

ЭНЕРГИЯ



Институт
ядерной физики
им. Г.И. Будкера
СО РАН

№7–8,
ИЮНЬ
2007 г.

состоялось

50 лет — ещё не возраст!



Фото В. Кузовникова

«Новосибирск имеет не очень большую историю, немногим более ста лет, и 50 лет из них — это жизнь и развитие научных центров, науки и образования, высоких технологий, — такими словами глава администрации Новосибирской области Виктор Толоконский открыл торжественное собрание, посвящённое 50-летию СО РАН в Новосибирском государственном академическом театре оперы и балета. — За эти годы написано много славных страниц».

«Летопись славных страниц» берет свое начало в 1957 году, именно тогда, 18 мая, постановлением Совета Министров СССР было создано Сибирское отделение Академии наук СССР. В докладе «50 лет Сибирскому отделению РАН» председатель президиума СО РАН академик Н. Л. Добрецов обозначил основные вехи истории развития новосибирского Академгородка. Инициаторами столь важного для сибирской науки решения выступили академики М. А. Лаврентьев, С. Л. Соболев и С. А. Христианович. В числе первостепенных задач для Сибирского отделения Академии наук СССР стало развитие теоретических и экспериментальных исследований в области физико-технических, естественных и экономических наук.

Эти исследования были направлены на решение важнейших научных проблем и способствовали совершенствованию производственных сил Сибири и Дальнего Востока. Это был период стремительного роста Сибирского отделения: из года в год происходило интенсивное формирование сети академических подразделений, их материально-технической базы, в Академгородок из Москвы, Ленинграда и других городов переезжали целые коллективы научной молодёжи во главе с крупными учёными. В те годы была заложена лаврентьевская система подготовки кадров для науки — всесибирские школьные олимпиады, физматшкола, университет. Были сформулированы главные принципы функционирования Сибирского отделения — так называемый «треугольник Лаврентьева»: комплексность (мультидисциплинарность) научных исследований; интеграция науки и образования, многоуровневая (начиная со школы) система отбора, подготовки и воспроизводства кадров высокой и высшей квалификации; активное содействие реализации научных достижений, разнообразие форм связи с производством. Опыт работы Сибирского отделения был использован при организации еще двух региональных



*Фото
Н. Купиной*

отделений: Российской академии медицинских наук и Российской академии сельскохозяйственных наук. С обоими отделениями СО РАН поддерживает тесные деловые контакты и ведёт совместные научные исследования. А Новосибирск вот уже более 35 лет считается «столицей трёх академий».

Наука во все времена

В торжественной речи в честь 50-летия СО РАН в Оперном театре мэр Новосибирска Владимир Городецкий подчеркнул, что «создание Академгородка стало для Новосибирска не просто поворотным моментом в истории, а мощнейшим ускорителем его развития и повлияло на все аспекты жизни города». Это действительно так. Сибирское отделение РАН выполняет большой объём образовательных функций по подготовке специалистов для сфер науки, образования и бизнеса Сибири, проводит активную молодёжную политику, включающую конкурсы проектов для молодых учёных, расширение аспирантуры и повышение стипендий аспирантам, кредитование для строительства и приобретения жилья и т. д. В последние годы количество научных сотрудников в возрасте до 33 лет увеличилось по Отделению с 15 до 20%, а в некоторых институтах достигает 40–45%. Как было отмечено в докладе Н. Л. Добрецова, Сибирское отделение сегодня объединяет научно-исследовательские, опытно-конструкторские, производственные организации РАН, а также подразделения, обеспечивающие функционирование инфраструктуры научных цен-



Фото Н. Купиной

Первый вице-премьер Российского правительства Сергей Иванов впервые за круглым столом ученого совета ИЯФ.



Фото В. Петрова

тров, расположенных на территории Сибири в трёх федеральных округах, 7 областях, 2 краях и 4 республиках на территории общей площадью около 11 млн. кв. км. Научные центры СО РАН находятся в Новосибирске, Томске, Красноярске, Иркутске, Якутске, Улан-Удэ, Кемерово, Тюмени, Омске, отдельные институты работают в Барнауле, Чите, Кызыле, Бийске. В составе СО РАН сегодня 76 научно-исследовательских учреждений, примерно половина потенциала Отделения сосредоточена в Новосибирском научном центре. В СО РАН создан и функционирует ряд комплексов исследовательских установок национального масштаба. В Сибирском отделении РАН

сегодня 67 академиков и 77 членкорреспондентов РАН. Численность работающих в СО РАН составляет 22 651 человек, в том числе 1 870 докторов и 4 748 кандидатов наук. Сибирское отделение РАН развивается, совершая инновационный прорыв в российской науке, базируясь на научных разработках, соответствующих мировому уровню и превышающих его. В их числе — информационные технологии, каталитические системы и топливные элементы, электронно-лучевые и импульсные технологии, нанотехнологии и технологии силовой электроники, биотехнологии, то есть технологии, определяющие будущее экономики России и её обороноспособность.

Наш общий праздник

Торжества, посвящённые празднованию полувекового юбилея Сибирского отделения, растянулись на несколько месяцев. Аналогичные праздники уже прошли в других научных центрах — Улан-Удэ и Красноярске, а также в США, где побывала с визитом делегация СО РАН. «Празднование — это и подведение итогов, и определение задач на будущее», — сказал Н. Л. Добрецов и не без гордости отметил, что мэр г. Хьюстона Билл Вайт объявил 10 мая Днём сибирской науки в США.

На торжественном собрании в НГАОиБ 25 мая, куда сотрудники ИЯФ прибыли дружной автоколонной в сопровождении милицейского эскорта, состоялась церемония вручения наград города и области. Звания «Почётный житель города» были удостоены академики Н. Л. Добрецов и А. Н. Скринский. Приятным подарком всем лауреатам и гостям праздника стал концерт с участием солистов оперы, балета, хора и симфонического оркестра НГАОиБ, а в перерывах в фойе театра звучала музыка в исполнении Новосибирского городского духового оркестра.

Праздничные мероприятия прошли также в Доме учёных Академгородка и в институтах СО РАН.

В юбилейных торжествах приняли участие почётные гости — первый вице-премьер Российского правительства Сергей Иванов, а также представители зарубежных и российских научных организаций, национальных академий наук, члены правительства.

1 июня на торжественном расширенном заседании президиума РАН в большом зале Дома учёных Сергей Иванов зачитал телеграмму от Президента России, в которой говорилось, что «Сибирское отделение РАН занимает лидирующие позиции в мировой фундаментальной науке и является одним из самых мощных центров отечественной исследовательской мысли». Вице-премьер также добавил, что создание Сибирского отделения РАН стало «поистине революцией в сфере организации научной дея-

тельности», именно в Новосибирском Академгородке коллектив учёных смог обеспечить «непрерывность процесса практической реализации научных идей».

