой выпускник университета Чжан Ченью. Он быстро освоил наш ускоритель и начал брать на себя ремонт, когда заканчивался гарантийный период обслуживания ускорителей на других предприятиях. Позже он организовал свою компанию по обслуживанию ускорителей ЭЛВ, работающих в Китае. ИЯФ заключил соглашение с Чжаном Ченью по образу и подобию того, что мы ранее заключили с ЕВ-ТЕСН. Помимо ускорителей его компания производит и технологическое оборудование, так что очень часто делает поставку под ключ. Последний контракт на поставку ускорителей в комплексе с технологическими линиями в г. Кольчугино Владимирской области (Россия) укомплектован нашими ускорителями и технологическим оборудованием от компании Чжана Ченью.

ЭЛВ имеет не только коммерческое, но и большое научно-техническое значение. Так, работы по ЭЛВ отмечены Государственной премией и премией Совета министров СССР, правительственными наградами и благодарностями сотрудникам. По работам, связанным с ЭЛВ, сотрудниками ИЯФа защищено три докторских и девять кандидатских диссертаций. Более 25 диссертаций, связанных с

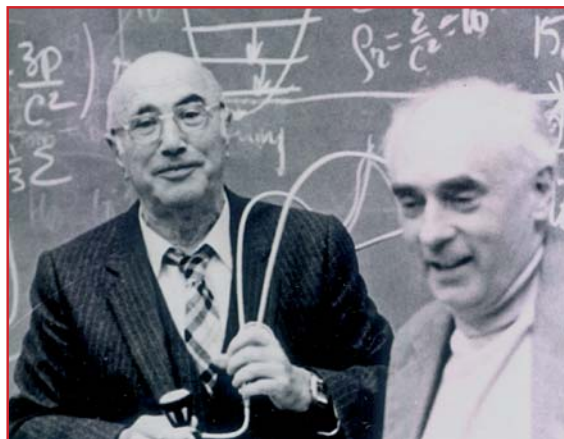
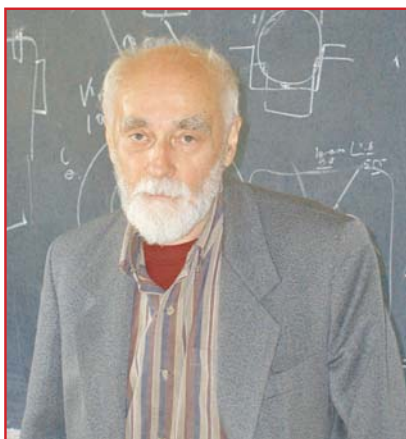
использованием ЭЛВ для новых технологических применений, защищены в организациях Новосибирска, Томска, Москвы, Южной Кореи.



*Рисунок Д. Чекменёва.*



24 октября  
состоялся  
юбилейный  
семинар,  
посвященный  
90-летию со дня ро-  
ждения  
академика  
Льва Митрофановича  
Баркова.



## Выдающийся физик-экспериментатор

В конференц-зале ИЯФа собрались коллеги и ученики академика Баркова, они поделились воспоминаниями о выдающемся физике, с которым их связывали годы совместной работы.

Будущий академик начал свой путь в науку с учебы на физико-техническом факультете МГУ (ныне МФТИ). Уже со второго курса он начал работать в Институте ЛИПАН-2, который впоследствии стал Институтом атомной энергии имени И.В. Курчатова. Научные интересы Л. М. Баркова в тот период были связаны с измерением энергетических спектров нейтронов деления изотопов урана и плутония и изучением их замедления и диффузии в уран-водных системах. С 1952 года до конца пятидесятых он участвовал в работах по измерению сечения рождения пионов и изучению динамики взаимодействия медленных пионов на фазотроне в Дубне, в которых впервые был обнаружен кулоновский сдвиг спектров заряженных пионов.

В 1967 году А. М. Будкер пригласил Л. М. Баркова в Новосибирск в недавно организованный Институт ядерной физики СО АН СССР. Здесь под его руководством была создана лаборатория, где продолжились работы по изучению структуры гиперонов.

В середине семидесятых годов Л. М. Барков загорелся идеей использования рентгенофлуоресцентного элементного анализа с помощью

синхротронного излучения (СИ) для поиска островка стабильных сверхтяжелых элементов. С его участием был спроектирован и изготовлен первый в мире многополюсный сверхпроводящий вигглер, позволивший получить пучок рентгеновского синхротронного излучения мощностью 1,2 кВт. Яркость источника в рентгеновском диапазоне возросла в 200 раз! Параллельно было изготовлено уникальное экспериментальное оборудование для рентгенофлуоресцентного анализа, повысившее чувствительность метода еще в 100 раз. Эти работы Л. М. Баркова внесли существенный вклад в развитие технологии генерации СИ и его использования в стране.

В 1974-1978 годах Л. М. Барков совместно с М. С. Золоторевым поставил эксперимент, в котором впервые было наблюждено вращение плоскости поляризации света в парах атомарного висмута. Таким образом эксперимент указывал на существование взаимодействия электронов с нуклонами, обусловленного слабыми нейтральными токами. Это явилось одним из важнейших этапов в построении Стандартной модели. Л. М. Барков стал одним из инициаторов строительства в ИЯФе электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-2М. Для экспериментов на этом коллайдере под руководством Льва Митрофановича был создан детектор КМД (Криогенный Магнитный Детектор), каких в то время не было ни в

ИЯФе, ни в СССР. Этот детектор по ряду параметров существенно превзошел лучшие мировые установки, а цикл прецизионных экспериментов на ВЭПП-2М был отмечен Государственной премией СССР. Следующим этапом была разработка нового универсального детектора, получившего название КМД-2. Эксперименты с КМД-2 на коллайдере ВЭПП-2М продолжались с 1991 по 2000 год. А когда начала работать новая установка ВЭПП-2000, для экспериментов на новом коллайдере Л. М. Барковым и его учениками был создан новый современный детектор КМД-3, начат набор статистики и анализ экспериментальных данных.

