

## INSTR17: SLAC — Новосибирск

С 27 февраля по 3 марта в ИЯФе прошла традиционная конференция по методике экспериментов на встречных пучках.

*Эта конференция впервые прошла в нашем институте по предложению Г. И. Будкера сорок лет назад как совместная со SLAC, с 2011 года она проводится в другом формате. Конференция вошла в серию методических вместе с Пизанской и Венской, в Новосибирске поочередно с ними она проводится раз в три года. В этом году она была впервые организована совместно ИЯФом и НГУ.*

*В 2017 году и участников, и представленных докладов было гораздо больше, чем обычно. К нам приехали 31 человек из России, 92 участника из 21 страны мира, а также 72 специалиста из ИЯФа и НГУ — всего 195 участников! На девяти тематических секциях было сделано 102 устных доклада, кроме того, 73 доклада было представлено на постерной секции.*

**Академик П. В. Логачев**

История этих конференций началась в сентябре 1977 года. Мы продолжаем эту добрую традицию, и для нас это важно потому, что ИЯФ является единственным местом в мире, где, начиная с 1968 года, постоянно работает хотя бы один электрон-позитронный коллайдер. Больше нигде нет физического центра с такой непрерывной историей практического развития этого направления.

Если говорить о нашем проекте Супер С-Тау фабрики, то он будет международным, но реализовываться на нашей территории. Это — будущее для ИЯФа. Без такого коллайдера мы не сможем развивать те компетенции, которые наработали на протяжении почти шестидесяти лет.

Изучать неизвестную нам физику, искать эксперименты, которые не согласуются со Стандартной моделью, можно двумя способами. Первый — поднимать энергию столкновения частиц. Второй — на уже

*Продолжение на стр 3.*



Фото Н. Купиной.



# Важнейшие достижения ИЯФ СО РАН в 2016 году

## В области ядерной физики, физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий

1. В эксперименте с детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М с лучшей в мире точностью исследовано сечение электрон-позитронной аннигиляции в адроны в области энергии 1,84–3,05 ГэВ.

2. В эксперименте по поиску новой физики (MEG, PSI) получено ограничение на распад мюона в электрон и гамма-квант, превосходящее на полтора порядка предыдущее значение.

3. По данным, накопленным в эксперименте с детектором СНД на коллайдере ВЭПП-2М, сделано прецизионное измерение сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma$  в широком интервале энергий, от 0,60 до 1,38 ГэВ. По измеренному сечению с наилучшей в мире точностью определены вероятности радиационных переходов  $\rho$ ,  $\omega$ ,  $\phi \rightarrow \pi^0\gamma$ .

4. В эксперименте с детектором СНД на коллайдере ВЭПП-2000 с лучшей в мире точностью измерены сечения процессов  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ ,  $\omega\eta$ ,  $\omega\pi^0$  в области энергии 1,05–2,00 ГэВ.

5. В эксперименте с детектором СНД на коллайдере ВЭПП-2000 впервые наблюдалась реакция  $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0\eta$ . Измерено сечение реакции, показано, что ее доминирующим механизмом является переход через промежуточное состояние  $\omega a_0(980)$ .

6. В эксперименте с детектором КМД-3 на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 с лучшей в мире точностью в области энергий 1,92–2,0 ГэВ вблизи порога реакции измерено сечение рождения протон-антипротонных пар в электрон-позитронной аннигиляции.

7. Впервые сформулирован последовательный квазиклассиче-

ский подход для описания процессов квантовой электродинамики в полях тяжелых атомов при высоких энергиях. Этот подход позволил не только вычислить вероятности различных процессов точно по атомному полю в ведущем квазиклассическом приближении, но и сосчитать следующие за главным квазиклассические вклады, а также впервые предсказать величину эффектов, которые отсутствуют при вычислении в главном квазиклассическом приближении.

## В области физики и техники ускорителей заряженных частиц, источников СИ и ЛСЭ

1. Инжекционный комплекс начал в крейсерском режиме снабжать электронами и позитронами коллайдеры ВЭПП-2000 и ВЭПП-4 для проведения экспериментов с максимальной светимостью.