Во время короткого визита в Новосибирск первый вице-премьер посетил и наш институт. За круглым столом, в непринуждённой обстановке, он поздравил сотрудников ИЯФ с юбилеем, после чего состоялось обсуждение реализации государственной программы «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий».

А на следующий день, 2 июня, Морской проспект превратился в бурлящую пёструю реку: в этот день в Академгородке прошло праздничное шествие. Сотрудники институтов и подразделений Академгородка под звуки оркестра двинулись к Дому учёных. Самой многочисленной оказалась колонна ИЯФ (порядка 1 000 человек), командовал «парадом» директор А. Н. Скринский. Несмотря на хмурую погоду, у всех, кто принял участие в шествии, было праздничное настроение, по давней традиции многие сотрудники пришли с детьми и внуками.

Вместо заключения

«С момента создания Сибирского отделения Академии наук СССР прошло пятьдесят лет — краткий по историческим меркам миг. Однако он вместил в себя множество событий, определивших дальнейший ход отечественной и мировой истории. Ныне страна живёт в совершенно ином измерении, чем Советский Союз второй половины 50-х годов. Но все настоящее вытекает из прошлого. Крупнейший в России академический комплекс, во многом определяющий дальнейшие перспективы отечественной науки, — это то, что связывает не-

Поздравляем!

Ученая степень
кандидата физико-математических наук
присуждена
Антону Олеговичу Полуэктову.

Ученая степень
кандидата технических наук
присуждена
Дмитрию Юрьевичу Болховитянову.

давнее прошлое, настоящее и будущее «большой науки» в Сибири», — такими словами академик Н. Л. Добрецов закончил свой доклад «50 лет СО РАН».

Коллектив ИЯФ вносит достойный вклад в развитие «большой сибирской науки». Подтверждение тому — государственные награды, врученные в дни юбилейных торжеств ведущим учёным нашего института: Орден Почёта — заместителю директора ИЯФ академику Г. Н. Кулипанову, Орден Дружбы — заведующему лабораторией 8-1 доктору физ.-мат. наук Н. А. Винокурову, Орден Второй степени «За заслуги перед Отечеством» — старшему научному сотруднику лаборатории 1-3 кандидату технических наук Ю. А. Пупкову, а также почётная грамота Правительства РФ — заведующему третьей объединённой лабораторией доктору физ.-мат. наук Ю. А. Тихонову. Почётным знаком Отделения «Серебряная сигма» награждены 1 066 сотрудников ИЯФ, имеющих звание «Заслуженный ветеран СО АН СССР» и «Заслуженный ветеран СО РАН».

История становления и развития СО РАН тесно переплетена с историей ИЯФ. Приняв праздничную эстафету у Сибирского отделения, институт продолжит череду торжественных мероприятий: в следующем году ИЯФ отметит собственный 50-летний юбилей.

Ю. Бибко.



**50 лет —
ещё не возраст!**



Гость ИЯФ — первый вице-премьер Российского правительства Сергей Иванов.



Мэр Новосибирска вручает академику А.Н. Скринскому знак отличия «Почётный житель города».



*Фоторепортаж
В. Петрова*



На пути к термоядерной энергетике

В конце прошлого года (21 ноября 2006 г.) в Париже подписано соглашение о создании Международной организации по строительству термоядерного экспериментального реактора ИТЭР (ITER— International Termonuclear Experimental Reactor).

Сторонами соглашения, кроме России, выступают: Европейский союз, Китайская Народная Республика, Республика Индия, Республика Корея, Соединённые Штаты Америки и Япония. Участие России в проекте ИТЭР будет заключаться в изготовлении и поставке на площадку сооружения реактора (г. Кадараш, Франция) основного технологического оборудования по согласованному списку и денежном взносе, составляющем в целом около 10% от полной стоимости сооружения реактора. Такая же доля вклада у США, Китая, Индии, Кореи и Японии. Предполагалось приступить к совместному сооружению реактора ИТЭР в начале 2007 года. Главная цель создания ИТЭР — доказать техническую возможность термоядерной реакции, как надёжного и безопасного источника энергии с неисчерпаемыми запасами топлива. Академик **Э. П. Кругляков** входит в состав Российско-европейского Координационного Комитета по сотрудничеству в области управляемого термоядерного синтеза (УТС), задача которого состоит в том, чтобы сформулировать программу совместных исследований в этой области.

— *Эдуард Павлович, проект ИТЭР имеет многолетнюю историю, и вот, наконец, он вошёл в новую стадию, когда после долгих поисков и обсуждений утверждена площадка и подписано соглашение о строительстве, которое должно было начаться уже в этом году...*

— Соглашение было подписано в ноябре 2006 года, а это слишком поздно для того, чтобы войти в бюджет 2007 года, который на момент подписания проекта практически уже был сформирован. Реально финансирование начнётся только с 2008 года. И это касается не толь-

ко российской стороны, но и всех участников проекта. То есть снова теряется время. Несколько лет, например, потеряно из-за ожесточённой торговли за площадку. Выбрали, наконец, во Франции, в Кадараше, недалеко от Марселя. Там находится ядерный центр, где работает одна из крупнейших в мире действующих установок Тор Супра (Tore Supra), сверхпроводящий токамак.

Для решения некоторых физических и инженерных проблем ИТЭРа нужны дополнительные установки меньших размеров, на которых можно продолжать исследования, решать те или иные задачи, и практически каждая сторона этим занимается. Все принципиальные вопросы уже решены, но остаётся ряд эффектов, которые следует тщательно исследовать. Например, существует такое опасное явление, как срыв: это когда значительная часть энергии, запасённой в плазме, неожиданно сбрасывается на стенку. Раньше это явление было абсолютно непонятно, сейчас более или менее картина прояснилась, и появились способы борьбы с ним. Для того, чтобы не было такого ужасного сброса энергии, который может даже расплавить часть стенки вакуумной камеры, физики научились инжектировать в плазму газовые струи из тяжёлых газов (криптон, ксенон). После такой инжекции эффект срыва подавляется, правда, после предотвращения срыва вакуумную камеру (а это тысяча кубометров) приходится откачивать, после чего цикл получения и нагрева плазмы до термоядерных температур (100–200 миллионов градусов) нужно будет начинать сначала. Явление срыва предстоит изучить более глубоко, и делать это будут на самых разных установках во всех странах — участницах проекта.

На ИТЭРе не планируется производить электроэнергию. Он должен продемонстрировать осуществимость стационарного управляемого горения термоядерной плазмы. Лишь после этого можно будет строить опытную термоядерную электростанцию. К этому моменту такого рода явлений, как срыв, уже быть не должно.