Более тридцати лет Лев Митрофанович работал на физическом факультете Новосибирского государственного университета, с 1976 по 1979 он был деканом факультета, а затем на протяжении двадцати лет возглавлял кафедру ядерной физики (физики элементарных частиц).

В юбилейном семинаре приняли участие: академик А. Н. Скринский (ИЯФ), М. С. Золоторев (ЛБЛ Беркли — удаленный доклад), А.И. Мильштейн (ИЯФ), Д. Будкер (Университет Беркли/Университет Майнца — удаленный доклад), академик Г. Н. Кулипанов (ИЯФ), В. П. Смахтин (Weizmann Inst), Е.П. Солодов (ИЯФ), С. С. Шиманский (ОИЯИ).

*На снимке сверху справа — Л. М. Барков с Я. Б. Зельдовичем.*



Начало на стр. 1.

нию движения частиц был получен во время работы по реализации этой программы. «И что не менее важно, — подчеркнул докладчик, — в этой работе принимало участие много студентов, которые сейчас продолжают эту работу уже в качестве сотрудников ИЯФа».

Выступление старшего научного сотрудника лаб. 8-1, к.ф.-м.н. Ю. Ю. Чопоровой было посвящено результатам работы по развитию и использованию источников электромагнитного излучения на базе релятивистских электронных пучков. Юлия Юрьевна постаралась сделать свое выступление максимально доступным и интересным для школьников. Они узнали, что такое свет, как возникает синхротронное излучение и какие возможности оно дает ученым, как устроен лазер на свободных электронах и зачем нужно создавать такие сложные и дорогие установки.

Тема выступления ученого секретаря ИЯФ, к.ф.-м.н. А. С. Аракчеева — развитие фундаментальных основ и технологий термоядерной энергетики будущего. Алексей Сергеевич просто и очень понятно рассказал о том, какими способами человечество получало энергию в разные периоды своего существования, как разрабатываются технологии для термоядерной энергетики, зачем это нужно и с помощью каких физических установок можно сделать, какой вклад в решение этой важнейшей общечеловеческой задачи вносят физики ИЯФа.

Развитие калориметрических методов и разработка на их основе новых детекторов для фундаментальных исследований, медицины, систем безопасности и других высокотехнологичных применений — тема выступления заведующего лаб. 2, к.ф.-м.н. И. Б. Логашенко. Иван Борисович объяснил школьникам, что такое калориметрия, для чего нужны и как устроены современные калориметры, какие детекторы разработаны на их основе в нашем институте и где еще, кроме фундаментальных исследований, они применяются.

Искренняя заинтересованность докладчиков, популярность изложения в сочетании с глубиной информации, краси-

## Подведены итоги комплексной научной программы

вые анимированные слайды — все это позволило удерживать внимание столь юной и разнородной аудитории в течение почти двух часов.

Подвел итоги этого неформального отчета главный специалист управления программ и проектов РНФ С. Б. Коновалов. Он отметил отличную организацию мероприятия, очень коротко проинформировал о грантовой деятельности Российского научного фонда, дал высокую оценку результатам работы ИЯФа по выполнению комплексной научной программы. «Не смотря на все достижения, в науке еще остается масса «белых» пятен, — напомнил слушателям Сергей Борисович, — существует много новых интересных проектов, в которых вы сможете через несколько лет принять участие. Если вы уверены, что наука — это ваше дело, то тоже можете оказаться в числе наших грантополучателей».

В перерыве ребята посмотрели стенды с основными результатами реализации программы.

Сафонова Алена Владимировна пришла сюда вместе с сыном Артемом. О мероприятии они узнали из объявления на сайте физмат школы и отправили заявку в ИЯФ. Артем — девятиклассник, с профессиональным выбором уже определился и связывает его с учебой на мехмате НГУ.

«Лекции были очень интересные, рассчитаны на старших школьников и взрослых, — делится впечатлениями Алена Владимировна, — информация была для нас, конечно, новая. Видно, что наука в России развивается, и это очень воодушевляет. Нам было интересно, но есть предложение: такие мероприятия следует проводить не только для старшеклассников, но и для ребят помладше, естественно в еще более популярном формате: добавить побольше анимации, чтобы интерес к науке формировался как можно раньше. У меня дочка в пятом классе, и ее одноклассники очень заинтересовались физикой. И этот интерес на доступном ребятам уровне нужно поддерживать и развивать, в том числе экскурсиями в такие научные центры, как ИЯФ». «Было очень приятно, что лекторы не просто излагали информацию, но и старались сделать ее доступной аудитории, — продолжил Артем, — и в общем было все понятно».

Студент Бердского колледжа В. Попович уже не первый раз на экскурсии в ИЯФе, ему очень нравится то, что каждый раз видит здесь что-то новое. Говоря о только что прослушанных докладах, юноша особо отметил сообщение о термоядерной энергетике будущего, которое его очень заинтересовало.

После перерыва, разбившись на группы, юные гости ИЯФа отправились на экскурсии по установкам нашего института.

*И. Онучина.  
Фото Н. Купиной.*

Пр. ак. Лаврентьева, 11, к. 423.  
Редактор И. В. Онучина.  
Телефон: (383)329-49-80  
Эл. почта: onuchina@inp.nsk.su  
Выходит один раз в месяц.

Издается  
ученым советом и профкомом  
ИЯФ СО РАН.  
Печать офсетная.  
Заказ №89



Тираж 500 экз. Бесплатно.