2. Впервые в мире по изменению угла рассеяния дифракционного пика синхротронного излучения измерена динамика деформации монокристалла вольфрама при импульсной тепловой нагрузке длительностью около 100 мкс. Эксперименты проводились по программе исследования материалов для реакторов термоядерного синтеза.

3. На Новосибирском лазере на свободных электронах создана рабочая станция «накачка-зондирование» и проведены эксперименты по динамической спектроскопии полупроводниковых структур в терагерцовом диапазоне (работа выполнена совместно с ИФМ РАН).

4. На Новосибирском лазере на свободных электронах проведено комплексное исследование лазерного разряда в терагерцовом диапазоне частот.

5. Спроектирован и изготовлен электронно-оптический диссектор

для регистрации быстрых периодических процессов с временным разрешением 3 пикосекунды (работа выполнена совместно с ИОФ РАН им. А. М. Прохорова).

6. Разработан, изготовлен и успешно испытан новый источник коротких электронных сгустков с большим средним током на основе высокочастотного резонатора с сеточно-управляемым термокатодом для новосибирского ЛСЭ. Энергия источника в рабочем режиме 320 кэВ (максимальная — 400 кэВ), максимальный заряд одного сгустка 1,5 нКл, минимальная длительность сгустка 200 пс, максимальная частота повторения 90 МГц, средний ток 100 мА.

7. Разработан, создан и запущен в эксплуатацию сверхпроводящий вигглер с новым типом криогенной системы. Вигглер установлен на источник СИ АНКА (Карлсруе, Германия). Изучены возможности эффективного использования азотных тепловых трубок для первичного охлаждения холодной массы.

8. Методом EXAFS-спектроскопии исследованы структурные особенности полупроводниковых и магнитных нанокompозитов с пространственной упорядоченностью наночастиц локализованных в каллиброванных пористых матрицах методами с использованием СИ (работа выполнена совместно с ИК СО РАН).

9. Разработан и изготовлен ускоритель электронов в локальной радиационной защите. Ускоритель запущен в эксплуатацию в КНР в составе технологической линии электронно-лучевой обработки компонентов автомобильных шин. По своим параметрам установка превосходит зарубежные аналоги.

10. Реализован способ исследования автоколебаний в реакциях каталитического окисления метана и пропана на никелевом ка-



тализаторе. Совместное применение метода рентгеновской дифракции с использованием СИ с методом масс-спектрометрии в режиме *in situ* дало возможность в рамках одного эксперимента определить взаимосвязь химического состояния катализатора с его каталитическими свойствами (работа выполнена совместно с ИК СО РАН).

11. Изготовлена и завершены испытания системы электронного охлаждения для бустера коллайдера «NICA» (ОИЯИ).

### В области физики плазмы

1. На установке ГДЛ в экспериментах с горячей ( $T \sim 1$  кэВ) плазмой впервые реализованы режимы с большой плотностью нейтрального газа в расширителях, что дает возможность существенно расширить область рабочих параметров нейтронного источника на основе ГДЛ.

2. Впервые в мире при моделировании воздействия импульсных тепловых нагрузок на стенку термоядерного реактора обнаружено, что даже при однородном нагреве на поверхности вольфрама возникают «горячие» участки, подвергающиеся повышенной эрозии. Появление этих участков связано с внутренними разрушениями материала. Это приводит к значительному увеличению скорости эрозии и потока микрочастиц вольфрама при превышении плотности мощности нагрева пороговой величины, допустимой в диверторе токамака ИТЭР.

3. Создан уникальный инжектор сфокусированного пучка атомов водорода и дейтерия для нагрева плазмы мощностью 1 МВт и длительностью работы 2 сек. В инжекторе впервые реализован режим работы с изменением энергии пучка в течение рабочего импульса в пределах 15—30 кэВ с частотой до 250 Гц.