— *Какое отношение к решению этих задач имеет ИЯФ?*

— Есть напряжённый узел ИТЭР — это дивертор, место, куда даже в отсутствие срывов сбрасываются столь большие тепловые потоки плазмы, что без принятия специальных мер материалы, из которых дивертор изготовлен, могут плавиться и испаряться. И эти явления тоже необходимо изучать. Выбор материалов для дивертора ограничен. С одной стороны, они должны быть жаропрочными, с другой стороны — не давать много примесей (примеси, попадающие в плазму, приводят к её быстрому остыванию).

Оказалось, что наша установка ГОЛ-3 идеально подходит для постановки такого рода экспериментов. Это единственная в мире установка, где достигается очень высокая импульсная плотность потока энергии плазмы на торцы (до пятидесяти мегаджоулей на м²), причём, с горячими ионами и электронами одновременно.

Потоки с большой плотностью энергии можно получить на многих установках мира. А вот, чтобы в них одновременно была высокая электронная и ионная температура, такого нет нигде в мире, только на ГОЛ-3. Поэтому зарубежные коллеги проявляют большой интерес к этой машине.

Существует ещё одна исключительно важная проблема, которую



необходимо решить до того, как начнётся строительство термоядерных электростанций. Необходимо ответить на вопрос: сколько времени простоят различные конструкционные материалы под действием мощного нейтронного излучения. Дело в том, что нейтроны высокой энергии производят множество разрушений в стенках. В результате взаимодействия нейтрона с веществом в результате ядерных реакций в нём накапливается водород или гелий. Это приводит к тому, что в материалах образуются пузыри с огромным давлением, которые начинают разрушать материал. Меняется его механическая прочность. Даже электропроводность из-за ядерных превращений изменяется. Все эти эффекты нужно исследовать, причём, при облучении материалов термоядерными нейтронами с энергией 14 МэВ. Сегодня в мире нет мощных источников термоядерных нейтронов. Среди множества предложений, обсуждаемых физиками, наша газодинамическая ловушка (ГДЛ) в качестве источника термоядерных нейтронов выглядит весьма привлекательно.

Основной недостаток рассматриваемых схем источников нейтронов состоит в следующем. Чтобы получать термоядерные нейтроны на больших поверхностях, всю плазму необходимо довести до термоядерной температуры. Мощности, требуемые для такого рода источников нейтронов, получаются чудовищными, порядка миллиарда Ватт (это мощность, потребляемая большим городом). Кроме того, приходится расходовать очень много трития (сверхтяжёлый изотоп водорода). Тритий — дорогой элемент: на мировом рынке он стоит 30 000 долларов за один грамм. Для получения мощности нейтронного потока в один миллион Ватт за год будет израсходовано около 70 граммов трития. Если говорить о вышеупомянутых источниках, то в них расход трития менее килограмма в год (а скорее, менее трёх килограммов в год) никак не получается. Заметим, что несколько лет назад во всём мире производили всего 5 килограммов трития в год (а сегодня ещё меньше).

Газодинамическая ловушка — единственная в мире система, в которой лишь малая доля объёма плазмы должна нагреваться до

термоядерных температур. В ГДЛ использована некоторая изящная идея: когда в осесимметричную магнитную ловушку под углом к оси инжектируется поток нейтральных атомов достаточно высокой энергии, эти атомы, пролетая сквозь «тёплую» плазму, превращаются в энергичные ионы. Последние начинают двигаться вдоль ловушки, отражаясь от сгущений магнитного поля вблизи концов. В результате, там, где продольная скорость этих ионов близка к нулю (вблизи точек остановки) их концентрация будет большой, а в центральной части ловушки, где скорость продольного движения быстрых ионов максимальна, их плотность будет минимальной. Этот эффект очень похож на то, что происходит с потоком автомобилей на большой автомагистрали: у светофора с красным светом скорость — нуль, а плотность машин на единицу длины — максимальна. Когда же поток машин набирает скорость, плотность машин на единицу длины резко уменьшается.

Если в ловушку инжектировать атомы дейтерия (изотоп водорода, легче трития, но тяжелее обычного водорода) и трития, то в силу сказанного выше наивысшая концентрация энергичных ионов (дейтронов и тритонов) образуется в окрестностях точек остановки. Несмотря на то, что плазма в установке отнюдь не термоядерная (мы говорим «тёплая» — её температура не превышает 10 миллионов градусов), в окрестности точек остановки при столкновениях быстрых дейтронов и тритонов будут идти термоядерные реакции. Согласно нашим оценкам, на двух площадках вблизи точек остановки такой нейтронный источник будет производить около 2 МВт термоядерных нейтронов на площади примерно в 1 квадратный метр. По мнению материаловедов, этого достаточно для проведения всех необходимых испытаний. Источник на основе ГДЛ будет потреблять около 150 граммов трития в год и около 60 МВт от сети. С точки зрения экономичности это не идёт ни в какое сравнение с любыми другими обсуждаемыми источниками.

Первые эксперименты с нейтронами на ГДЛ уже проведены. Они показали, что распределение потока нейтронов по длине системы хорошо согласуется с расчётами.

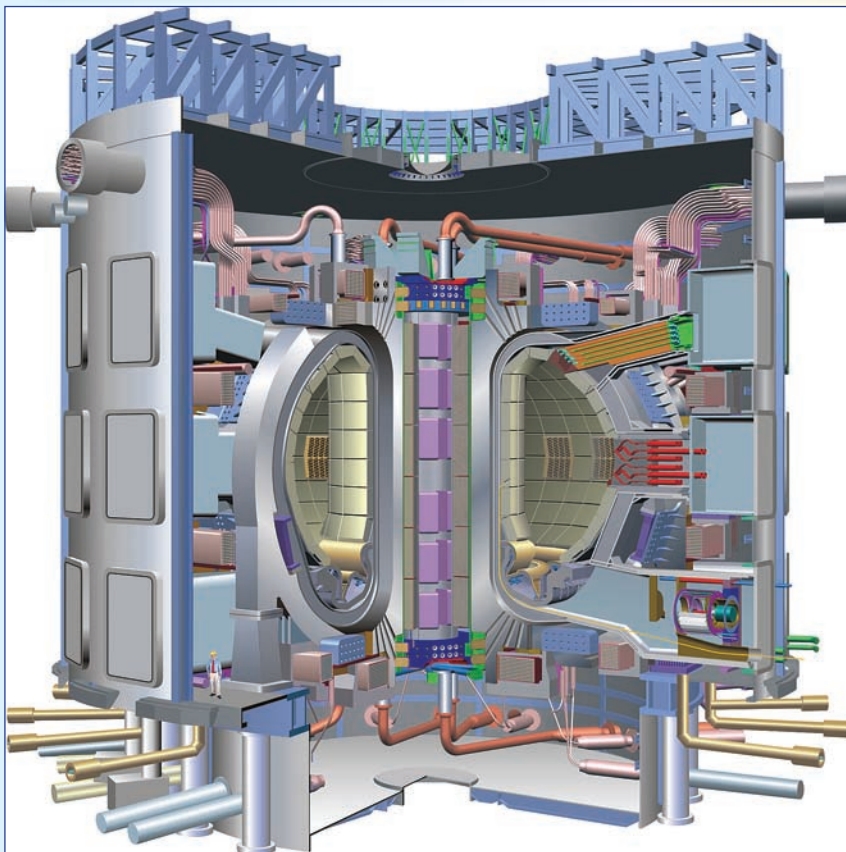
Надеюсь, что в течение этого года нам удастся доказать осуществимость «умеренного» нейтронного источника с плотностью потока нейтронов 0,5 МВт на квадратный метр. Даже такая плотность потока нейтронов представляет огромный интерес для материаловедения. Когда мы её достигнем, пойдём дальше. Таким образом, обе наши системы могут быть задействованы в этом мировом проекте.