4. На прототипе нейтронного источника для борнейтронозахватной терапии злокачественных опухолей впервые достигнута величина тока ускоренного пучка 5 мА при энергии 2 МэВ, что позволяет переходить к клиническим испытаниям.

5. Предложена и теоретически обоснована концепция открытой диамагнитной ловушки для термоядерной плазмы. За счет улучшенного удержания и высокой плотности удерживаемой плазмы она может стать основой для создания реактора на бестритиевых топливах.

6. В экспериментах при интенсивном взаимодействии релятивистского пучка с плазмой на установке ГОЛ впервые установлены закономерности излучения в пучково-плазменной системе для терагерцовой области частот, что позволит в будущем создать мощный импульсный генератор для этой области спектра.

*Начало на стр. 1.*

освоенных, низких энергиях поднимать производительность, чтобы можно было в достаточных количествах регистрировать крайне редкие события, которые тоже выводят на новую физику. Это все — одно и то же, только взгляд с разных сторон. Мы ориентируемся на то, чтобы поднять производительность коллайдера до такой величины, чтобы можно было зафиксировать то, что сегодня мы никак почувствовать не можем.

С технической стороны есть определенный прорыв, который позволяет увеличить производительность, и итальянские физики-ускорительщики активно участвуют в этом процессе. Автор идеи «*crab-waist*» — итальянский физик П. Раймонди, который работает с нашими физиками. За последние восемь лет они сумели эту идею реализовать в эксперименте во Фраскатти (Италия). Там на небольшом коллайдере удалось подтвердить, что потенциальные возможности этого метода очень большие. Эту технологию мы заложили в проект Супер С-Тау фабрики. Полномасштабно нигде в мире она пока не реализовывалась.

Сейчас в институте работают два коллайдера — ВЭПП-4М, это большой, коллайдер с периметром кольца около 400 метров, и ВЭПП-2000, по размеру гораздо меньший, но по значимости и производительности не уступает ВЭПП-4М. Оба коллайдера работают от одного источника электронов и позитронов, с гораздо большей светимостью и производительностью, чем это было до прошлого года. Очень важно то, что новый инжекционный комплекс сделан по тем технологиям, с учетом тех идей и разработок, которые нужны для Супер С-Тау фабрики: это необходимый и очень важный технологический шаг к осуществлению нашего проекта. Теперь мы умеем делать линейные ускорители электронов, которые позволяют ускорять частицы очень интенсивно. Для этого ускорителя мы все сделали сами: ускоряющие структуры, системы управления машиной, осциллографию, очень точные и надежные системы впуска-выпуска в кольца и так далее. Это дает основания говорить о том, что мы сделаем Супер С-Тау фабрику в коллаборации не только с зарубежными институтами, но и прежде всего с российскими. Это наши основные физические центры — в Дубне, Сарове, Снежинске, это Курчатовский институт, Институт ядерных исследований — наши основные партнеры по разработке и изготовлению высокотехнологичных элементов будущего коллайдера. Это проект российского масштаба, в котором будут участвовать высокотехнологичные предприятия и институты. Мы надеемся, что решение по нашему проекту будет принято в 2018 — начале 2019 года. В зависимости от финансирования вполне реально построить установку за пять лет, включить пучки и получить светимость. Супер С-Тау фабрика будет коррелировать со всеми российскими проектами класса Mega-Science. Это национальные программы, над которыми мы тоже работаем совместно со многими институтами.



## Неутомимость души

25 января исполнилось 75 лет главному научному сотруднику ИЯФ, Советнику РАН, директору Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения, академику РАН Геннадию Николаевичу Кулипанову.

В этот день в конференц-зале института состоялся научный семинар, посвященный этому событию. Поздравить юбиляра пришли коллеги, многочисленные гости и ученики.

Приветствием юбиляру семинар открыл директор института П. В. Логачев. Затем он предоставил слово мэру Новосибирска А. Е. Локтю, который выступил «как студент, как слушатель лекций, как ученик». Вспоминая о времени, проведенном в ИЯФе, Анатолий Евгеньевич сказал: «Я понял главное: чтобы добиться цели, нужно окунуться полностью в решение проблем, отдавать все силы, всю свою жизнь для решения этих важных задач. Именно этому мы научились в ИЯФе. Вспоминая ваши слова о том, что «автофокусировка нужна в любой системе», я подтверждаю: это абсолютно точно. Постоянно работать в «ручном режиме» просто невозможно. Это же касается и систем управления».

«Геннадий Николаевич, мне хотелось бы сказать огромное спасибо за вашу науку, за знания, за душевную щедрость. Поблагодарить вас за те научные исследования, которые проводились и проводятся под вашим руководством. Я уверен, что появятся новые знания, будут новые открытия, будут новые ученики. Побольше вам благодарных учеников!» — завершил свое поздравление А. Е. Локоть и вручил юбиляру грамоту. На утренней сессии семинара академика Кулипанова поздравили председатель СО РАН академик А. Л. Асеев —

он вручил грамоту СО РАН и значок «Золотая Сигма», а также глава администрации Советского района города Новосибирска Д. М. Оленников.

Затем Геннадий Николаевич Кулипанов сделал доклад «От ВЭП-1 до ускорителей-рекуператоров», в котором рассказал о себе и своей научной деятельности.

Родился он в городе Щучинске (Кокчетавская область Казахской ССР). В 1958 году с золотой медалью окончил среднюю школу в Новосибирске, в 1963 году, тоже с отличием, окончил НЭТИ (НГТУ) по специальности «Электронные приборы». С этого же года началась его трудовая биография в Институте ядерной физики, с которым и по сей день связана вся жизнь Геннадия Николаевича. А начинал он стажёром-исследователем, затем, уже как старший инженер, активно участвовал в запуске и экспериментах на первой установке со встречными электрон-электронными пучками — коллайдере ВЭП-1.

В 1970 году после цикла работ по экспериментальному изучению нелинейных резонансов, их взаимодействию и стохастической неустойчивости, защитил кандидатскую диссертацию. В этих пионерских работах было исследовано всё богатство разнообразных эффектов и проведено количественное сравнение с теорией Б. В. Чирикова. Эти работы существенно продвинули понимание в области нелинейных эффектов движения частиц в накопителях, правильно расставили акценты в последую-

щих работах по повышению светимости установок со встречными пучками и увеличению яркости источников синхротронного излучения.

С начала семидесятых годов Г.Н. Кулипанов начал развивать новое для того времени направление работ по генерации синхротронного излучения и его применению для различных исследований и технологий. В нашем институте впервые в мире были созданы специальные устройства для генерации синхротронного излучения — сверхпроводящие «змейки», гибридные ондуляторы, позволяющие повысить жёсткость, интенсивность и яркость источников синхротронного излучения.

Г.Н. Кулипановым с сотрудниками были предложены и экспериментально реализованы схемы постановки ряда экспериментов, использующих специфические особенности синхротронного излучения, а также разработано и создано экспериментальное оборудование, адекватное источнику излучения. Всё это позволило в 1981 году на базе ияфовских электрон-позитронных накопителей создать Сибирский центр синхротронного излучения, который стал практически первым в стране центром коллективного пользования. Геннадий Николаевич был назначен исполнительным директором этого центра, а в 1991 году — заместителем директора ИЯФа по науке. Сейчас в центре проводят исследования, решают прикладные задачи большое число групп из различ-



ных институтов СО РАН, других городов России и республик бывшего Советского Союза, зарубежных стран.

Очень важными были также работы, возглавляемые Г. Н. Кулипановым, по разработке и созданию в ИЯФе специализированных накопителей — источников синхротронного излучения. Первый накопитель «Сибирь-1» на энергию 450 МэВ успешно начал работать как источник вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения в Российском научном центре «Курчатовский институт» в 1983 году. Там же, в 1997 году, был запущен накопитель «Сибирь-2» на энергию 2,5 ГэВ, который является источником жёсткого рентгеновского излучения.