— Нужно ли для этих исследований дополнительное финансирование?

— Пока, то, что мы делали, не требовало больших ассигнований. Работы велись на действующей установке. Когда же было нужно существенно поднять параметры установки, деньги потребовались. Я пошел в Минатом. Министр, физик по происхождению, быстро оценил степень важности предлагаемой работы и выделил нам 15 миллионов рублей. Ещё примерно столько же вложил ИЯФ. Так нам удалось создать новые инжекторы нейтральных атомов, которые позволяют продемонстрировать физическую осуществимость плотности потока нейтронов 0,5 МВт на квадратный метр. С физической точки зрения новые инжекторы позволят нам исследовать стационарный процесс, но на самом деле процесс импульсный. Для того, чтобы создать настоящий действующий нейтронный источник, вложений требуется куда больше, а таких средств у нас пока нет. В будущем будем добиваться, чтобы государство выделило средства на сооружение такого источника. Правда, строиться он будет не у нас, а в одном из ядерно-физических центров, где имеется опыт работы с тритием и тритиевые технологии. Разумеется, о строительстве речь может пойти только тогда, когда мы представим доказательства осуществимости полномасштабного источника нейтронов. Пока уже достигнутые физические результаты внушают оптимизм.

— Вернемся к ИТЭР, когда появятся деньги, то работы по строительству сразу начнутся?

— Сейчас, пока ещё средства не выделены, нужно решить вопрос, какая страна чем будет заниматься. Официально подписанных соглашений такого рода ещё нет. Заранее известно, что Россия должна будет готовить сверхпроводящий кабель,



Схематический рисунок реактора ИТЭР. Общий радиус конструкции — 10,7 м, высота — 30 м: фигура человека (внизу рисунка слева) позволяет оценить ее размер.

это гарантировано: у нас хорошее производство сверхпроводника. Но есть ряд открытых вопросов. Например, самые лучшие инжекторы нейтральных атомов для исследования краевой плазмы разработаны и могут производиться в России, а более конкретно — в нашем институте, но получим ли мы заказ на них, неизвестно. Почему-то их очень жаждают делать Индия. Общая стоимость проекта, рассчитанного на 20 лет, довольно большая — 5 млрд евро, каждая сторона должна вложить 10%, а те, на чьей территории будет создаваться ИТЭР, вкладывают 50%.

— Как развивалась программа термоядерных исследований?

— Всё начиналось с каких-то смехотворных по сегодняшним меркам параметров: плотности плазмы 10^{12}см^{-3} , температуры — десятки тысяч градусов. Сегодня совокупное произведение трёх важнейших параметров (время жизни, плотность и температура) увеличилось почти в миллиард раз. Первые нейтроны появились в конце 50-х — начале 60-х годов. Тогда это вызвало огромный энтузиазм, казалось, что всё по-

лучится за два-три года. Но физики оказались мудрыми и осторожными, сразу почувствовали, что это не термоядерные нейтроны, у них другое происхождение. Эти сомнения подтвердились: оказалось, что это были так называемые ускорительные нейтроны. В плазме возникли турбулентные процессы, которые приводили к тому, что небольшая доля ионов ускорялась. Вот эти-то ускоренные ионы при столкновениях и порождали нейтроны, с виду похожие на термоядерные.

Потребовались годы тщательного разбирательства в физике плазмы, и, наконец, в 70-х годах в Советском Союзе удалось получить первые термоядерные нейтроны, это было очень чётко продемонстрировано. С тех пор выход термоядерных нейтронов вырос примерно на 10–11 порядков, то есть в сто миллиардов раз. Более десяти лет назад мощность в термоядерных нейтронах превысила 16 мегаватт и поддерживалась в течение нескольких секунд. Сегодня у физиков нет никаких сомнений в том, что стационарная самоподдерживающаяся термоядерная реакция будет получена.

— Токамак — это самый оптимальный способ получения такой реакции?

— Наверное, нет, потому что токамак — сооружение сложное, особенно в разборке. Пройдёт какое-то время, потребуется разбирать термоядерный реактор, менять стенку, ибо со временем она будет прогорать. Это очень сложно. Вот почему, на мой взгляд, будущее всё-таки за открытыми системами, которыми занимается наш институт. Наша заслуга в том, что мы их сохранили. В своё время, когда токамак резко выделился среди прочих направлений и начался токамачный бум, многие лаборатории спешно начали сворачивать другие направления исследований и строить токамаки. Мы устояли. Сейчас ситуация меняется, подтверждением служит тот факт, что на ближайшей европейской конференции по УТС от России будет единственный приглашённый доклад именно от нашего института. У нас есть последователи — Япония, Корея, которые тоже развивают открытые системы, но наши лучше.

В термоядерных исследованиях сегодня существует две задачи. Во-первых, доказать «теорему существования» — осуществимость термоядерного реактора. Это, конечно, будет продемонстрировано на токамаке: здесь были сконцентрированы гигантские усилия физиков и ресурсы всего мира. Если бы такие силы были брошены на открытые системы, они бы тоже уже давно демонстрировали термоядерные параметры. Во-вторых, потребуется решить, какие реакторы нужно будет строить в будущем. Отнюдь не обязательно термоядерные реакторы будут создаваться на основе токамаков.

В случае многопробочной системы, которая сейчас функционирует в ИЯФ на установке ГОЛ-3, параметры уже сегодня весьма внушительные — 23 млн. градусов температура ионов, а температура электронов почти вдвое выше. Что касается качества системы удержания, то на сегодня мы отстаём от токамаков в пять раз по температуре, но сильно превосходим их по удерживаемой в системе плотности: на ГОЛ-3 плотность 10^{15}см^{-3} , а на токамаках — 10^{13}см^{-3} . На сегодня абсолютно никаких запретов по физике для увеличения параметров плазмы



в многопробочной системе не существует. Как показывают оценки, «пороговый» многопробочный термоядерный реактор (вложенная в плазму энергия равна выделенной в термоядерных реакциях) будет иметь длину всего 60 метров!