Работы Г. Н. Кулипанова по созданию специальных генераторов мощных и ярких пучков синхротронного излучения, по развитию на этой базе новых экспериментальных методов, по разработке и созданию специализированных ускорителей — источников синхротронного излучения, послужили основой для развития нового научного направления в нашей стране.

В 1994 году Г. Н. Кулипанов защитил докторскую диссертацию, в 1997 году был избран членом-корреспондентом, а в 2004 году — действительным членом РАН.

Новым направлением будущего развития работ с синхротронным излучением является предложенная Г. Н. Кулипановым (в соавторстве с Н. А. Винокуровым и А. Н. Скринским) в 1997 году и международно признанная концепция источника синхротронного излучения четвёртого поколения на базе многооборотного ускорителя-рекуператора (проект «MARS») со средней яркостью на порядки превышающей яркость лучших современных источников СИ.

Прототипом установки «MARS» является созданный в институте за последние годы единственный в мире четырёхоборотный ускоритель-рекуператор, обеспе-

чивающий работу трёх лазеров на свободных электронах, перекрывающих спектральный диапазон от 240 до 8 микрон. В терагерцовом диапазоне Новосибирский ЛСЭ является самым мощным в мире (средняя мощность до 500 Вт, импульсная мощность до 2 МВт). На базе ЛСЭ создан Центр коллективного пользования, в котором работают более тридцати групп из новосибирских, российских и зарубежных центров.

С 1999 по 2008 годы Г. Н. Кулипанов был заместителем Председателя Президиума и членом Президиума СО РАН, с 2001 по 2004 годы являлся членом Совета по науке, высоким технологиям и образованию при Президенте РФ. Г. Н. Кулипанов был членом Совета фонда РФФИ, членом Научно-технического совета №3 Росатома, членом Областного штаба по созданию Новосибирского технопарка, а также членом Международных комитетов научной политики SPring-8 (Япония), CAT (Индия), 4GLS (Англия), представлял Россию в рабочей группе Международного комитета по будущим ускорителям (ICFA), в Европейском комитете по ускорителям заряженных частиц (ECFA), в Международном комитете Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах (MACEuroXFEL), в Комитете Европейского общества синхротронного излучения.

В последние годы Г. Н. Кулипанов является членом учёного совета ОИЯИ (г. Дубна), членом Международного научного комитета в Корейском институте атомной энергии (KAERI, Республика Корея), членом Научного консультативного совета Сколково.

Г. Н. Кулипанов является членом редакционного совета журнала «Успехи физических наук» РАН, членом редколлегий журналов «Поверхность: рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования», «Автоматрия»,



«X-ray science and technology», «Synchrotron radiation news».

Г. Н. Кулипанов — профессор кафедры ускорителей и электрофизических установок Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) и является президентом Ассоциации выпускников НГТУ-НЭТИ.

Академику Г. Н. Кулипанову присвоено звание «Выдающийся учёный RIKEN» (Япония, 1995) за международно-признанные достижения в области физики ускорителей и синхротронного излучения, ему вручена премия имени академика В. И. Векслера РАН (2003), а также премия Правительства РФ в области науки и техники (2007) и премия Правительства Новосибирской области (2010 г.).

Г. Н. Кулипанов награжден медалью ордена «За заслуги перед отечеством» II степени (1999), «Орденом почёта» (2007), «Орденом Дружбы» (2012), нагрудным знаком Росатома «им. академика И. В. Курчатова» 2-й степени, рядом других медалей, отраслевыми и региональными наградами.

Глубокие знания и широкий научный кругозор позволяет Геннадии Николаевичу Кулипанову успешно заниматься научными исследованиями, а его богатый человеческий опыт, неиссякаемый научный и общественный темперамент позволяют ему всегда находиться в гуще событий и обладать свежей информацией по самому широкому кругу вопросов.