А теперь посмотрим вперёд, в будущее. Термоядерные реакторы будут использовать в качестве топлива изотопы водорода — дейтерий и тритий. Дейтерий в качестве примеси содержится в воде, тем не менее, этой «примеси» хватит на миллиарды лет. А вот трития на Земле нет. Его придётся получать искусственно. Технология этого процесса известна: каждый термоядерный нейтрон, покидающий реактор, при взаимодействии с литием, рождает более одного атома трития, таким образом, после начального запуска реактора тритий будет нарабатываться в достаточном количестве. Но лития на Земле не так много. По оценкам его хватит на две тысячи лет. Что делать, когда он закончится? Дальше нужно будет переходить к другим типам термоядерной реакции. Известно, что на Луне неисчерпаемые залежи гелия-3. Сегодня это, конечно, выглядит фантастикой, но уже есть энтузиасты, которые готовы возить этот элемент с Луны. Думаю, что это преждевременно, хотя лет через 50–100 будет вполне целесообразно, поскольку к тому времени можно будет подготовить термоядерную систему, способную сжигать гелий-3 с дейтерием. Чем привлекательна эта реакция? Реакция на основе трития и дейтерия выделяет основную энергию в виде нейтрона с энергией 14 МэВ (3,5 МэВ дополнительно выделяется в альфа-частице). Нейтрон — это все-таки радиация. Мало того, он ещё и стенки повреждает, может навредить остаточную радиоактивность (правда, всё это преодолимо и значительно менее опасно, чем в атомных электростанциях). А вот если перейти к малонейтронным термоядерным реакциям, к таким, как дейтерий-гелий-3, то там нейтронов почти нет, в этой реакции образуется энергичный протон и энергичная альфа-частица. В результате система станет более безопасной, а менять стенку потребуется только лет через триста.

— **Как снимать энергию при термоядерной реакции?**

— Когда есть нейтроны, то тут всё понятно: из объёма плазмы во все стороны разлетаются нейтроны, попадают в стенку вакуумной камеры, проходят её насквозь, оставляя в ней небольшую часть энергии и нагревая её до температуры около тысячи градусов, и попадают в некую среду, где нейтрон и выделяет свою энергию в жидком металле. Потом этот жидкий металл греет воду, а дальше — всё по обычной схеме. Когда же нейтронов нет, то образуются энергичные заряженные частицы, и возникает вопрос, как снимать энергию. Это очень сложно сделать. Уже сегодня дивертор крайне напряжён, и это очень серьёзная инженерная проблема. Открытая ловушка позволяет снимать энергию естественным образом. Сквозь торцы вылетают энергичные частицы, дальше их тормозят, и сразу можно получать электрическую энергию. Но в случае малонейтронных схем плазму приходится нагревать до существенно более высоких температур. Сейчас физики справились с температурами 100–200 млн. градусов, а здесь речь идёт о миллиарде градусов. Это уже следующий шаг, но, тем не менее, нужно думать о будущем, и в этом смысле открытые системы намного привлекательнее для безнейтронных термоядерных реакторов.

— **То есть токамак — это ближайшее будущее термоядерной энергетики, а открытые ловушки — более отдалённое?**

— Приблизительно так. Вот вам некая аналогия из другой области. Атомные электростанции построены на медленных нейтронах, есть и другие атомные реакторы на быстрых нейтронах — это другая версия. Атомные реакторы на медленных нейтронах очень хорошо инженерно развиты, но уже сейчас возникает вопрос: а что дальше делать? На ближайшее десяти-двадцать лет запланировано использование старых реакторов: в России будут строиться атомные электростанции на медленных нейтронах. Но очевидно, что будущее за реакторами на быстрых нейтронах. Как ни парадоксально, но урана 235, на основе которого действуют реакторы на медленных нейтронах, мало. В природном уране его всего 0,7%, надолго не хватит. А вот урана 238, основного изотопа, очень много, в отвалах лежит уран 238 в огромных

количествах. Реакторы на быстрых нейтронах работают с использованием именно урана 238: будущее за реакторами на быстрых нейтронах. И в этом деле газодинамическая ловушка может оказаться весьма полезной.

— **Можно с уверенностью сказать, что человечество без энергии не останется?**

— Путей очень много, но какими они будут... Конечно, термояд — это основное направление. К сожалению, во времени всё это происходит очень медленно. Физики занимаются термоядом уже более пятидесяти лет. Самые первые сообщения были высказаны примерно в 1952 году, непрерывное развитие шло очень бурно. Сегодня уже можно говорить о вполне определённых сроках. Вся программа рассчитана на двадцать лет: в 2008 году начинается строительство ИТЭР, через восемь лет система будет построена, пять лет отведено для экспериментов с водородной плазмой по физике, последние семь-восемь лет — это эксперименты с дейтерий-тритиевой плазмой (масштаб термоядерной энергии 0,5–1 ГВт). То есть в 2028 году будут завершены эксперименты на ИТЭР. К этому времени будет создан проект опытной термоядерной электростанции, и тогда уже должны быть решены многие инженерные вопросы: сколько времени стоит стенка, как её менять и на основе чего строить опытную электростанцию. Строительство такой электростанции займёт ещё лет пятнадцать, и лишь после этого можно будет начинать серийное строительство термоядерных электростанций.

— **К термояду, как одному из основных источников энергии, человечество подойдёт вплотную лишь через 35–40 лет?**

— Я с удивлением обнаружил, что любая энергетика требует для своего развития от нуля и до максимума от 60 до 100 лет — меньше не получалось даже для таких понятных, как угольная энергетика. Так что не будем пугаться приведённых цифр, ведь уголь, нефть, газ зажигаются от спички. В термоядерной энергетике дело обстоит куда сложнее...

Беседовала и подготовила интервью к публикации И. Онучина

Конкурс молодых учёных ИЯФ

В апреле и мае состоялся традиционный конкурс молодых учёных ИЯФ. В этом году он прошёл не по пяти, как обычно, а по шести секциям: отчётная конференция Сибирского центра СИ проводилась в рамках конкурса молодых учёных.

Поздравляем победителей!