*Фото Н. Кулипанов.*



## «Приезд сюда был настоящим вызовом»

Лилия Заиди — физик, учится в аспирантуре университета University of Sciences and Technology Houari Boumediène города Алжир (столица Алжира). Начиная с 2014 года, она ежегодно приезжает в наш институт и работает в группе С. Ю. Таскаева, которая ведет исследования в области бор-нейтронозахватной терапии рака (БНЗТ). Если в 2014-15 годах это были непродолжительные визиты, то сейчас она приехала почти на целый год. Ее командировка в ИЯФ началась в конце 2016 года и продлится до конца 2017.

Физики из Алжира — нечастые гости в нашем институте, поэтому наш корреспондент встретился с Лилией и попросил ее рассказать о себе, о своей работе в ИЯФе.

Родилась Лилия в городе Беджая, который находится в трехстах километрах от столицы Алжира, здесь же закончила школу, а затем переехала в столицу и поступила в университет на физический факультет с дальнейшей специализацией в области ядерной физики. Получив степень магистра, Лилия сдала экзамены и поступила в аспирантуру.

На вопрос, чем вызван интерес к бор-нейтронозахватной терапии, Лилия с улыбкой объясняет, что с ранней юности ей была интересна и физика, и хотелось помогать людям в укреплении здоровья, а бор-нейтронозахватная терапия позволяет совместить увлечение ядерной физикой с биологией и медициной.

— О работах, которые ведутся в ИЯФе, я узнала из публикаций ваших физиков, с которыми сейчас сотрудничаю, — рассказывает Лилия. — По этим публикациям было понятно, что в ИЯФе высокий уровень прикладной БНЗТ, способствующий ее развитию. В одной из таких публикаций я увидела информацию о том, что в ИЯФе изучают мишень с литием. На мой взгляд, это наиболее перспективная мишень, также, как и реакция протон по литию с точки зрения получения нужного спектра ней-

тронов. Это было одной из главных причин моего желания поработать здесь, в ИЯФе.

Кроме этого важным моментом было и то, что исследования в ИЯФе ведутся на современном ускорителе, в котором заложен перспективный диапазон энергий. По словам Лилии, в Алжире тоже есть проект ускорителя с подобными энергиями.

— Правда, на данный момент у нас нет настоящей команды, которая бы работала над этим, — уточняет Лилия.

Сейчас университет в Алжире работает над созданием ускорителя с энергией 3 МэВ и током 0,5 мА. Для сравнения: это в десять раз меньше, чем сейчас в ИЯФе, где уже получен ток 5 мА, и наши физики работают над тем, чтобы такой уровень надежно сохранялся.

Еще одна важная вещь, которая определила желание алжирской аспирантки работать в ияфовской команде: новосибирским физикам в достаточно сжатые сроки удалось достичь экстраординарного тока в 5 мА.

Лилия надеется на будущее сотрудничество между ияфовской командой и алжирскими коллегами. Но поскольку она аспирант, то влиять на этот процесс не мо-

жет, однако, если такая коллаборация появится, она хотела бы в ней участвовать.

Лилия работает над диссертацией, которая называется «Оптимизация системы формирования пучка нейтронов для глубоко залегающих опухолей».

Система формирования пучка нейтронов — это массивный объект, окружающий литиевую мишень и состоящий из специально подобранных слоев углерода, свинца, фторида магния и других материалов, которые изменяют спектр первоначальных нейтронов, идущих от мишени, для того, чтобы он стал более благоприятным для терапии. Те нейтроны, которые идут непосредственно от литиевой мишени, не стоит сразу направлять на пациента. Их нужно преобразовать, пропустить через систему формирования, в результате чего спектр станет мягче и соответственно приведет к лучшим результатам лечения.

Целью является создание такого пучка нейтронов, который мог бы проникать к глубоколежащим опухолям, при этом здоровые ткани должны получить минимальный ущерб, соответственно потоки нежелательных частиц — это гамма-кванты, сопутствующие быстрые нейтроны и слиш-



ком медленные нейтроны — должны быть сведены к минимуму. Лилия занимается расчетом теоретической модели идеальной системы формирования пучка с помощью метода Монте-Карло.