Физика элементарных частиц

1. **Д. В. Павлюченко** (рук. член-корр. А. Е. Бондарь, к. ф.-м. н. А. Ф. Бузулуцков): «Двухфазный аргоновый лавинный детектор с CsI фотокатодом: первые результаты».
2. **А. В. Козлинский** (рук. д. ф.-м. н. С. И. Эйдельман): «Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow 4\pi$ в интервале энергий 700–980 МэВ на детекторе КМД-2. Вероятность распада $\rho \rightarrow 4\pi$ в модели $a_1\pi$ ».
3. **Д. А. Штоль** (рук. к. ф.-м. н. В. Б. Голубев): «Пропорциональные счётчики для мюонной системы детектора СНД».
2. **Д. А. Сычев** (рук. д. х. н. И. Г. Васильева): «Характеризация наночастиц феррита в стеклах методами с использованием СИ».
3. **У. В. Анчарова** (рук. к. х. н. А. П. Немудрый): «Применение синхротронного излучения для структурных исследований нестехиометрических кислород-проводящих перовскитов».

3. **Ю. А. Трунев** (рук. д. ф.-м. н. А. В. Бурдаков): «Электронный пучок с плазменным эмиттером для нагрева плазмы в установке ГОЛ-3».

Физико-техническая информатика

Физика ускорителей

1. **А. Л. Романов** (рук. д. ф.-м. н. Ю. М. Шатунов): «Использование матрицы отклика для определения параметров магнитной структуры ускорителей».
2. **М. И. Брызгунов** (рук. к. ф.-м. н. В. Б. Рева): «Влияние нелинейностей на движение протонов в накопителе с продольным магнитным полем».
3. **Д. О. Артамонов** (рук. к. т. н. В. О. Ткаченко): «Варианты инжекции для промышленного ускорителя электронов ИЛУ-10».

Синхротронное излучение и ЛСЭ

1. **А. В. Бондаренко** (рук. к. ф.-м. н. С. В. Мигинский): «Новая схема инжекции и экстракции для циклических ускорителей заряженных частиц».

- В. В. Герасимов** (рук. д. ф.-м. н. Б. А. Князев): «Возможности спектроскопии биологических объектов на терагерцевом лазере на свободных электронах».
- М. Г. Иванов** (рук. к. х. н. А. Н. Шмаков): «Характер структурных изменений с температурой перовскитов состава $\text{SrCo}_{0.8-x}\text{Fe}_{0.2}\text{Nb}_x\text{O}_{3-y}$ ($x=0.1-0.3$)».

- Е. В. Макашов** (рук. к. ф.-м. н. В. В. Кубарев): «Двумерные системы изображений терагерцевого излучения».

- К. С. Палагин** (рук. к. ф.-м. н. В. В. Кубарев): «Измерение средней и импульсной мощности терагерцевого ЛСЭ».

Физика плазмы

- 1–2. **А. С. Кузнецов** (рук. д. ф.-м. н. А. В. Бурдаков): «Генерация и поглощение резонансных гамма-квантов в экспериментах с протонным пучком на тандеме ВИТА».

- 1–2. **М. С. Чащин** (рук. к. ф.-м. н. А. Д. Беклемишев): «Механизм подавления поперечного переноса плазмы в открытой ловушке приложенными потенциалами».

1. **П. Б. Чеблаков** (рук. м. н. с. Д. Е. Беркаев): «Программное обеспечение подсистем измерения и контроля ускорительного комплекса ВЭПП-2000».
- 2–3. **К. И. Кахута** (рук. вед. инж., к. т. н. Ю. В. Юдин): «Электроника для координатной системы жидкокислородного калориметра».
- 2–3. **И. Б. Лабутин** (рук. к. ф.-м. н. И. Б. Логашенко): «Разработка программного обеспечения системы сбора данных детектора КМД-3».

Радиофизика

1. **В. В. Орешонок** (рук. Д. П. Суханов): «Система контроля параметров ВЧ сигналов на инжекционном комплексе ВЭПП-5».
2. **Д. В. Сеньков** (младший научный сотрудник лаб. 6-0): «Контроллер высоковольтного источника питания 60 кВ 30 кВт для установки Электронно-лучевой сварки».
3. **Р. В. Пилипенко** (рук. к. т. н. А. С. Медведко): «Ёмкостный датчик гидростатического уровня SASE».



Мы попросили представителей конкурсной комиссии прокомментировать доклады, представленные на конкурсе молодыми учёными.

Физика элементарных частиц

Е. В. Пахтусова, д. ф.-м. н., председатель жюри: «В конкурсе на секции ФЭЧ приняло участие 15 человек. Жюри отметило высокий профессиональный уровень выступавших, хорошую подготовку к выступлениям. Первое место присуждено аспиранту 3-го года обучения Денису Павлюченко за работу по созданию двухфазного аргонового лавинного детектора с CsI фотокатодом. Хотя создание прибора ещё далеко от завершения, тем не менее, характеристики детектора свидетельствуют о хороших перспективах этой разработки. Второе место жюри присудило магистранту 2-го года обучения Александру Козлинскому за работу по измерению сечения процесса $e^+e^- \rightarrow 4\pi$ с детектором КМД-2 на ВЭПП-2М в области энергии меньше 1 ГэВ. Третье место получил аспирант 2-го года обучения Дмитрий Штоль за работу по созданию и подготовке к экспериментам на ВЭПП-2000 пропорциональных счетчиков для мюонной системы детектора СНД. Кроме того, жюри решило специально отметить высокий уровень работ А. В. Резниченко, А. Н. Винокуровой, К. Ю. Сквепня, П. А. Иванова, А. А. Ботова».

Физика ускорителей

И. А. Кооп, д. ф.-м. н., председатель жюри: «На конкурс было представлено 9 докладов, их тематика была посвящена циклическим и промышленным ускорителям.

Первое место занял Александр Романов с очень актуальной работой, которая помогла в настройке ВЭПП-2000. На циклических ускорителях ИЯФ впервые применен метод определения параметров магнитной структуры по орбиталь-

ным откликам. Вводились искажения орбиты, измерялось положение пучка в нескольких точках ускорителя, и после анализа восстанавливались параметры ускорителя. Александром написано множество программ, которые помогают поддерживать систему в рабочем состоянии.

В числе победителей оказался Максим Брызгунов. Его работа связана с проектом ускорителя для протонов низкой энергии, где на ведущее поперечное магнитное поле наложено продольное магнитное поле. Динамика движения частиц в такой конфигурации полей очень сложна для анализа. Тем не менее, Максим справился с этой задачей и представил подробный анализ динамики движения частиц. Работа может оказаться очень полезной для решения проблем безопасности, в частности, для обнаружения взрывчатых веществ.

В работе Дениса Артамонова рассмотрен вариант инжектора промышленного ускорителя, который позволит улучшить монохроматичность электронов, повысить КПД ускорителя, улучшить качество облучения объектов.

В целом уровень конкурса остаётся на достаточно высоком уровне. Особенно приятно то, что доклады связаны с работой лабораторий ИЯФ и находят себе практическое применение».