Несмотря на то, что лечение онкологических заболеваний с помощью БНЗТ представляется весьма перспективным и обнадеживающим, Лилия не уверена в том, что в Алжире это направление получит развитие. Она бы очень хотела, чтобы результаты ее работы были востребованы, но на данный момент ускоритель, который у них есть, не годится для БНЗТ. В Алжире есть два реактора, но для реактора нужна совсем другая система оптимизации пучка. Лилия с сожалением говорит о том, проведение БНЗТ на существующих реакторах нецелесообразно, так как очень много времени уйдет на адаптацию этих реакторов и на подготовку систем формирования. Лучше это время потратить на то, чтобы разрабатывать ускоритель.

Команда лаборатории БНЗТ, в которой работает сейчас Лилия Заиди, тесно сотрудничает с японскими коллегами, которые уже в четвертый раз приезжали в ИЯФ в начале 2017 года. Возможно, какие-то результаты работы Заиди их заинтересуют. «Мне хочется, — говорит Лилия, — чтобы моя работа была полезной».

Хотя Лилия в ИЯФе не первый раз, но пока еще не побывала на знаменитых ияфовских установках и надеется непременно сделать это в течение нынешнего пребывания здесь. Однако она знает о знаменитых работах, которые ведутся в институте: в частности, по изучению ядерного синтеза, встречных пучков, а также о том, что в ИЯФе используются самые передовые технологии. Лилия уверена в том, работая здесь, она получила замечательный шанс.

Помимо того, что здесь очень увлекательная работа, которой она занимается, ей интересна Россия, добавила в конце нашей встречи Лилия. Отношения между Россией и Алжиром достаточно тесные: существуют различные программы по обмену специалистами. Однако для большинства алжирцев Россия заканчивается Москвой и С-Петербургом, а то, что касается Сибири — это практически неизвестная для них территория. Когда алжирцы говорят о Сибири, они вспоминают о том, что тут холодно, что тут медведи, и это было местом ссылки. Для Лилии проезд сюда был настоящим вызовом. Но она рада, что отважилась на знакомство с Сибирью, и считает, что Академгородок — замечательное место для науки.

*И. Онучина.*

*Перевод и фото А. Макарова.*

**В. Д. Кекелидзе, директор Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина (ОИЯИ, Дубна).**

Сегодня NICA является проектом Mega-Science Российской Федерации, который также утвердил Форум европейской научной инфраструктуры как общий проект в рамках европейского инновационного сообщества.

Такие проекты как NICA, как Супер С-Тау фабрика являются глобальными и объединяют усилия ученых многих стран, и прежде всего — российских ученых.

Особо хочется отметить важную роль в этом проекте Института ядерной физики СО РАН. Базовые элементы нашего будущего коллайдера и часть ускорительного комплекса разрабатываются, создаются и внедряются с помощью наших ияфовских коллег и друзей. На сегодняшний день подписано более десятка соглашений о сотрудничестве с ИЯФом.

## Глобальные проекты

Если говорить о сроках реализации проекта NICA и важнейших его этапах, то первый — это запуск первой детекторной установки уже в конце 2017 года. Мы ожидаем, что в следующем году будут получены физические результаты. Запуск базовой конфигурации коллайдера намечен на 2020 год, с тем, чтобы в 2021 году уже были первые пучки и начались эксперименты уже на коллайдере.

Несколько слов о физике, которая там будет исследоваться. Это столкновение тяжелых ионов в той области энергии, в которой достигается максимальная плотность ядерной материи, она существует только в нейтронных звездах и в лабораториях еще не достигалась. Мы будем пионерами в исследовании ядерной материи максимальной плотности. Теоретики уже предсказывают ряд интересных открытий. В рамках проекта NICA создана так называемая «Белая книга», на сегодняшний день около двухсот теоретиков со всего мира вписали туда свое мнение. И мы в свои планы вносим реализацию тех идей, которые находятся в этой «Белой книге».