Синхротронное излучение и ЛСЭ

Н. А. Винокуров, д. ф.-м. н., член жюри: «На конкурсе выступили 17 докладчиков, большая часть из которых является студентами вузов. Многие из них работают в нашей лаборатории (8-1). За последние годы была выработана практика работы со студентами: на каждого научного сотрудника нашей лаборатории приходится как минимум по одному студенту.

Специфика тематики по СИ состоит в том, что она объединяет работы как в области химии, так и в области физики ускорителей заряженных частиц.

В частности, доклад победителя — Алексея Бондаренко — относится к области физики ускорителей. Алексей рассказал про новую схему впуска и выпуска пучка в электронные накопители, которая может оказаться проще и в некотором смысле лучше, чем другие используемые схемы. Несмотря на то, что он начал работать над этой темой сравнительно недавно, месяцев 5-6 назад, уже получены некоторые интересные результаты. Он произвел на жюри хорошее впечатление не только содержательной частью доклада, но и его подачей.

Дмитрий Сычев представил работу в области химии, в его работе исследовались наночастицы феррита с помощью СИ.

Третье место жюри решило присудить сразу нескольким участникам: В. Герасимову, К. Палагину, Е. Макашову, У. Анчаровой и М. Иванову. Василий Герасимов занимается разработкой приборов для визуализации терагерцового излучения на ЛСЭ. В своей работе он решает задачу изучения биологических объектов при помощи длинноволнового терагерцового излучения, которое невидимо человеческому глазу. Константин Палагин и Евгений Макашов работают вместе, они занимаются приборами для измерения параметров терагерцового излучения. Ульяна Анчарова изучает применение СИ в области химии. Материал, который был представлен в её работе, очень большой по содержанию, её результаты были получены в ИЯФ на ВЭПП-3 и в Курчатовском институте на накопителе Сибирь-2.

Конкурс прошел на достаточно высоком уровне. Вообще, такие мероприятия стимулируют студентов к дальнейшей научной деятельности и развивают умение представлять свои работы. В некоторых случаях, конечно, видны слабые стороны докладов, хотя зачастую это ошибки не студентов, а руководителей, которые должны были поставить задачу чуть-чуть по-другому. И для тех, и для других практика участия в таких конкурсах, я считаю, очень полезна.

Физика плазмы

А. В. Бурдаков, д. ф.-м. н., председатель жюри: «В этом году в конкурсе участвовали 7 человек. Большинство работ было связано с фундаментальными вопросами физики плазмы — тонкостью исследования плазмы, её свойствами, взаимодействием с поверхностью (один из ключевых вопросов управляемого термоядерного синтеза), стабильностью плазмы.

Максим Чащин представил доклад, связанный с изучением устойчивости удержания плазмы. В нём рассмотрен абсолютно новый механизм так называемого переноса в плазме, то есть движения плазмы к стенке, показаны условия, при которых можно уменьшить это поперечное движение плазмы. Работа имеет очень большое значение для физики плазмы и её термоядерных приложений.

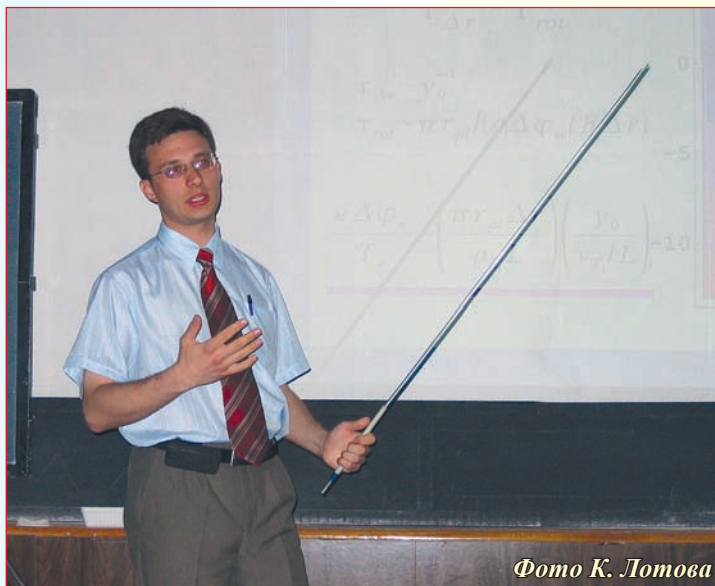
Александр Кузнецов представил доклад по генерации и поглощению резонансных гамма-квантов, которые рождаются в ядерной реакции с протонами на новом тандеме ИЯФ ВГА. Данная работа направлена уже на сугубо прикладные цели — поиск взрывчатых веществ и борьбу с терроризмом.

Ещё одна перспективная работа Юрия Трунева связана с развитием нового поколения мощных электронных пучков, предназначенных для нагрева плазмы. В ходе работы получены такие результаты, которые в совокупности параметров пучков если не самые лучшие в мире, то уже близки к этому.

Выступления докладчиков вызвали живой интерес не только у студентов и аспирантов, которые пришли поддержать своих ребят, но и у членов жюри».

Физико-техническая информатика

И. Б. Логашенко, к. ф.-м. н., председатель жюри: «На конкурс было представлено 9 докладов; в этом году впервые один человек представил три работы. Тематика докладов была связана с рабо-



Секция физики плазмы. Свой доклад представляет М. Чащин.

той на ускорительных комплексах (ВЭПП-2000, ВЭПП-4, ВЭПП-5), с разработкой электроники и с системой сбора данных детектора КМД-3.

Победителем единогласно был признан Павел Чеблаков, его доклад вызвал наиболее продолжительную дискуссию, а сам он очень интересно и со знанием дела отвечал на вопросы. Его доклад был связан с системой мониторинга комплекса ВЭПП-2000. Второе и третье места поделили работы, связанные с детектором КМД-3. Доклад Константина Кахуты был посвящен электронике для одной из систем детектора, а доклад Ильи Лабутина — чтению данных с этой электроники.

Было любопытно послушать Романа Кускова. Его работы отражали интересные стороны систем, связанных с эффективной организацией работы на ускорительном комплексе. Неплохо выступил

студент 4 курса НГУ Евгений Гоман, его работа хорошо выполнена и довольно неплохо представлена. Порой очень важно, чтобы научный руководитель уделял внимание не только содержательной части работы, но и учил студента, аспиранта, сотрудника представлять эту работу. К сожалению, некоторые доклады были представлены не очень хорошо. В таком конкурсе это, конечно, минус».

Радиофизика

А. С. Медведко, к. т. н., председатель секции: «В этом году на конкурсе выступили 7 докладчиков. Несмотря на малое количество, были представлены работы, посвященные высокочастотным вещам (В. В. Орешенок), измерительной электронике (Р. В. Пилипенко, М. С. Кочергин, А. В. Марков) и источникам пита-

ния разного вида (А. А. Гальт, А. А. Елисеев, Д. В. Сеньков). Тематика докладов была посвящена главным направлениям развития электроники в ИЯФ. Наибольшую дискуссию вызвали три доклада, и между ними практически разыгрывались три первых места. В целом впечатления от конкурса положительные: все выступления оказались интересными, полезными и сильными».

В. П. Черепанов, к. ф.-м. н., председатель жюри: «Что касается победителя, видно, что человек хорошо разбирается в том, что он делает, уверенно отвечает на вопросы и хорошо представляет материал. К сожалению, мало кому это удаётся. Общее моё замечание ко всем докладчикам — мало диссертательности в процессе представления работы. Нужно уметь правильно расставлять акценты».

Подготовила Ю. Бибко.



Детский праздник

В спортивном зале ЭП-1 (Чёмы) состоялся детский спортивный праздник «Весёлые старты». Идея возрождения некогда популярных семейных соревнований в ИЯФ давно витала в воздухе, и пару лет назад была, наконец, воплощена детской комиссией при участии спортсовета. Праздник проходил уже в третий раз и наряду со «старожилами» привлёк немало новых участников: и детей, и родителей.

Тёплым апрельским утром главный холл и спортзал ЭП1 наполнили звонкие детские голоса. Пока организаторы завершали последние приготовления к соревнованиям, их будущие участники устроили активную разминку, выбрав приглянувшийся спортивный снаряд: мячи, обручи, скакалки, канаты, теннисные ракетки — всё пошло в дело. Тут же был организован блиц-конкурс детского рисунка, все участники которого получили поощрительные призы. К одиннадцати часам приём заявок был завершён и сформированы четыре команды, в каждой из которых оказалось по 5–7 детей и по 1–2 взрослых участника. После построения и приветствия командам было предложено первое конкурсное задание: придумать название и представление своей команды. Уже через несколько минут у команд появились свои яркие имена: лучшим было признано представление «Осьминожек», второе место было отдано «Дельфинам», а «Кенгуру» и «Перцы» поделили третье место.

Затем началась основная спортивная программа, состоявшая из семи конкурсов. Команды подобрались примерно равные по силам, и явного фаворита не было. В эстафете с жонглированием теннисным мячом и воздушным шаром на теннисной ракетке победу одержали «Перцы», в конкурсе «боулинг» самыми меткими были «Дельфины». Но «Перцы» опередили всех (и даже «Кенгуру») в командных прыжках, «Дельфины» оказались самыми быстрыми в эстафете с воздушным шаром, а «Кенгуру» первыми переправились через «ручей» и победили в динамичном конкурсе «биатлон». «Осьминожки» не стали победителями ни в одном из спортивных конкурсов, но стабильно занимали вторые и третьи места, что позволило им не отставать от лидеров.

В результате к последнему конкурсу — перетягиванию каната — «Дельфины», «Кенгуру» и «Осьминожки» набрали одинаковое количество баллов и лишь команда «Перцы», составленная из представителей НКО, вырвалась на два очка вперёд. В последнем конкурсе лидеры отстояли свои притязания на общую победу, выиграв все три микродуэли у своих соперников. В очной борьбе с канатом в руках были определены и остальные лауреаты праздника: вторыми стали «Осьминожки», третьими — «Кенгуру». На торжественной це-

та — В. Ищенко (Лаб. 3), Н. Григорова и В. Бруянова (ЭП-1), которым были вручены памятные дипломы. Тёплые слова благодарности были адресованы администрации ИЯФ и лично Н. Завадскому, оказывающему всестороннюю помощь и поддержку развитию зимних видов спорта в районе.

Лёгкая атлетика

Позади недолгое межсезонье, и вот уже на смену лыжному пришел сезон легкоатлетический. Вечером 2 мая состоялась традиционная легкоатлетическая эстафета Советского района. В отличие от прошлых лет, в этом году она проходила на проспекте Коптюга, так что многие смогли воочию наблюдать за перипетиями борьбы прямо из своих окон. Команда ИЯФ участвовала в третьем забеге и заняла общее второе место среди коллективов предприятий и организаций, уступив лишь команде Института геологии, усиленной несколькими городскими спортсменами.

В среду, 16 мая, в окрестностях ботсада прошла легкоатлетическая эстафета ИЯФ. Погожим майским вечером на старт вышли двадцать команд, девять из которых представляли подразделения нашего института. Столь высокая для начала сезона массовость обусловлена ещё и тем, что несколько лет назад организаторам этой эстафеты удалось найти удачный формат проведения соревнования, при котором команды с одной, а тем более, с несколькими представительницами прекрасного пола в своем составе, получают заметную фору.

В увлекательной борьбе уверенную победу в абсолютном зачёте одержала сборная команда студентов Сибирской государственной геодезической академии. Вторыми, сполна воспользовавшись предоставленным гандикапом, стали студентки НГУ, опередившие мужскую сборную государственного университета всего на три секунды. В отсутствие лидеров лыжного сезона — команды Управления и ЭП, победу среди команд ИЯФ одержала первая сборная ускорительных лабораторий. Около минуты уступила им команда ФВЭ, третьи — плазмисты. Отметим коллектив НКО, выставивший две команды, обе из которых вошли в первую шестёрку.

А. Васильев

Спортивная жизнь ИЯФ

ремонию подведения итогов все лауреаты праздника получили заслуженные призы, а все дети — красочные дипломы. Особо были отмечены самые юные участники — трёхлетние Ира Рева (Лаб. 5-2), Денис Пинаев (НКО) и Егор Гольденберг (Лаб. 8-0). Ну а все участники праздника получили на память воздушные шары, которыми был щедро украшен зал, и заряд весёлого весеннего настроения. Праздник понравился всем: и участникам, и болельщикам, которых собралось немало и которые, надемся, в следующий раз пополнят число участников. Особые слова благодарности следует адресовать организаторам — детской комиссии профкома, её председателю Н. Заиграевой (Лаб. 8-0), И. Гераскиной (ЭП-1), С. Важниной (МЭП), С. Глуховченко (НКО) и М. Елфимову (Лаб. 3), а также С. Мутыло (ЭП-1), художнику В. Мещерякову (ЭП-1) и председателю профбюро ЭП-1 С. Махневу (ЭП-1).

Лыжный спорт (хроника)

26 марта глава администрации Советского района А. Гордиенко организовал приём в честь сборной Советского района по зимним видам спорта — победителей ежегодной городской спартакиады. На приёме были особо отмечены заслуги и вклад в общую победу ведущих лыжников нашего институ-

Адрес редакции:
630090, Новосибирск
пр.ак.Лаврентьева, 11, к. 423
Редактор И. В. Онучина

Газета издается
ученым советом и профкомом
ИЯФ СО РАН
Печать офсетная. Заказ № 19

«Энергия-Импульс» выходит
один раз в три недели.
Тираж 450 экз.
Бесплатно.