Существуют много различных проектов, которые дополняют друг друга в изучении общей картины мира, и все они нужны: у каждого — своя идея, свое направление, свой вызов, свои яркие результаты.

Нам нужны такие институты, у которых своя специфика, традиции, развитие, школы. Например, институт имени Будкера, где ускорительная школа достигла таких высот, что ни один ускоритель в мире, где бы он ни строился, не обходится без участия ияфовских специалистов или идей, рожденных здесь.



## «В ИЯФе возможностей больше»

Аспирант Олег Сотников выиграл стипендию Правительства РФ за успешную работу в рамках физического эксперимента на мощном высоковольтном инжекторе с энергией до 1 МэВ для нагрева плазмы в магнитных ловушках.

Эта ияфовская разработка для установки американской компании Tri Alpha Energy, в которой для удержания плазмы используется конфигурация с обращенным магнитным полем.

Одна из задач в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу — это эффективный нагрев плазмы. Например, в строящемся международном экспериментальном термоядерном реакторе ИТЭР плазма будет нагреваться до 150 миллионов градусов. Чтобы достичь такой температуры, помимо других методов используется инжекция пучков нейтральных атомов, которые генерируются высоковольтным инжектором.

В ияфовском высоковольтном инжекторе отрицательные ионы водорода ускоряются до энергии 1 МэВ, а затем с высокой эффективностью преобразуются в пучок быстрых атомов. По величине инжектор сравним с двухэтажным зданием.

«В современных магнитных ловушках для нагрева большого объема плазмы нужна высокая энергия частиц, — объясняет д. ф.-м.н., профессор Юрий Иванович Бельченко. — Для ИТЭР, например, требуются мощные пучки с энергией

инжекции от 500 кэВ до 1 МэВ. Создание инжектора такого пучка является очень сложной задачей».

Особенность ИЯФа в том, что молодые специалисты полноправно вовлечены в решение задач института. «Олег работает в экспериментах по генерации мощного пучка отрицательных ионов водорода. Это экзотические частицы, которые при высокой энергии легко теряют «лишний» заряд, то есть становятся атомами. Он помогал нам строить источник этого пучка, а сейчас активно участвует в работе на большой экспериментальной установке. Он управляет экспериментом, наблюдает за параметрами пучка, ищет варианты их оптимизации» — прокомментировал Ю. И. Бельченко.

«Источником и ускорителем ионов занимается большая команда, — пояснил Олег Сотников, — я участвовал в его сборке, а сейчас моя часть работы заключается в подготовке экспериментов, их планировании и запуске ионного источника. В начале рабочего дня производится запуск основных систем: питания ВЧ разряда и высоковольтных выпрямителей. Затем постепенно увеличивается мощность, вкладываемая в плазму раз-

ряда и ток пучка, а также энергия пучка отрицательных ионов. Далее следует запланированный эксперимент: исследуются эмиссионные характеристики источника отрицательных ионов, формирование и транспортировка пучка».

Институт ядерной физики является одним из мировых лидеров в создании инжекторов. Его сотрудники построили более 50 инжекторов атомарных пучков для разных установок мира. Это ГДЛ в ИЯФ СО РАН (Новосибирск), токамак TCV (Лозанна), токамак COMPASS (Прага), Frascati Tokamak Upgrade (Фраскатти), Alcator C-Mod (Бостон) и другие.

«В ИЯФе возможностей для развития по моей специальности больше, чем где бы то ни было, — говорит молодой ученый. — Кроме того, работа здесь позволяет встречаться и обмениваться опытом с коллегами по всему миру».

*А. Сковородина.  
Фото Н. Купиной.  
Олег Сотников на  
рабочем месте.*

Просп. Ак. Лаврентьева, 11, к. 423.  
Редактор И. В. Онучина.  
Телефон: 8 (383) 329-49-80  
Эл. почта: onuchina@inp.nsk.su

Издается  
ученым советом и профкомом  
ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН  
Печать офсетная.  
Заказ № 18

Выходит один раз  
в месяц.  
Тираж 500 экз.  
Бесплатно.